



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

EFICIENCIA DEL COAGULANTE – FLOCULANTE TUNA (*Opuntia ficus*) PARA LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA ACEQUIA EL PUEBLO DE FERREÑAFE - 2019

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

TARRILLO POTENCIANO HARBIN KEVIN
TENORIO BERNILLA MANUEL BLADIMIRO

Asesora:

Mg. Flores Mino Betty Esperanza

Línea de Investigación:

Contaminación Ambiental y Biotecnología

Chiclayo, Perú

2019

FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
ASESORA

Mg. Enrique Santos Nauca Torres
PRESIDENTE

Ing. Jorge Tomás Cumpa Vásquez
SECRETARIO

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
VOCAL

Dedicatoria

Dedico de manera especial a mis padres por ser el cimiento para la construcción de mi vida profesional, quienes fueron los que sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el que quiero reflejar sus infinitas virtudes y su gran corazón me lleva a admirar cada día más.

Bladimiro

Esta tesis está dedicada a mi madre, quien es mi principal apoyo, ejemplo y razón para alcanzar mis metas, por confiar en mí y por sus interminables palabras que me llevaron por un buen camino. Así mismo a todas las personas que me brindaron su amistad y apoyo desinteresado y que contribuyeron directa o indirectamente a la realización de este trabajo.

Kevin

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Agradecemos a nuestros docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional, Finalmente agradecemos a todos nuestros compañeros (a), por apoyarnos cuando más los necesitamos, por extender su mano en momentos difíciles, siempre los llevaremos en nuestros corazones.

Bladimiro Y Kevin

Resumen

La presente investigación titulada: **EFICIENCIA DEL COAGULANTE - FLOCULANTE TUNA (*Opuntia ficus*) PARA LA CLARIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA ACEQUIA EL PUEBLO DE FERREÑAFE – 2019**. Consistió en evaluar la eficiencia de (*Opuntia ficus*) como coagulante-floculante en la remoción de turbidez. Para ello se realizaron los análisis del agua provenientes de dicha acequia con la finalidad de determinar los parámetros de control físico, químico y biológico, seguido se llevó a cabo la aplicación del coagulante Tuna en 3 distintas formas (cascara de Tuna, gel de Tuna y cascara más gel de Tuna). Donde el tratamiento (T₃) redujo la turbidez de los 80 NTU hasta 30,29 NTU. Se finalizó la investigación con la comparación del antes y el después de haber aplicado el coagulante Tuna, en dicha comparación se obtuvo la remoción del 63% de turbidez. De esta manera, se pretende introducir productos ecológicos que sean amigables con ambiente y capaces de remover la turbidez eficientemente para utilizar en el futuro como agua potable. Llevar a cabo el proceso de coagulación-floculación en el tratamiento del agua es fundamental ya que permitirá una mejor calidad de agua para los habitantes de la ciudad de Ferreñafe, especialmente si durante el proceso de tratamiento usamos coagulantes naturales como es el caso de la Tuna que es amigable con ambiente y está disponible para la población, además este producto no genera residuos contaminantes cuando se usa como coagulante-floculante, por lo que las personas de bajos ingresos pueden obtener agua de calidad para su uso.

Palabras clave: Eficiencia, Coagulación – floculación, Tuna, Turbidez

Abstract

The present investigation entitled: EFFICIENCY OF THE COAGULANT - FLOCCULANT TUNA (*Opuntia ficus*) FOR THE CLARIFICATION OF THE WATERS OF THE ACEQUIA EL PUEBLO DE FERREÑAFE - 2019. It consisted in evaluating the efficiency of (*Opuntia ficus*) as a coagulant flocculant in the removal of turbidity. For it the analyses of the water proceeding from the above mentioned ditch were realized in order to determine the parameters of physical, chemical and biological control, followed by the application of the coagulant Tuna in 3 different forms (Tuna's shell, Tuna's gel and Tuna's shell plus gel). Where the treatment (T3) reduced turbidity from 80 NTU to 30. 29 NTU. The investigation was completed with the comparison of before and after the application of the coagulant Tuna, in this comparison the removal of 63% of turbidity was obtained. In this way, it is intended to introduce ecological products that are environmentally friendly and capable of efficiently removing turbidity for future use as drinking water. Carrying out the coagulation-flocculation process in the water treatment is fundamental since it will allow a better quality of water for the inhabitants of the city of Ferreñafe, especially if during the treatment process we use natural coagulants such as Tuna which is environmentally friendly and available to the population. Furthermore, this product does not generate contaminating residues when used as a coagulant/flocculant, so that people with low income can obtain quality water for their use.

Keywords. Efficiency, Coagulation-flocculation, Tuna, Turbidity

Índice

Resumen.....	IV
Abstract.....	V
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	4
2.1. Antecedentes bibliográficos	4
2.1.1. A nivel internacional.	4
2.1.2. A nivel nacional.....	6
2.1.3. A nivel local.	8
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. El agua.	8
2.2.2. Principales características de la Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	9
2.2.3. Taxonomía de Tuna.	9
2.2.4. Estándares de calidad del agua.	10
2.2.5. Ley general del ambiente.....	10
2.2.6. Reglamento de calidad de agua para consumo humano.	10
2.2.7. Aguas crudas.	11
2.3. Definición de términos básicos	11
2.3.1. Eficiencia.	11
2.3.2. Coagulación.....	11
2.3.3. Tuna (<i>Opuntia ficus</i>).	11
2.3.4. Floculación.	12
2.3.5. Turbidez.....	12
2.3.6. Turbidez del agua.	12
2.3.7. Definición de pH.	13
2.4. Hipótesis.....	13
III. Materiales y métodos.....	14
3.1. Variables y operacionalización de variables	14
3.1.1. Variables.....	14
3.1.2. Operacionalización de variables.....	15
3.4.1.1. Información primaria.	16
3.4.1.2. Información secundaria.....	17
3.4.1.3. Materiales.	17
3.4.1.4. Fases de la investigación.....	17
3.4.1.5. Evaluación del proceso de coagulación.....	18
3.4.1.6. Análisis de las muestras.	19
3.4.1.7. Análisis de los resultados.	19

IV. Resultados.....	20
4.1. Evaluar los parámetros físico-químico y biológico de las aguas de la acequia el Pueblo, de Ferreñafe antes de aplicar el coagulante-floculante Tuna (<i>Opuntia ficus</i>)	20
4.2. Evaluar los parámetros físico-químico y biológicos al agregar 26g de cascara de Tuna (<i>Opuntia ficus</i>) a las aguas de la acequia el Pueblo.....	21
4.3. Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos al agregar 26g de gel de <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) a las aguas de la acequia el Pueblo.....	22
4.4. Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos al agregar 13g de cascara y 13g de gel de Tuna (<i>Opuntia ficus</i>) a las aguas de la acequia el Pueblo.....	23
4.5. Comparar los parámetros físico-químico y biológicos antes y después de los tratamientos, con cascara <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) (26g); con gel de <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) (26g) y con cascara (13g) más gel de <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) (13g) respectivamente.....	24
V. Discusión	31
VI. Conclusiones.....	33
VII. Recomendaciones	34
VIII. Referencias bibliográficas	35
IX. Anexos	37
Anexo 1: Actividades y previsión de recursos	37
9.1. Presupuesto.....	38
9.2. Financiamiento: el presente proyecto será autofinanciado.....	38
Anexo 2: Estándares de Calidad Ambiental	38
Anexo 3. Resultados de las muestras enviadas al laboratorio LYCNOR SAC hoja 1.	40
Anexo 4. Resultados de las muestras enviadas al laboratorio LYCNOR SAC hoja 2.	41
Anexo 5. Panel fotográfico.	42

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la Tuna	9
Tabla 2 Operacionalización de variables	15
Tabla 3. Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe antes de aplicar el coagulante – floculante Tuna (<i>Opuntia ficus</i>).....	20
Tabla 4. Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 26g de cascara de Tuna (<i>Opuntia ficus</i>) como coagulante floculante.	21
Tabla 5. Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 26g de gel de <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) como coagulante floculante.....	22
Tabla 6. Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 13g de cascara y 13g de gel de Tuna (<i>Opuntia ficus</i>) como coagulante-floculante	23
Tabla 7. Comparación de los parámetros físico-químico y biológicos antes y después de los experimentos realizados en la investigación	24
Tabla 8. Valores de pH antes y después de los tratamientos	25
Tabla 9. Valores de TDS antes y después de los tratamientos.....	26
Tabla 10. Valores de turbidez antes y después de los tratamientos	27
Tabla 11. Valores de coliformes totales antes y después de los tratamientos.....	28
Tabla 12. Cronograma de actividades.....	37
Tabla 13. Presupuestos.....	38
Tabla 14. Parámetros y valores consolidados.....	38

Índice de figuras

Figura 1. Tipo de estudio experimental	16
Figura 2. Parámetros de turbidez comparada con los ECA.	20
Figura 3. Parámetros de turbidez y coliformes al aplicar 26 g de cascara de Tuna comparado con el T ₀ = Tratamiento Testigo	21
Figura 4. Parámetros de turbidez y coliformes al aplicar 26 g de gel de Tuna comparado con el T ₀ =Tratamiento Testigo.	22
Figura 5. Parámetros de turbidez y coliformes al aplicar 13g de cascara y 13g de gel de <i>Opuntia ficus</i> (Tuna) como coagulante-floculante comparado con el T ₀ = Tratamiento Testigo.....	23
Figura 6. Valores de pH antes y después de los tratamientos.	25
Figura 7. Valores de TDS antes y después de los tratamientos.	26
Figura 8. Valores de turbidez antes y después de los tratamientos.....	27
Figura 9. Valores de coliformes totales antes y después de los tratamientos.	28
Figura 10. Valores de turbidez con respecto al potencial de hidrogeno pH.	29
Figura 11. Valores de los coliformes totales con respecto al pH.....	29
Figura 12. Porcentaje de remoción de turbidez.	30

I. Introducción

El agua es uno de los recursos más indispensables para la subsistencia humana y para el desarrollo de la vida diaria ya que se utiliza en las diferentes actividades cotidianas, el cual, se ve afectado por la mala calidad de agua y difícil acceso a ella. La ciudad de Ferreñafe no es ajena a ello, pues por dichos motivos algunos de los sectores de la población no cuentan con el servicio de agua potable las 24 horas del día, dificultando realizar sus actividades diarias. Así mismo, la acequia llamada el Pueblo situado en la ciudad de Ferreñafe, está siendo afectado por la contaminación que se da por las actividades inadecuadas que realizan los pobladores de la localidad así como también por condiciones naturales como es la erosión del suelo y las precipitaciones provocando que las aguas de la acequia tengan concentración elevadas de turbidez afectado la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, por otro lado para la clarificación en la potabilización del agua generalmente se utiliza coagulantes químicos que al sedimentar junto a los lodos generan problemas ambientales, así mismo, estos coagulantes son de elevados costos económicos el cual genera un difícil acceso para ciudades de bajos recursos económicos como es el caso de la ciudad de Ferreñafe. En base a esta información radica la importancia de evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales, para posteriormente reemplazar tales coagulantes químicos por productos ecológicos que a largo tiempo no contaminen el medio ambiente y que sean de bajo costo para que esté al alcance de los pobladores. De esta manera se busca reducir las enfermedades que podrían producir al consumir agua de mala calidad y sobre todo cuidar el medio ambiente de los residuos que se genera al emplear coagulantes sintéticos en la clarificación de las aguas y en las plantas de tratamientos de agua.

La coagulación, uno de los primeros procesos en la potabilización del agua, representa uno de los principales problemas debido a que se lleva a cabo la mayor eliminación de partículas presentes en el agua el cual se logra con la adición de coagulantes; en Colombia mayormente se utiliza el aluminio ya que es de bajo costo comparando otros coagulantes químicos. Estos tipos de coagulantes, posiblemente generen problemas ambientales, por lo cual, su uso ha sido estudiado en distintas ocasiones como es el caso de (Martenson, Sheetz, & Graham, 1995) que en su investigación debaten que los coagulantes químicos producen lodos tóxicos los cuales en su mayoría no se realizan tratamientos; (Miller, Kopfler, Kelty, Stober, & Ulmer, 1984) en su investigación *The occurrence of aluminium in drinking water*, mencionan que el aluminio empeora las enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, así como también se tienen relación con el cáncer. **Pinilla, J. (2017)**

Por otro lado **Chávez, S. (2018)**. Indica que la turbidez y color del agua son producidos por partículas coloidales presentes en ella, más aún en aguas de manera naturales, el cual tienen una barrera repelente entre sí, creados por cargas eléctricas negativas en la superficie, generando que las partículas no formen floculas. Por lo cual, con la adición de coagulantes cambian las características de las partículas, pues este proceso es de vital importancia para el éxito de las próximas etapas del tratamiento ya que es uno de los primeros procesos para el tratamiento de aguas (Lado, Lima, Paulo & Duarte, 2018). Los procesos de coagulación-floculación son metodologías propias y habituales en plantas potabilizadoras, principalmente para remoción de materia suspendida y clarificación del agua. **(p8)**.

Teniendo como base la información expuesta surge la siguiente pregunta ¿Se podrá determinar la eficiencia del coagulante – floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para clarificar las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe? para resolver dicha interrogante se planteó los siguientes objetivos, teniendo como objetivo general. Determinar la eficiencia del coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para clarificar las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe 2019. Asimismo se plantearon 5 Objetivos específicos siendo estas las siguientes:

- Evaluar los parámetros físico-químico y biológico de las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe antes de aplicar el coagulante - floculante Tuna (*Opuntia ficus*).
- Evaluar los parámetros físico-químico y biológicos al agregar 26g de cascara de Tuna (*Opuntia ficus*) a las aguas de la acequia el Pueblo.
- Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos al agregar 26g de gel de Tuna (*Opuntia ficus*) a las aguas de la acequia el Pueblo.
- Evaluar los parámetros físico-químico y biológicos al agregar 13g de cascara y 13g de gel de Tuna (*Opuntia ficus*) a las aguas de la acequia el Pueblo.
- Comparar los parámetros físico-químico y biológicos antes y después de los tratamientos, con cascara Tuna (*Opuntia ficus*) (26g); con gel Tuna (*Opuntia ficus*) (26g) y con cascara (13g) más gel de Tuna (*Opuntia ficus*) (13g).

La justificación del presente proyecto se basó en que, en la actualidad el agua que llega a los hogares, pasan por una serie de tratamientos físicos, químicos y biológicos que se realizan para mejorar la calidad del agua y de esta manera sea posible para el consumo humano, evitando enfermedades. Uno de los tratamientos que se da, es el tratamiento primario que consiste en la remoción de una parte de los sólidos suspendidos presentes en el agua mediante el proceso de coagulación y floculación, para esto se utilizan sustancias naturales o químicas, siendo el más utilizado el sulfato de aluminio, dicho producto es de elevado costo y además en algunos estudios han concluido que el aluminio residual en el agua de consumo humano puede

ser muy peligroso para la salud. Además de ello la utilización de estos productos con el tiempo generan contaminación del suelo por la acumulación de sustancias insolubles resultantes del tratamiento de las aguas turbias. Es por ello que el presente proyecto verifico la efectividad del coagulante- floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para clarificar las aguas turbias y así sustituir los coagulantes sintéticos por productos ecológicos que puedan ser empleados en la clarificación de las aguas turbias provenientes de la acequia el Pueblo. Siendo este producto de bajo costo económico y accesible para la población, así mismo resulta conveniente utilizar productos naturales que permitan remover eficientemente la turbidez sin causar efectos en la salud, como es Tuna (*Opuntia ficus*) en el proceso de clarificación de las aguas turbias, ya que este coagulante en su mayoría es de poco uso o interés para los pobladores.

Además de ello, dicho recurso se puede encontrar en gran abundancia, "Perú tiene actualmente 18,000 hectáreas de Tuna ubicadas en Ayacucho, Arequipa, Apurímac, Lima (Huarochirí), Áncash, Huánuco, Lambayeque, Cajamarca" (De acuerdo con la DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA (DGA), 2017) lo cual nos permite conocer la disponibilidad de este recurso. Por esta razón, esta investigación es una contribución científica, académica y socialmente importante ya que el acceso al recurso está disponible, lo que permite reducir los efectos negativos de los coagulantes químicos y generar una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes bibliográficos

2.1.1. A nivel internacional.

Razuri, K. (2017) en su tesis titulada “Disminución del contenido de la DBO5 y la DQO mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta–San Martín de Porres” cita a **Parra, Y. 2011**, Que utilizó la especie vegetal *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) para disminuir la turbiedad de 100, 120, 180 y 200 NTU recogidas de la planta de tratamiento de Pueblo Viejo en Venezuela en el cual logro establecer que la dosis adecuadas es de 600 y 700 ppm del mencionado coagulante logrando una efectividad de 91,82 y 98,34% de remoción, llegando a la conclusión que el coagulante *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) tiene una buena capacidad para clarificar el agua. Asimismo, **NIRMALA C. (2012)** en su trabajo aplico un coagulante en polvo de cactus, utilizo 30 mg/l en agua con turbidez de 17 NTU, resultando con 1 NTU que se encuentra en el rango recomendado por la OMS. Al año siguiente **VILLABONA A. (2013)** utilizo el coagulante *Opuntia ficus-indica* mediante un proceso de corte, pelado, secado, molienda, tamizado y despigmentación, obteniendo como resultado una remoción de 50% de color y 70%, y que no altera su pH de manera significativa.

Asimismo, **Olivero, et al (2014)**, en su artículo titulado “Utilización de Tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas”, propone el mucílago de la Tuna para clarificar las aguas del río Magdalena ubicado en Magangué – Colombia, el cual tuvo como objetivo comparar la efectividad del mucílago de Tuna con el coagulante sulfato de aluminio. Utilizo dos diferentes concentraciones de mucílago las cuales fueron 35 y 40 mg/L a una velocidad de 100 y 200 rpm, con un tiempo de 15, 20 y 40 minutos, llegando a la conclusión que ambos coagulantes (sulfato de aluminio y mucílago de Tuna) tuvieron mayor afectividad a una velocidad de 200 rpm con una efectividad de 83.66% del mucílago de Tuna, lo cual quiere decir que el coagulante natural tiene una alta competitividad contra el sulfato de aluminio.

Del mismo modo **Chama Cabana, J. R. (2017)**. En su tesis titulada “Evaluación del poder coagulante del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua, Moquegua 2016” tiene como objetivo principal Evaluar el poder coagulante del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Única y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua, Moquegua 2016, el cual obtiene como conclusiones, Primera; el coagulante de almidón de papa removió

eficientemente la turbidez del agua comparándola con el coagulante de policloruro de aluminio. Tercero; la cantidad adecuada del almidón de papa es de 133.0 mg/L (0.2 g de almidón) removiendo el parámetro de turbidez de 6.3 NTU. Cuarta; la cantidad adecuada de policloruro de aluminio es de 2072 mg/L (13,0 ml de policloruro de aluminio) removiendo el parámetro de turbidez de 9,1 NTU.

Por el contrario **Pajuelo, M. (2018)** en su tesis titulada “Determinación de la velocidad de sedimentación utilizando el almidón de manihot esculenta (yuca), para la clarificación de las aguas superficiales del río Macashca–2016” cita a **Moscozo, L. (2015)**, en el trabajo de investigación titulado: “Uso del Almidón de Yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en sistemas de tratamiento de agua para potabilización” este trabajo tiene como finalidad encontrar que cantidad de sulfato de aluminio podría ser reemplazado por el almidón de yuca como coagulante en el proceso de coagulación – floculación de las plantas de tratamiento de agua, luego de realizar algunas pruebas determinaron que si es posible sustituir el sulfato de aluminio hasta un 40 % por almidón de yuca para lograr valores inferiores a 5 NTU, se determinó que sí es posible para ciertos valores de turbiedad iniciales. Así mismo se realizó un análisis teniendo como resultado que la utilización del almidón de yuca no reduce costos, pues, al contrario, incrementaría los costos de operación de una planta tratamiento de aguas.

Para **Carmona, L. N. A. (2015)**. En su artículo titulado “Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta La Diana” muestra como conclusión. El agua cruda que ingresa a la planta presenta pH neutro y conductividad, alcalinidad, turbidez y color bajo, lo que indica que estas aguas no presentan vertimientos industriales significativos. Al comparar todas las formulaciones, se observa que la de cáscaras de papa, presentó un comportamiento similar en cuanto a la remoción de color respecto de la formulación patrón de sulfato de aluminio; estas dos formulaciones cumplieron con las exigencias del Decreto 1575 de 2007 que establece que el color del agua tratada no debe exceder el valor de 10 UPT. Los casos en los que el color sobrepasó el valor de la norma fueron las combinaciones de cáscaras de papa y sulfato de aluminio.

De la misma forma **Contreras, et al (2015)**. En su tesis titulada. “El nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua”. El objetivo fue evaluar la eficiencia del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario al sulfato de aluminio, en el proceso de clarificación de agua proveniente del Río Magdalena. Para la investigación se utilizó la prueba de jarras, hubo una remoción hasta 2UTN con 20% de mucílago de nopal a 200 rpm, así mismo, hubo una reducción del color

hasta 0 UPC, al igual que disminución de los STD hasta 200 mg/L, llegando a la conclusión que el coagulante natural en polvo es bastante efectivo en comparación al sulfato de aluminio.

Según **Ramírez y Jaramillo (2015)**, en su artículo titulado “Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua”, sugieren usar coagulantes naturales para el tratamiento de agua. Entre los coagulantes naturales estudiados destacan el Aloe Vera, Almidones, Cactus, Moringa Oleífera y taninos, usando la prueba de jarras determina la eficiencia de los coagulantes naturales a una velocidad de 100 y 200 rpm y a un tiempo de 15, 20 y 30 minutos, por el cual llega como conclusión que al usar estos tipos de coagulantes disminuiría el impacto generado por coagulantes químicos, así como reduce el costo en el tratamiento de las aguas a nivel local. En la investigación se demostró que los coagulantes con mayor eficiencia fueron la Moringa Oleífera y el cactus llegando hasta un el 95 % de remoción de turbidez.

2.1.2. A nivel nacional.

Por otro lado, en Perú también se ha realizado estudios con coagulantes naturales tal como **Razuri, K. (2017)** en su tesis cita a **Pacora, L. (2011)** en su investigación científica titulada “Optimización de Flocculante Natural de Tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales del distrito de Santa Rosa provincia de Pallasca” fija las cantidades adecuadas para tratar las aguas de la acequia del poblado de Miraflores – distrito de Santa Rosa Provincia de Pallasca, Ancash, las cuales fueron de 300 y 350 ppm de *opuntia ficus-indica*. Del mismo modo, **POMPILIO C. (2013)** estudio 3 especies de *Opuntia* los cuales fueron *Opuntia imbricala* logrando una remoción de TDS 13.2% *Opuntia ficus* con 12.5% y *Opuntia microdasys* con 8.6% de remoción. Así mismo muestra como conclusión que el coagulante *opuntia ficus* tuvo una mayor eficiencia de remoción de turbidez llegando a 75.4%. Siguiendo la misma línea de investigación, **Apaza H. (2014)** en su investigación “Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa” en esta investigación, utilizaron el Nopal (*Opuntia Ficus Indica*), en los primeros análisis del agua de la acequia se encontró presencia de coliformes fecales de 49,000 y 130,000 NMP/100ml, después de usar el Nopal, estos parámetros bajaron considerablemente llegando a 2,500 NMP/100ml y 3,700 NMP/100ml. Llegando a la conclusión que el Nopal tiene una gran eficiencia con respecto a la remoción coliformes fecales y totales.

Así mismo **Silva, M. (2017)**. En su tesis titulada “Extracción del mucílago de la penca de Tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias” muestra como objetivo principal, obtener altos rendimientos de extracción del mucílago de la penca de

Tuna; mediante la aplicación de un diseño de experimentos, caracterizarlo químicamente y utilizarlo eficientemente en la remoción de la turbidez en aguas turbias, los cuales obtuvieron como una de sus conclusiones que el tipo de extracción del mucílago es muy importante ya que esto tiene una relación considerable con respecto a los resultados de humedad, proteínas y carbohidratos, siendo los carbohidratos los responsables del alto porcentaje de remoción de la turbidez.

Para **Moreno, S. (2016)**, cita en su tesis a **Wilchez, et al, (2013)**, en su artículo titulado “Alternativa para potabilización de agua en zonas rurales”, Pamplona, no posee una planta de tratamiento de agua por lo cual, en esta investigación plantean el uso de coagulantes naturales para disminuir la turbidez y así evitar enfermedades. Utilizan los coagulantes naturales como la semilla pulverizada de Moringa Oleífera y el mucilago de la *Opuntia Ficus-Indica*. Su muestra fue 5 litro de agua al cual se añadió 30g de Moringa O. y 45g de *Opuntia*, posteriormente se agito durante unos 5 minutos hasta formar floculos llegando a la conclusión que el uso de coagulantes naturales se obtiene agua potable el cual, alcanza los valores aceptables para consumo humano.

Del mismo modo **Gregorio, C. (2017)**, cita a **Pompolio, (2013)**, en su trabajo monográfico denominado "Uso de Floculantes de Origen Natural en el Tratamiento del Agua en Términos de Turbidez en el Rio Santa - Huaraz", utiliza tres especies de *Opuntia* (floculantes naturales) los cuales son *Opuntia Imbrícala*, *Opuntia Ficcus* y *Opuntia Microdasy*, que se hizo usando acetona como solvente, obteniendo así un rendimiento entre 2.5 y 7.0% en base húmeda para eliminar la turbidez del agua; En las muestras en las que se aplicaron alumbre y coagulante natural, se obtuvo una eliminación de color de 7 a 200 a 35 unidades, lo que representó el 82,5%. De acuerdo con los resultados obtenidos en la eliminación de la turbidez en las muestras de agua de Santa María, utilizando solo floculantes naturales y sin sulfato de aluminio, no se espera la eliminación presentada debido a la pobre sedimentación, ya que con el adyuvante aumenta el tamaño del floculo, pero no hay consistencia ni aumento de peso.

Así mismo **Sáenz, W. (2015)** en su tesis titulada “Utilización de la semilla natural Moringa *Oleífera* como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash”. El presente estudio muestra los resultados del uso del extracto de la semilla de moringa *oleífera*, como coagulante primario y como asistente de coagulación en el tratamiento del agua como alimento, este estudio se realizó para conocer una alternativa real en el contexto de coagulantes naturales versus coagulantes sintéticos. Para el desarrollo de este estudio, se realizaron pruebas de enlatado para desarrollar el análisis de dosificación, floculación y sedimentación. El extracto de semilla oleaginosa se usó como

coagulante primario y como coagulante para la coagulación de sulfato de aluminio, todo con el propósito de comparar el efecto de coagulación de las morrenas de aceite con sulfato de aluminio. La investigación se llevó a cabo con muestras de agua de Lullan, que en tiempos de turbidez la turbidez es superior a 30 NTU. Los resultados muestran el alto poder coagulante del extracto de semilla de Moringa *Oleífera*, tanto como coagulante principal como ayuda de coagulación, debido a que elimina la turbidez a valores aceptables para las regulaciones nacionales. Los resultados muestran que la moringa *oleífera* reduce la turbidez por debajo de 5 NTU (límite DS No. 031-2010-SA), con una velocidad de sedimentación de 17 m³ / m² / d.

Del mismo modo **Ramírez Flores (2017)**, Establece que para la purificación del agua se utilizan coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio para la eliminación de material coloidal y componentes orgánicos, lo que optimiza las propiedades del agua. Sin embargo, este tipo de tratamiento da como resultado altas concentraciones de aluminio residual en el agua, lo que requiere el uso de nuevos coagulantes que no dañan el medio ambiente y pueden reemplazarlos. La purificación del agua es un proceso relevante en el planeta porque uno de los problemas actuales con el cambio climático es la falta de agua dulce. Además, algunas aguas como los ríos en el agua están contaminadas por factores naturales y antropogénicos; Por lo tanto, es importante conocer los métodos convencionales de tratamiento del agua, ya que hay lugares con escasos recursos que no tienen plantas de tratamiento para aprovechar el agua.

2.1.3. A nivel local.

Según **Samame (2019)**, en su tesis titulada “Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque” muestra como objetivo general, Determinar la dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río La Leche para consumo humano del Centro Poblado Cerro Escute, Pacora Departamento de Lambayeque, así mismo, obtiene como uno de sus resultados. Se concluye que con 100 ml de mucílago *Opuntia ficus-indica* en 800 ml de agua a tratar y una revolución rápida de 150 rpm durante 5 minutos y una agitación lenta de 20 rpm durante 20 minutos con 2 horas de descanso, los parámetros se alcanzan establecidos en DS No. 004-2017-MINAM.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El agua.

Para la **ONU**, el agua es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos, y es importante para muchos sectores de la economía. Los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, y sometidos a presión debido a las actividades realizadas por el hombre. Asimismo, Reynolds, 2002 sostiene que

dichos recursos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos.

2.2.2. Principales características de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, con forma simple o de matorrales. Poseen un tronco leñoso muy definido, con ramificaciones esparcidas o en forma de copa, con tallos y ramas articuladas. Pueden llegar a medir hasta 5 m de alto. Sus partes oblongas llamadas pencas alcanzan los 30 a 50 cm de ancho y 2 cm de espesor, son de color verde opaco. Algunas tienen espinas, cortas, estas son débiles, blancas o amarillas. Poseen flores y frutos, ovalados de color rojo, naranja o amarillo

2.2.3. Taxonomía de Tuna.

La taxonomía de las Tunas debido a múltiples razones, entre las que destaca el hecho de que los fenotipos presentan variabilidad según las condiciones ambientales. La clasificación es la siguiente:

Tabla 1.

Taxonomía de la Tuna.

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae.
División	Magnoliophyta.
Clase	Magnoliopsida.
Orden	Caryophyllales.
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntiae
Genero	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i>

Fuente. Elaboración propia

2.2.4. Estándares de calidad del agua.

MINAM, (2015). El Estándar de Calidad Ambiental es legalmente “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”. De manera específica y conforme se señala líneas adelante, el ECA de agua es una unidad de medida para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua en función a la calidad que presenta, ya sea por sus valores naturales o por la carga contaminante a la que pueda estar expuesta. Un ECA no es un valor de medición para una emisión o efluente. Así, en el caso de una autorización de vertimiento, esta autoriza el vertimiento de manera tal que no se exceda el ECA, que está predeterminado en función del uso del agua.

2.2.5. Ley general del ambiente.

-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.

- D.S. N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Artículo 7° Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos: El Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado se organiza para desarrollar y asegurar la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la protección de la calidad y el incremento de la disponibilidad de los recursos hídricos.

2.2.6. Reglamento de calidad de agua para consumo humano.

Este nuevo Reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, respecto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano; además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento

como autoridad sanitaria frente a estos temas. En el anexo I, muestra la tabla de límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.

2.2.7. Aguas crudas.

En la naturaleza el agua no se encuentra pura, siempre tendrá contaminantes ya sea químicos, biológicos, ya que recoge impurezas mientras transcurre su recorrido habitual (ríos, quebradas), las causas más comunes de la contaminación de aguas ya sea cambiando sus aspectos físicos, químicos o microbiológicos, son mayormente la descarga de aguas residuales y aunque en todo cuerpo de agua ocurre una purificación natural, esta no es del todo eficiente para asegurar un agua sanitariamente segura, dando por definición que el agua cruda es aquella que se encuentra de modo natural en el ambiente y que ha sufrido procesos de contaminación y purificaciones naturales, sin tratamiento alguno, de este modo se puede identificar a cuerpos de agua superficiales y subterráneos como ríos, lagos, quebradas, acuíferos **Aguilar A, Edwar, (2015).**

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Eficiencia.

Lligalo y Tamia, (2018) citan a Mokate, K (1999). Para Definir “eficiencia” en una forma genérica de la siguiente manera: un sistema está eficiente cuando no hay ninguna forma de redistribuir los recursos que permitiera que alguien tenga mayor bienestar o satisfacción sin que otros tuvieran menor bienestar o satisfacción. La eficiencia de asignaciones de recursos y procesos productivos se juzga a la luz de asignaciones alternativas y sus impactos sobre el bienestar de la población. Se refiere a esta eficiencia como la “eficiencia Paretiana”, en referencia al economista italiano quien desarrolló una teoría sobre comparaciones de diversas asignaciones en la economía y sus impactos sobre el “bienestar social”.

2.3.2. Coagulación.

Proceso de desestabilización de las partículas coloidales el cual está provocado por un coagulante al contacto con la solución a tratar, este proceso neutraliza las cargas que enlazan a dichas partículas. De acuerdo al tamaño y naturaleza de los coloides estos pueden demorar incluso hasta 100 años para sedimentar de forma natural por acción de la gravedad, el coagulante cumple la función de reducir este tiempo en horas e incluso en minutos **Hernández, et al (2014).**

2.3.3. Tuna (*Opuntia ficus*).

Planta viscosa envuelta en zisos y espinas, la llamada Tuna (*Opuntia*) es natural de zonas áridas y pedregosas, en el Perú crecen en mayor parte en la región sierra, su futuro es consumible y de delicioso sabor, las paletas o tallos extraídos de estas plantas son usados como

medicina naturista para tratar úlceras estomacales o como antiparasitario, actualmente existen más de 10 especies de Tuna, las más abundantes son la Tuna naranja (común) y Tuna morada (*Opuntia spp.*). Los análisis recientes arrojan resultados con respecto a la alta cantidad de antraquinonas y carbohidratos que contiene esta planta, concentrándose la mayor parte en los tallos lechosos, es de gran ayuda en el proceso de coagulación y desinfección del agua **Aquino, et al (2013)**.

2.3.4. Floculación.

Proceso en el que se agrupan las partículas según su carga, aglomerándose en los llamados floculos, este proceso tiene lugar después de la desestabilización de dichas partículas, alcanzando el peso ideal para su pronta precipitación gracias a la gravedad. Actualmente los floculantes más usados son sintéticos, polímeros lineales de elevado peso molecular, solubles en agua y efectivo en bajas concentraciones ya que forman puentes o enlaces entre flocs. **Hernández, Mendoza, Salamanca, Fuentes, Caldera (2013)**.

2.3.5. Turbidez.

Pacheco, P. y Zapana, K. (2018) citan a Melo, T. (2012) en su tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa *oleífera* como una alternativa de biorremediación en la purificación superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias. Titulación Ing. Agroforestal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, 2012.” Define la turbidez como una propiedad óptica de una muestra para dispersar y absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta, en el caso de agua causada por material coloidal en partículas, ya sea mineral, arcilla, pequeñas partículas de materia orgánica e inorgánica. Sustancias, algas, plancton y microorganismos, que causan manchas de agua. La turbidez aparente de una suspensión está directamente relacionada con el número, la masa, el índice de refracción y la concentración de las partículas, que es la causa principal de la turbidez del agua, la dispersión de la arcilla, ya que cubre una amplia gama de compuestos, pero en general son silicatos de aluminio con diferentes formas y adquiere propiedades plásticas cuando se mezcla con agua.

2.3.6. Turbidez del agua.

La turbidez es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbidez es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

Para **Marcovecchio y Freije, (2013)** Denominan turbidez a la opacidad presente en un cuerpo de agua debido a la materia insoluble, en suspensión o coloidal. Cuando más partículas se encuentren en el agua el valor de turbidez será más alto. El agua se torna turbia debido al sedimento, la carga de nutrientes, procesos erosivos y las dinámicas de la corriente que transporta, depositándolo naturalmente. En época lluviosa se incrementa este parámetro en los cuerpos de aguas naturales.

2.3.7. Definición de pH.

La acidez o basicidad de una solución depende de la cantidad de iones de hidrógeno o iones-OH. La concentración de iones de hidrógeno es un indicador no solamente para una reacción ácida sino también para una reacción básica, porque existe una relación simple entre la concentración de H⁺ u iones-OH. La concentración de iones de hidrógeno se indica por razones prácticas en lugar de una fabricación (p. ej. 1/10, 1/1000, 1/100000) en potencias de 10. Para evitar el incómodo cálculo con potencias negativas, por ejemplo 10⁻¹, 10⁻³, 10⁻⁵, introdujo SOERENSEN en la Química el concepto de pH, definiéndolo como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Para un valor de la concentración de iones hidrógeno 10⁻⁴ el logaritmo es —4, y el logaritmo negativo 4; el valor pH de la solución es, por lo tanto 4 (1). El pH de las partículas de la madera influye en el fraguado de los adhesivos, sobre todo en el fraguado del adhesivo más usado en este tipo de industria: la urea-formaldehído. Para disminuir el tiempo de prensado de los tableros, que permite aprovechar mejor la capacidad de la prensa, se agrega catalizadores al adhesivo, por ejemplo sales de amonio, que aceleran el fraguado de la resina. Estas sales reaccionan ácidamente y bajan el pH de la mezcla de adhesivo a un valor previamente determinado entre 5 y 1, según la rapidez que se desee en el fraguado.

2.4. Hipótesis

Ha: Si se determina la eficiencia del coagulante Tuna (*Opuntia ficus*) entonces se clarificara las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe.

Ho: Si se determina la eficiencia del coagulante Tuna (*Opuntia ficus*) entonces no se clarificara las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe.

III. Materiales y métodos

3.1. Variables y operacionalización de variables

3.1.1. Variables.

3.1.1.1. *Variable independiente.*

Eficiencia del coagulante - floculante Tuna (*Opuntia ficus*)

3.1.1.2. *Variable dependiente.*

Clarificar las aguas de la acequia el Pueblo

3.1.2. Operacionalización de variables.

Tabla 2.

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Instrumento	
Dependiente Clarificación	Turbiedad	Es la medida del grado de transparencia aparente del agua.	Grado de turbidez del agua.	Físico	- Color	Sentido H	
				Químico	- Olor	- Sentido H.	pH metro
					- pH	- Valor de pH	Medidor de TDS
					- TDS	- ppm	portátil
biológico	- Turbidez	- NTU	Nefelómetro				
				- Coliformes	- NMP/100 ml	Laboratorio totales	
Independiente Tuna	Tuna (<i>Opuntia ficus</i>)	Sirve como una alternativa para la remoción de contaminantes, atrapa los contaminantes de la materia fecal y lo reemplaza por nutrientes naturales, así mismo elimina olores, regula el pH y proporciona buen sabor. (Ríos y Quintana, 2004)	La Tuna (<i>Opuntia ficus</i>) fueron recolectadas, lavadas y picadas en pequeños pedazos.	Características de la <i>Opuntia Ficus- Indica</i>	- Cantidad de recurso vegetal	- gr	Balanza digital
				- Velocidad de agitación	- Numero de vueltas/Tiempo	Sentido H.	

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación

3.2.1. Tipo de estudio, diseño de investigación o de contrastación de hipótesis.

Se trata de una investigación de tipo experimental orientada a validar la hipótesis del modelo clásico que está enmarcado en el diseño experimental que consiste en realizar mediciones antes de realizar los experimentos posteriormente tiene dos muestras: la muestra A que es el grupo control sin ninguna manipulación y la muestra B que es el grupo experimental donde se hace la manipulación del grupo según el objetivo a seguir. Una vez culminado eso, se realizó una medición 2 donde las medidas obtenidas son el resultado de toda la experimentación realizada. El proyecto está basado en el diseño experimental clásico la cual nos permitirá realizar una comparación de antes y después de realizar el experimento

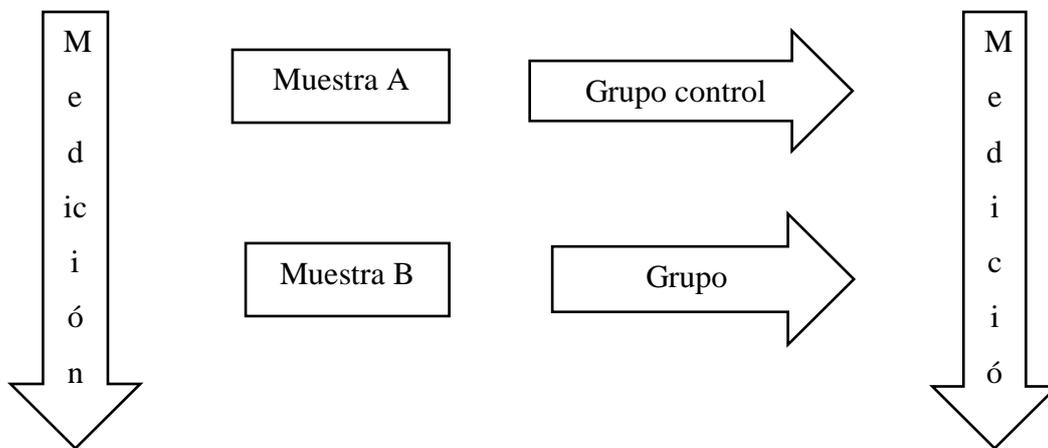


Figura 1. *Tipo de estudio experimental*

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra de estudio y muestreo

3.3.1. Población.

La población fue constituida por las aguas de la acequia el Pueblo de Ferreñafe que tiene un caudal aproximado de 0,789 m³/s en tiempo de verano y un caudal de 2.016 m³/s en tiempo de lluvias.

3.3.2. Muestra.

La muestra fue de 15 litros de agua recolectadas de la acequia el Pueblo en un balde debidamente esterilizado.

3.3.3. Muestreo

No probabilístico – muestra por conveniencia

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Recolección de información.

3.4.1.1. Información primaria.

La constituyen los datos de, olor y color obtenidos mediante la observación de los sentidos humanos, esta percepción servirá para verificar qué tanto influía *Opuntia ficus* (Tuna) como coagulante-floculante para clarificar las aguas y el tiempo de agitación utilizadas en la fase de coagulación, sobre el color y la turbidez de una muestra de agua de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

3.4.1.2. Información secundaria.

Las fuentes secundarias, consistieron en artículos científicos, tesis, fichas técnicas y textos académicos recopilados de diferentes bases de datos. Los análisis de estas fuentes bibliográficas serán de ayuda para establecer la metodología a utilizar que será empleado para la obtención del coagulante-floculante y emplearlo en la clarificación de agua que se siguió durante las investigaciones realizadas con dichos coagulantes naturales.

3.4.1.3. Materiales.

- Libreta de apuntes: Este material fue utilizado para registrar los datos.
- Balde: Recipiente que sirvió para transportar la muestra.
- Cámara fotográfica de celular: Esta se utilizó para evidenciar las actividades que se realizó durante la toma de muestra, recolección del coagulante y análisis de las aguas.
- Mascarillas: Estas se utilizaron como parte de bioseguridad para tomar la muestra en la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.
- Botas de seguridad: Estos se utilizaron con la finalidad de protección y prevención, para llevar a cabo la toma de muestra.
- Guantes: Material de prevención y protección que serán utilizados durante la recolección de la muestra en la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.
- Cuchillo: Instrumento que fue utilizado para cortar y separar la cascara del gel que tiene la penca de Tuna *Opuntia ficus*.
- Balanza: Material que fue utilizado para pesar el coagulante floculante Tuna (*Opuntia ficus*).
- Vasos de precipitación: Material que fue utilizado para preparar el agua turbia con el coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*).

3.4.1.4. Fases de la investigación.

- Recolección de la muestra de agua turbia para análisis.

Se recogió la muestra de 15 litros de agua turbia, en la acequia “El Pueblo” de la ciudad de Ferreñafe, en un balde de 20 litros de capacidad, previamente lavado con agua destilada la cual fue utilizada como envase para transportar el agua de la acequia para su posterior análisis de los parámetros físico-químico y biológico.

- **Trasporte de las muestras**

Se transporto la muestra obtenida de la acequia el Pueblo hacia el laboratorio de la universidad de Lambayeque, posteriormente fue llevado al laboratorio LYCNOR SAC ubicado en la ciudad de Chiclayo, en vehículos que realizan transporte público de la ciudad de Ferreñafe - Chiclayo y viceversa.

- **Análisis del parámetro físico-químico.**

Se utilizará instrumentos y los sentidos humanos para determinar los diferentes parámetros propuestos tales como: Color, olor, pH, TDS, turbidez, coliformes totales.

- **Obtención del coagulante *Opuntia ficus*.**

Se recolecto *Opuntia ficus* (Tuna) de gran tamaño para su posterior traslado al laboratorio de la Universidad de Lambayeque donde se le realizo un lavado, limpieza, corte en cubos y la aplicación al agua turbia tomada de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe para su utilización como coagulante- floculante en la clarificación del agua turbia.

Se realizó la limpieza de la parte superficial de la hoja de las impurezas que tuvo.

- **Procedimiento.**

- Se tomaron 2 litros de agua de la muestra obtenida de la acequia el Pueblo y se depositaron en 4 vasos de precipitación de medio litro cada uno, las cuales se considerarán como, tratamiento testigo (T₀) y los 3 restantes serán tratamiento 1 (T₁), tratamiento 2 (T₂) y tratamiento 3 (T₃) respectivamente rotulados.

- Se procedió a separar la cascara y el gel de la tuna.

- En el tratamiento 1 se aplicó la cascara de la Tuna (*Opuntia ficus*).

- En el tratamiento 2 se aplicó el gel Tuna *Opuntia ficus*.

- En el tratamiento 3 se aplicó la cascara más el gel de Tuna (*Opuntia ficus*).

- Se realizó las mediciones del análisis físico-químico y bacteriológico del tratamiento testigo (T₀) y los tres tratamientos después de haber aplicado el coagulante-floculante *Opuntia ficus* (Tuna).

- Se comparó los experimentos antes y después de haber aplicado el coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*).

3.4.1.5. Evaluación del proceso de coagulación.

En esta etapa se evaluó la desestabilización eléctrica de las partículas suspendidas coloidales presentes en las muestras de agua, este fenómeno es conocido como coagulación donde las partículas pequeñas se aglomeran por la adición de un coagulante y forman partículas de mayor tamaño que son sedimentados por gravedad en un tiempo más rápido de lo normal.

3.4.1.6. *Análisis de las muestras.*

Se realizó el análisis bacteriológico a la muestra recolectada de la acequia “El Pueblo” de la ciudad de Ferreñafe en el laboratorio LYCNOR SAC de la ciudad de Chiclayo, al tratamiento testigo, tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3.

Se realizó el análisis químico a la muestra recolectada de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe en el laboratorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo a las muestras: tratamiento testigo, tratamiento con cascara de Tuna (*Opuntia ficus*), tratamiento con gel de Tuna (*Opuntia ficus*), tratamiento con cascara más gel de Tuna (*Opuntia ficus*).

3.4.1.7. *Análisis de los resultados.*

Se analizaron los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos comparando con los resultados iniciales antes de haber aplicado el coagulante- floculante e indicar cuál fue la efectividad para remover la turbidez de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

IV. Resultados

A través del presente capítulo se plasman los resultados obtenidos de los tratamientos realizados en la investigación, los cuales se muestran a continuación teniendo en cuenta los objetivos planteados:

4.1. Evaluar los parámetros físico-químico y biológico de las aguas de la acequia el Pueblo, de Ferreñafe antes de aplicar el coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*)

Tabla 3.

Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe antes de aplicar el coagulante –floculante Tuna (Opuntia ficus).

Análisis Físico		Análisis Químico		Análisis Biológico	
color	olor	pH	TDS (ppm)	Turbidez (NTU)	coliformes totales (NMP/100 ml)
Marrón	a tierra	7.8	520	82	2300

Fuente: Elaboración propia

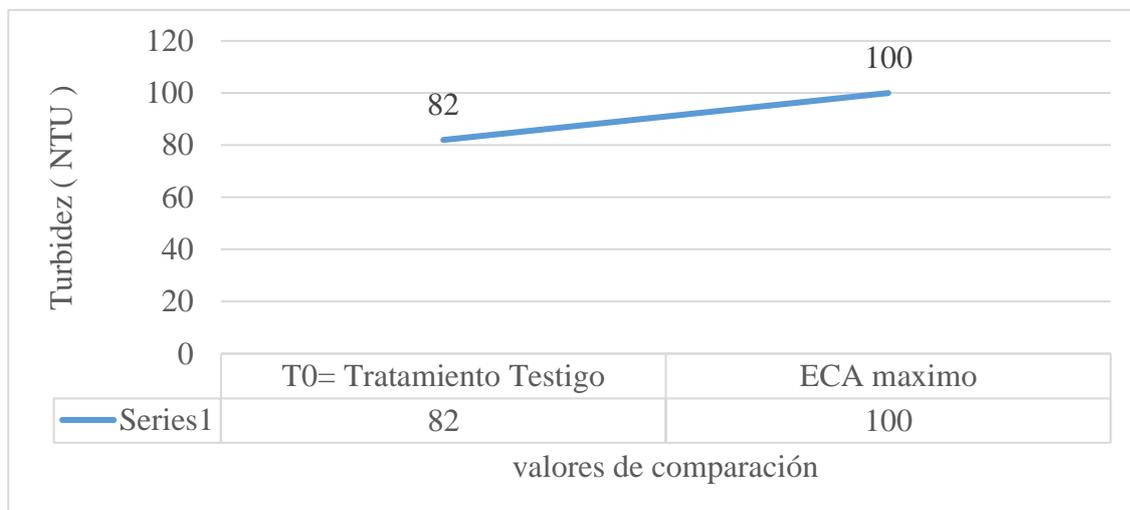


Figura 2. *Parámetros de turbidez comparada con los ECA.*

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 y la figura 2, los resultados obtenidos indican que los parámetros físico-químico y biológico están en concentraciones elevadas pero no superan los ECA por lo cual estas aguas de la acequia el Pueblo pueden ser potabilizadas con un tratamiento convencional que incluye los proceso de (sedimentación, coagulación- floculación, desinfección).

4.2. Evaluar los parámetros físico-químico y biológicos al agregar 26g de cascara de Tuna (*Opuntia ficus*) a las aguas de la acequia el Pueblo.

Tabla 4.

*Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 26g de cascara de Tuna (*Opuntia ficus*) como coagulante floculante.*

Análisis Físico		Análisis Químico			Análisis Biológico
color	olor	pH	TDS (ppm)	Turbidez (NTU)	coliformes totales (NMP/100 ml)
Sin color	sin olor	7.38	626	50	1700

Fuente. Elaboración propia

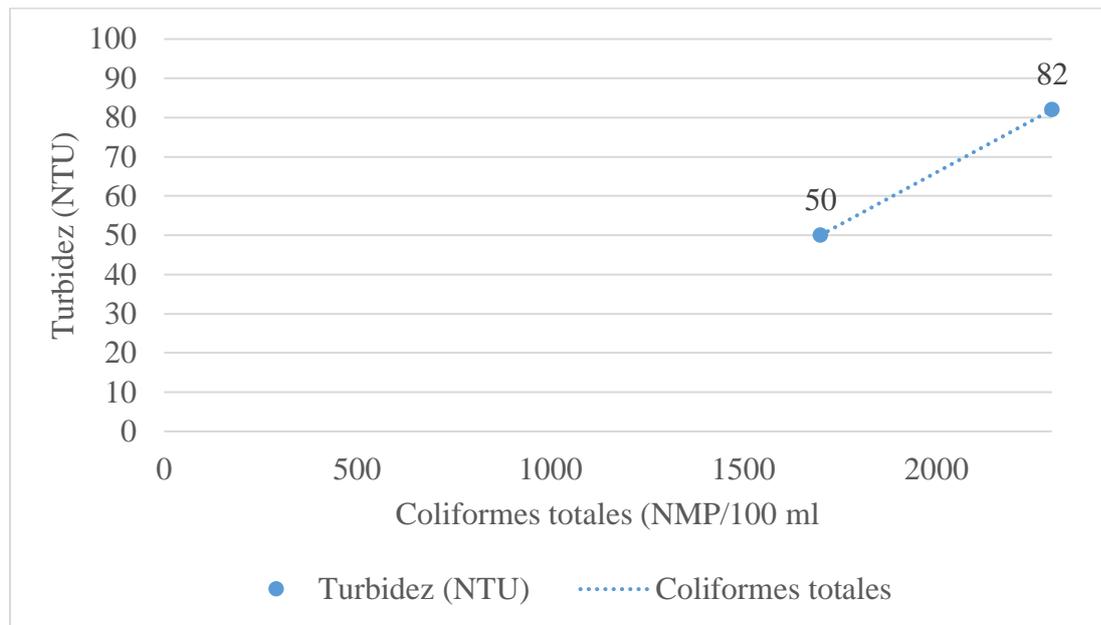


Figura 3. *Parámetros de turbidez y coliformes al aplicar 26 g de cascara de Tuna comparado con el T0= Tratamiento Testigo*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 4 y en la figura 3, los resultados obtenidos indican que los parámetros físico-químico y biológico tuvieron una pequeña reducción de los parámetros analizados, la cual indica una baja efectividad para la clarificación con el coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) a las agua de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

4.3. Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos al agregar 26g de gel de *Opuntia ficus* (Tuna) a las aguas de la acequia el Pueblo

Tabla 5.

*Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia El Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 26g de gel de *Opuntia ficus* (Tuna) como coagulante floculante.*

Análisis Físico			Análisis Químico		Análisis Biológico
color	olor	pH	TDS (ppm)	Turbidez (NTU)	Coliformes totales (NMP/100 ml)
sin color	sin olor	7.43	675	31.52	1300

Fuente. Elaboración propia

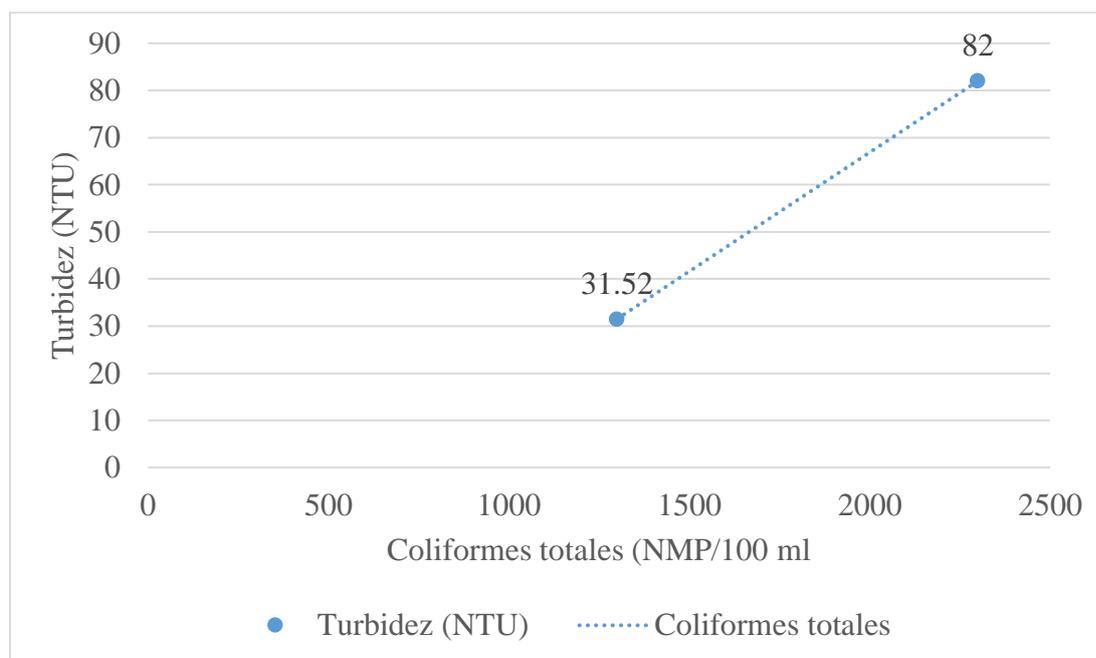


Figura 4. *Parámetros de Turbidez y coliformes al aplicar 26 g de gel de Tuna comparado con el T0=Tratamiento Testigo.*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 5 y en la figura 4, los resultados obtenidos muestran que los parámetros físico-químico y biológico tuvieron una mayor reducción que el tratamiento con cascara de Tuna la cual indica una efectividad considerable para la clarificación con el coagulante Tuna (*Opuntia ficus*) a las agua de la acequia El Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

4.4. Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos al agregar 13g de cascara y 13g de gel de Tuna (*Opuntia ficus*) a las aguas de la acequia el Pueblo.

Tabla 6.

*Análisis de los parámetros físicos- químicos y biológicos de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe al aplicar 13g de cascara y 13g de gel de Tuna (*Opuntia ficus*) como coagulante-floculante.*

Análisis Físico		Análisis Químico			Análisis Biológico
color	olor	pH	TDS (ppm)	Turbidez (NTU)	coliformes totales (NMP/100 ml)
Sin color	sin olor	7.50	638	30.29	1100

Fuente. Elaboración propia

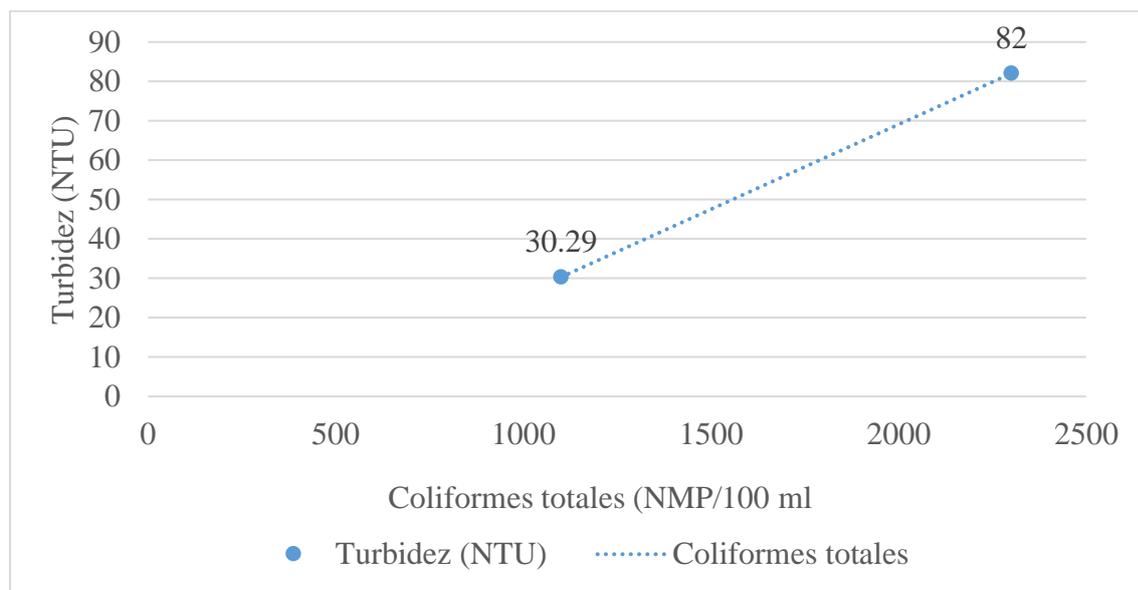


Figura 5. *Parámetros de turbidez y coliformes al aplicar 13g de cascara y 13g de gel de *Opuntia ficus* (Tuna) como coagulante-floculante comparado con el T₀= Tratamiento Testigo.*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 6 y en la figura 5, los resultados obtenidos indican que los parámetros físico-químico y biológico tuvieron la mayor reducción de los parámetros analizados, la cual indica una alta efectividad del coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para la clarificación del agua de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

- 4.5. Comparar los parámetros físico-químico y biológicos antes y después de los tratamientos, con cascara *Opuntia ficus* (Tuna) (26g); con gel de *Opuntia ficus* (Tuna) (26g) y con cascara (13g) más gel de *Opuntia ficus* (Tuna) (13g) respectivamente.

Tabla 7.

Comparación de los parámetros físico-químico y biológicos antes y después de los tratamientos realizados en la investigación.

Experimentos	Análisis Físico		Análisis Químico			Análisis Biológico
	color	olor	pH	TDS (ppm)	Turbidez (NTU)	coliformes totales (NMP/100 ml)
T ₀ =Tratamiento Testigo	marrón	a tierra	7.8	520	82	2300
T ₁ =Tratamiento con cascara de Tuna	Sin color	sin olor	7.38	626	50	1700
T ₂ =Tratamiento con gel de Tuna	Sin color	sin olor	7.43	675	31.52	1300
T ₃ =Tratamiento con cascara más gel de Tuna	Sin color	sin olor	7.50	638	30.29	1100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar los diferentes parámetros físico- químico y biológico de las aguas de acequia el Pueblo antes de aplicar y después de aplicar el coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) las cuales se analizaron en el laboratorio de la Universidad de Lambayeque, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y en el laboratorio LYCNOR SAC de la ciudad de Chiclayo, las cuales serán como referencia para verificar la efectividad del coagulante floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para clarificar las aguas turbias de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe.

Tabla 8.

Valores de pH antes y después de los tratamientos.

Tratamientos	pH
T ₀ = Tratamiento testigo	7.80
T ₁ = Tratamiento con cascara de Tuna	7.38
T ₂ = Tratamiento con gel de Tuna	7.43
T ₃ = Tratamiento con cascara más gel de Tuna	7.50

Fuente: Elaboración propia

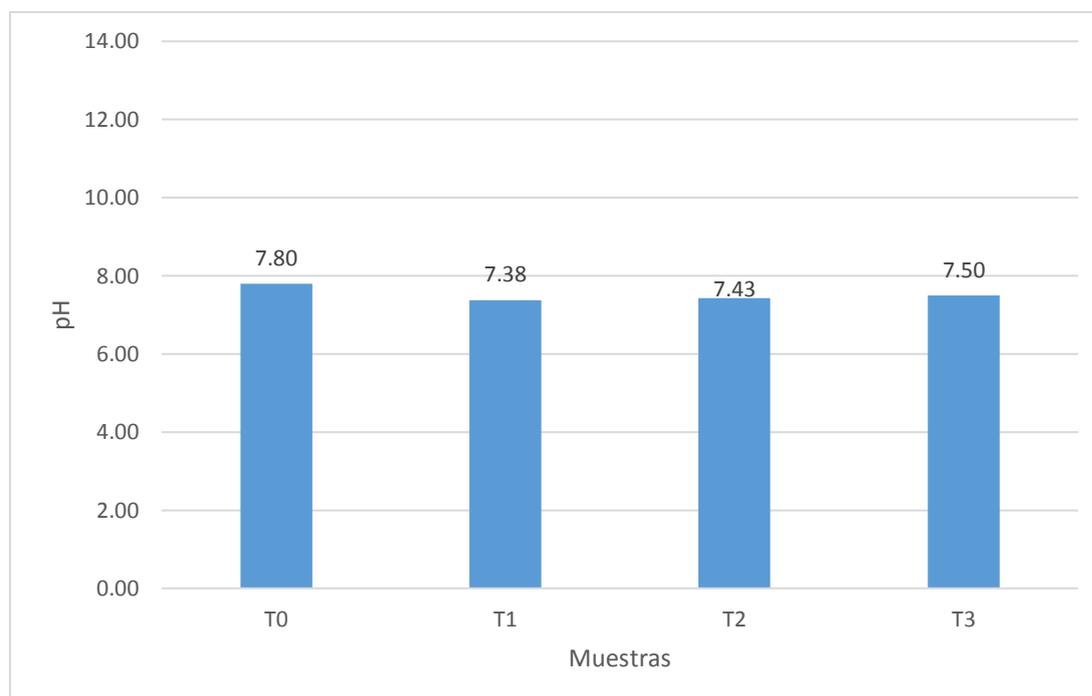


Figura 6. *Valores de pH antes y después de los tratamientos.*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 8 y en la figura 6, Se puede verificar el Potencial de Hidrogeno (pH) la cual está dentro del rango establecido como neutro según los ECA correspondiente de 6.50 a 7.50. Con una ligera variación al emplear el coagulante –floculante Tuna *opuntia ficus* en las aguas de la acequia el Pueblo teniendo los siguientes resultados T₁=cascara de Tuna 7.38, T₂=gel de Tuna 7.43 y T₃=cascara de Tuna más gel de Tuna 7.50 las cuales se mantuvieron dentro de los parámetros denominados como neutro.

Tabla 9.

Valores de TDS antes y después de los tratamientos.

Muestras	TDS (ppm)
T ₀ = Tratamiento testigo	520
T ₁ = Tratamiento con cascara de Tuna	626
T ₂ = Tratamiento con gel de Tuna	675
T ₃ = Tratamiento con cascara más gel de Tuna	638

Fuente: Elaboración propia

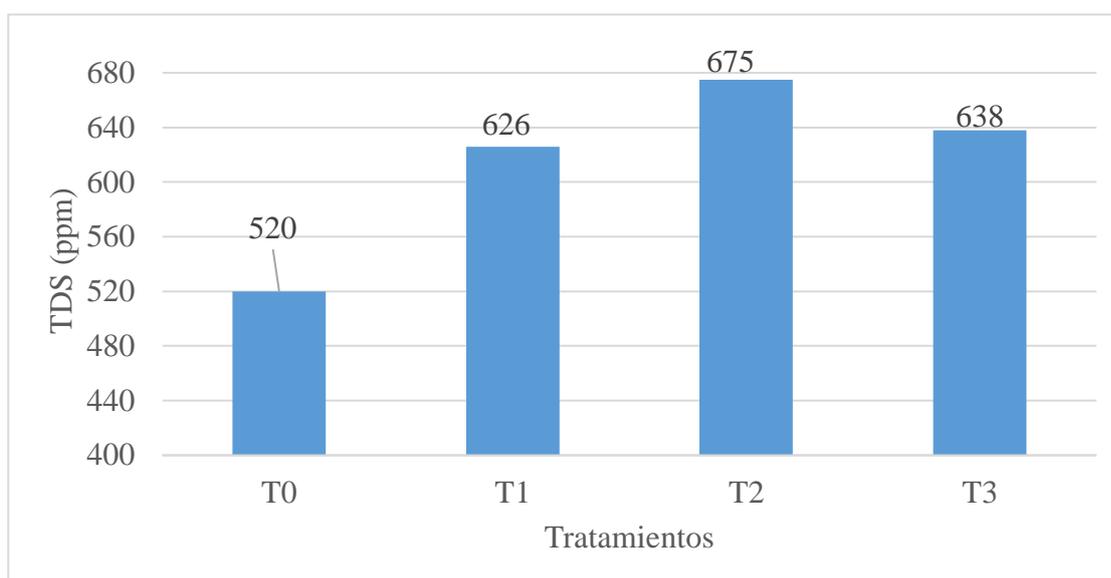


Figura 7. Valores de TDS antes y después de los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 y figura 7 se puede observar que hay un incremento de los sólidos totales suspendidos (TDS), teniendo como valor máximo 675 ppm correspondiente al tratamiento T₂= gel de Tuna frente al tratamiento T₁=cascara de Tuna con 626 ppm asimismo el tratamiento testigo tuvo el menor TDS, T₀=520 ppm respectivamente. Dicho incremento de los sólidos suspendidos totales, posiblemente se dio por las mismas proteínas y carbohidratos que tiene la Tuna (*Opuntia ficus*).

Tabla 10.

Valores de turbidez antes y después de los tratamientos.

Muestras	Turbidez (NTU)
T ₀ = Tratamiento testigo	82
T ₁ = Tratamiento con cascara de Tuna	50
T ₂ = Tratamiento con gel de Tuna	31.52
T ₃ = Tratamiento con cascara más gel de Tuna	30.29

Fuente: Elaboración propia.

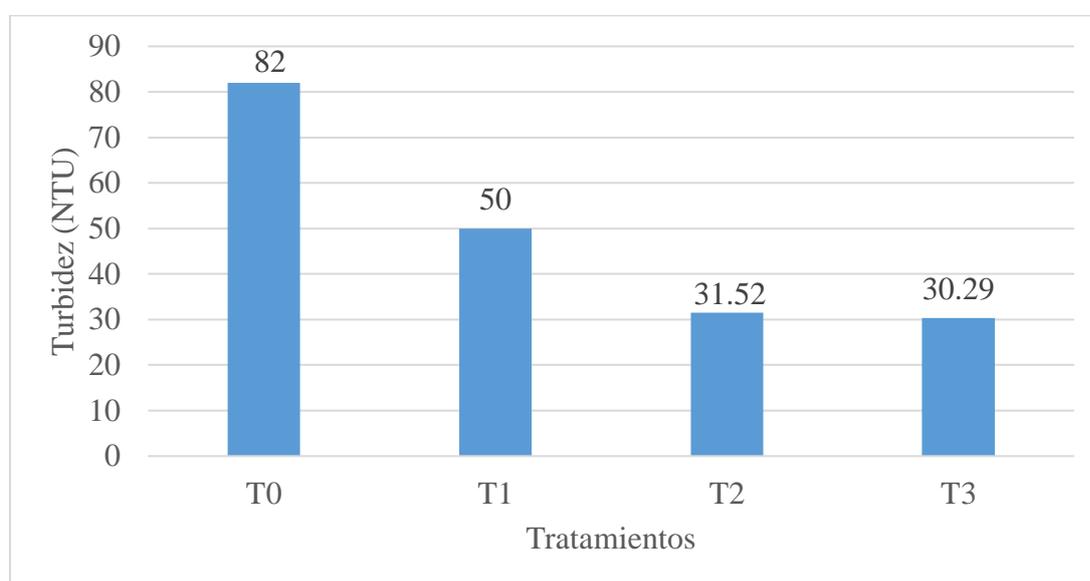


Figura 8. *Valores de turbidez antes y después de los tratamientos.*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 10 y en la figura 8, Se visualiza los resultados de los siguientes tratamientos realizados obteniendo como turbidez inicial de 82 NTU antes de aplicar el coagulante floculante *Opuntia ficus* al agua de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, asimismo se obtuvo una turbidez mínima de 30.29 NTU correspondiente al tratamiento con gel más cascara de Tuna (T₃), seguido del tratamiento con gel de Tuna (T₂) que tuvo una turbidez de 31.52 NTU y el tratamiento con cascara de Tuna (T₁) tuvo una turbidez de 50 NTU respectivamente.

Tabla 11.

Valores de coliformes totales antes y después de los tratamientos.

Muestras	Coliformes totales (NMP/100 ml)
T ₀ = Tratamiento testigo	2300
T ₁ = Tratamiento con cascara de Tuna	1700
T ₂ = Tratamiento con gel de Tuna	1300
T ₃ = Tratamiento con cascara más gel de Tuna	1100

Fuente: Elaboración propia.

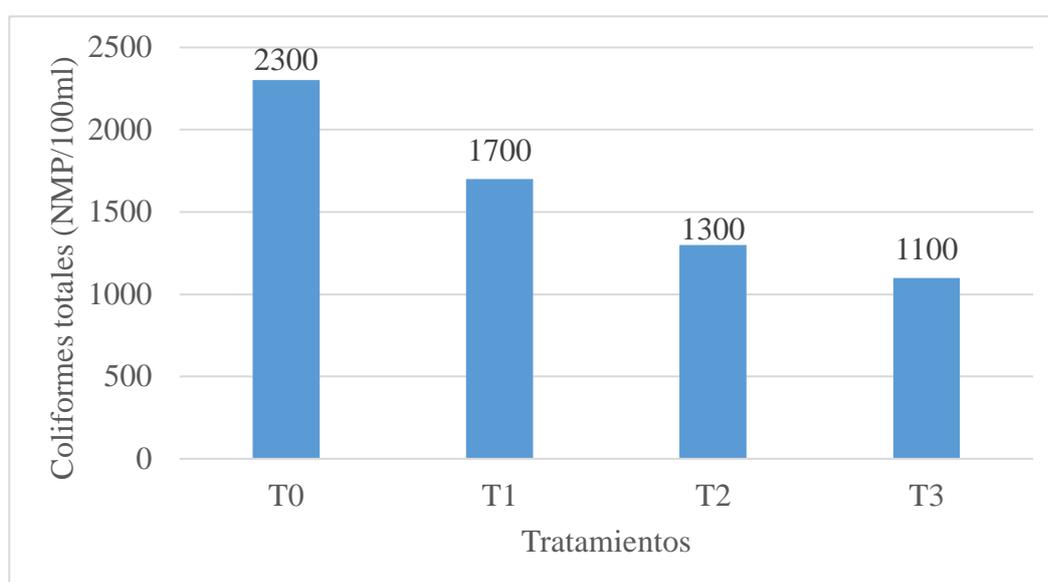


Figura 9. *Valores de coliformes totales antes y después de los tratamientos.*

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 11 y en la figura 9. Se muestra los resultados obtenidos de los análisis de coliformes totales a las aguas provenientes de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, antes y después de aplicar el coagulante- floculante (*Opuntia ficus*) Tuna siendo el experimento con mayor remoción de coliformes totales la cascara más gel de Tuna (T₃) con 1100 NMP/100 ml, seguido del tratamiento con gel de Tuna (T₂) que tuvo una remoción de 1300 NMP/100 ml y el tratamiento con cascara de Tuna (T₁) tuvo una remoción de 1700 NMP/100 ml, asimismo el tratamiento testigo tuvo 2300 NMP/100 ml la cual se analizó antes de aplicar el coagulante-floculante.

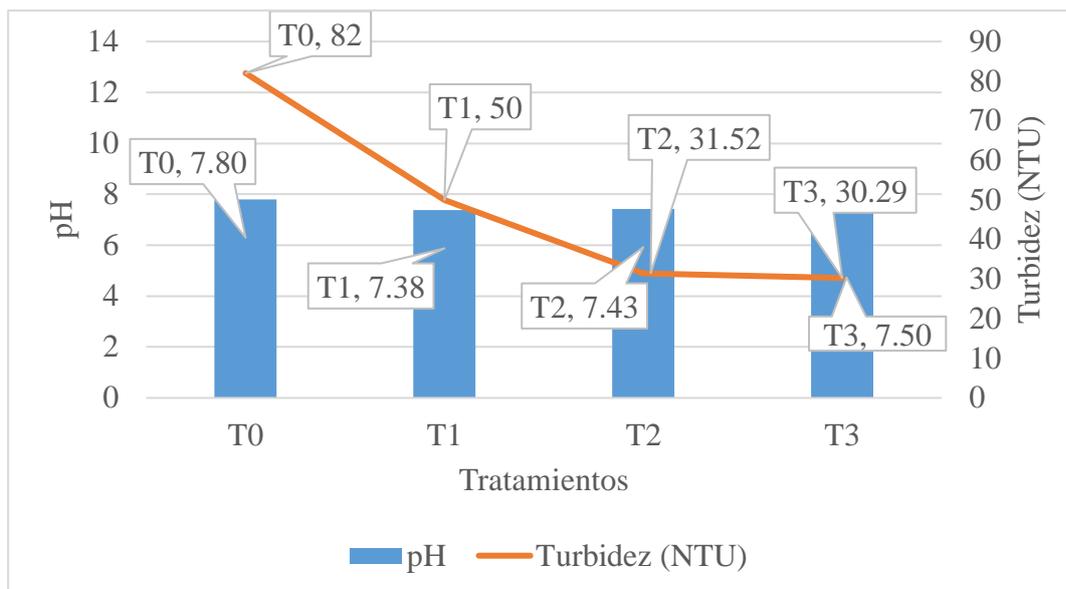


Figura 10. Valores de turbidez con respecto al potencial de hidrogeno pH.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se muestra los resultados obtenidos de la turbidez con respecto al potencial de hidrogeno pH, siendo los siguientes: T₃ =30.29 NTU, pH 7.50; T₂ = 31.52 NTU, pH 7.43; T₁= 50 NTU, pH 7.38. Donde a mayor clarificación del agua turbia con el coagulante-floculante *Tuna Opuntia ficus*, el pH también se incrementa ligeramente.

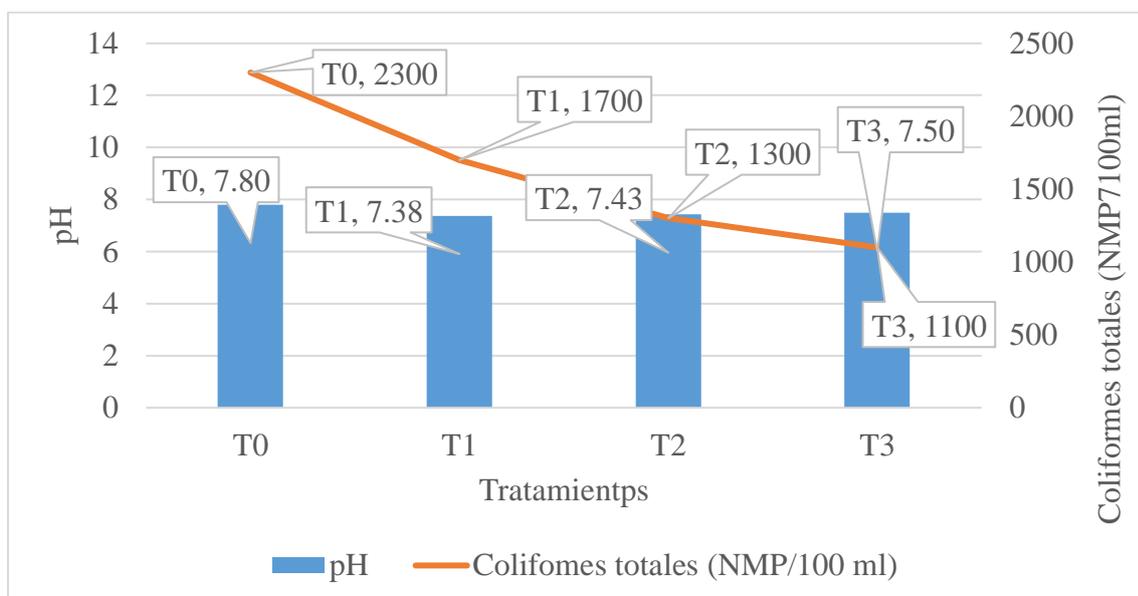


Figura 11. Valores de los coliformes totales con respecto al pH.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se muestra los resultados de los coliformes totales con respecto al pH analizados después de haber aplicado el coagulante-floculante *Opuntia ficus* Tuna, siendo los siguientes T₃ =1100 NMP/100 ml, pH 7.50; T₂=1300 NMP/100 ml, pH 7.43; T₁ =1700 NMP/100 ml, pH 7.38 respectivamente llegando a una conclusión de que a mayor remoción de coliformes totales el pH también tiende a incrementarse ligeramente tal como sucedió en el experimento T₃ = cascara más gel de Tuna.

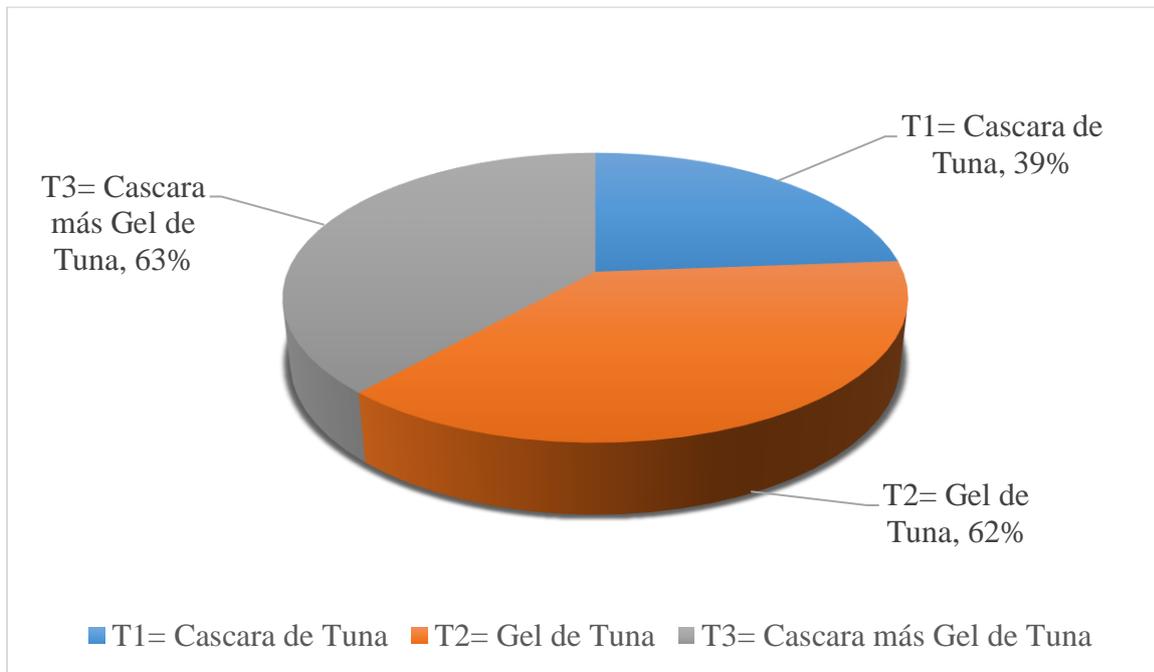


Figura 12. Porcentaje de remoción de turbidez.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 12 se muestra la efectividad del coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para clarificar las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe siendo el más eficiente la cascara más gel de Tuna con una remoción del 63% de turbidez, seguido del gel de Tuna con un 62% y con un 39% de remoción la cascara de Tuna.

V. Discusión

A partir de los resultados obtenidos de la turbidez antes y después de los tratamientos, aceptamos la hipótesis alternativa que establece. Si se determina la eficiencia del coagulante-floculante Tuna (*Opuntia ficus*) entonces se clarificara las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, siendo estos los resultados (T_0) turbidez inicial de 82 NTU antes de aplicar el coagulante- floculante Tuna, asimismo se alcanzó una turbidez de 30.29 NTU después de haber aplicado el coagulante-floculante Tuna correspondiente al tratamiento (T_3) 13 g de gel más 13 g de cascara la cual tuvo una mayor efectividad en clarificar las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, para lograr dicha efectividad se removió 500 vueltas en 3 minutos y posteriormente dejados en reposo por 15 minutos sedimentando el floculo formado correspondiente al tratamiento (T_3) gel más cascara de Tuna, que obtuvo una remoción del 63% de turbidez de las aguas antes mencionadas.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene **Contreras, et al (2015)**, en su artículo “El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación del agua”, del Río Magdalena en Sucre, mediante la prueba de jarras se realizó la clarificación, aplicando dos concentraciones de 35 y 40 mg/l a velocidades de 100 y 200 rpm aplicando dos tiempos de agitación de 20 y 30 minutos, teniendo en cuenta el pH, la porción y concentración del coagulante y la velocidad a la que se agitará la muestra; de este modo se determinó una eficiencia superior al 50%, siendo las concentraciones más efectivas 96 – 98% de coagulante nopal, este a su vez no afectó el pH de manera significativa, manteniendo las características iniciales de este, obteniendo como conclusión la alta efectividad del coagulante de nopal, reduciendo altamente la coloración y turbidez del agua, llegando a un aproximado de 80% de efectividad.

De esta forma se pretende sustituir los coagulantes sintéticos por coagulantes ecológicos que tengan la misma capacidad de clarificar las agua turbias y sobre todo no contaminen al utilizarlo tal como sostiene **Olivero, et al (2014)**, en su artículo titulado “Utilización de Tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas”, propone el mucílago de la Tuna para clarificar las aguas del río Magdalena ubicado en Magangué – Colombia, el cual tuvo como objetivo comparar la efectividad del mucílago de Tuna con el coagulante sulfato de aluminio. Utilizo dos diferentes concentraciones de mucílago las cuales fueron 35 y 40 mg/l a una velocidad de 100 y 200 rpm, con un tiempo de 15, 20 y 40 minutos, llegando a la conclusión que ambos coagulantes (sulfato de aluminio y mucílago de Tuna) tuvieron mayor efectividad a una velocidad de 200 rpm con una efectividad de 83.66% del mucílago de Tuna, lo cual quiere decir que el coagulante natural

tiene una alta competitividad contra el sulfato de aluminio. Sin embargo en la presente investigación se realizó la agitación de forma artesanal 500 vueltas en 3 minutos debido a las limitaciones de realizarlo en pruebas de jarras y se observó que los resultados son similares en cuanto a la formación de floculó, con ello podemos decir que si puede clarificar las aguas con el coagulante-floculante (*Opuntia ficus*) y con cualquiera de las agitaciones ya sea artesanal o en prueba de jarras.

El coagulante-floculante Tuna *opuntia ficus* así como remueve la turbidez también remueve los coliformes totales presentes en el agua turbia tal como muestran los resultados de los tratamientos realizados en la presente investigación siendo el experimento con mayor remoción de coliformes totales la cascara más gel de Tuna (T₃) con 1100 NMP/100 ml, frente al experimento testigo que tuvo (T₀) 2300 NMP/100 ml la cual se analizó antes de aplicar el coagulante-floculante. Esta misma remoción de coliformes por el coagulante-floculante Tuna sostiene **Apaza H. (2014)** en su investigación en la que desarrolla un sistema de tratamiento para la clarificación de aguas de uso agrícola provenientes del río Chili – Arequipa mediante el uso de nopal (*Opuntia ficus indica*), los análisis luego de aplicar el sistema de tratamiento muestran que el extracto de nopal es realmente efectivo para la remoción de coliformes fecales y totales pasando de una concentración inicial de 49,000 y 130,000 NMP/100ml, hasta una concentración final de 2,500 NMP/100ml y 3,700 NMP/100ml respectivamente; en cuanto a la evaluación para la DBO y la DQO se logró un reducción de 159 mg/l a 118 mg/l y de 104 mg/l a 39 mg/l, respectivamente.

VI. Conclusiones

Con lo expuesto a lo largo de esta investigación, permite evidenciar las siguientes conclusiones.

- Se evaluó los parámetros físico-químico y biológico de las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, las cuales indicaron concentraciones elevadas en turbidez y coliformes, sin embargo estas aguas se pueden potabilizar con un tratamiento convencional según la comparación realizada con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, donde nos indica que para potabilizar aguas superficiales de categoría 1, A2 la turbidez debe ser hasta 100 NTU (unidad de turbidez nefelométrica).
- Se evaluó los parámetros físico-químico y biológicos al aplicar 26g de cascara de *Opuntia ficus* (Tuna) como coagulante-floculante a las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe la cual indico una baja efectividad para remover la turbidez y coliformes, obteniendo como resultado 50 NTU de turbidez y 1700 (NMP/100 ml) de coliformes totales.
- Se evaluó los parámetros físico-químico y biológico al aplicar 26g de gel de *Opuntia ficus* (Tuna) como coagulante-floculante a las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe la cual indico una considerable efectividad del 62% en la reducción de turbidez.
- Se evaluó los parámetros físico-químico y biológico al aplicar 13g de cascara y 13g de gel de (*Opuntia ficus*) correspondiente al tratamiento (T₃) como coagulante-floculante a las aguas de la acequia el Pueblo de la ciudad de Ferreñafe, en ella se obtuvo la reducción de turbidez hasta 30,29 NTU (unidades de turbidez nefelométrica).
- Se comparó los parámetros físico-químico y biológico antes y después de los tratamientos, con cascara (*Opuntia ficus*) (26g); con gel (*Opuntia ficus*) (26g) y con cascara (13g) más gel de Tuna (*Opuntia ficus*) (13g). De las cuales tuvo una alta efectividad el tratamiento (T₃) ya que removió el 63% de turbidez de las aguas antes mencionadas de la ciudad de Ferreñafe.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda fomentar el uso del coagulante –floculante Tuna (*Opuntia ficus*) para disminuir la turbidez del agua en las poblaciones de bajos recursos económicos puesto que tiene un mayor acceso a dicho recurso natural.
- Promover el uso del coagulante- floculante en las plantas de tratamiento de agua para consumo humano debido a la disponibilidad de dicho recurso, así mismo, en la investigación se demostró una alta efectividad para remover la turbidez y no generar residuos contaminantes como en la mayoría de los casos con la utilización de los coagulantes sintéticos.
- Se recomienda a las autoridades de la ciudad de Ferreñafe - Lambayeque, extender el estudio expuesto en esta tesis con fines de implementar una planta de tratamiento de agua, empleando coagulantes como la Tuna en el proceso de coagulación – floculación para uso potable ya que se cuenta con gran cantidad de recurso hídrico en dicha localidad.
- Se recomienda realizar análisis de las propiedades de la penca de Tuna como coagulante - floculante para la clarificación de las aguas turbias ya que por condiciones económicas no se realizaron los análisis de las propiedades del coagulante – floculante empleado en la presente investigación.

VIII. Referencias bibliográficas

- AGUILAR A., EDWAR. Utilización de semillas de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas. Universidad Nacional de Ingeniería. 2010. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario.
- AQUINO, E., CHAVARRÍA, Y., CHÁVEZ, J., GUZMÁN, R., SILVA, E. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de Tuna (*Opuntia spp.*) color rojo violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. 2012. Vol. 1, no. 55, p. 3-10.
- Almendárez N. (2003). Comprobación de la efectividad del polímero natural. Nicaragua
- Carmona, L. N. A. (2015). Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta’’ La Diana’’. Publicaciones e Investigación, 6, 115-121.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Olivero Verbel, Rafael, et al. El nopal (*Opuntia Ficus-Índica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua 2015.
- Gonzáles, y Martínez. (2012). Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/137/1/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS.pdf>.
- Lligalo, A, Y Tamia, K. (2018). La absorción y/o fusión como factor determinante de sostenibilidad económica del sector cooperativo de Ambato.
- MORENO PÉREZ, S. C. (7 de 12 de 2016). Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6854/moreno_ps.pdf?sequence=1.
- Moscoso, L (2015). Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación en Sistemas de tratamiento de agua para potabilización. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Morales Osorio, J. A. (2019). Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano–Oxapampa-2018.
- Ministerio del Ambiente. MINAM. (2012). Glosario de términos para la Gestión Ambiental. Perú. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental.

- Olivero R, Mercado I, y Montes L. 2013. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus indica*.
- Ramírez flores, k. d. (2017). Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/33240/ramirez_fk.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Razuri, k. E. (2017). Repositorio. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3588/Razuri_MKE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ramírez, H., Jaramillo, J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Unimilitar. 2015. Vol. 11, no. 2, p. 136-153. Recuperado de: <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/1303/1359ISSN1900-4699>.
- Ramírez, H, Jaramillo, J. Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. Ingeniería Solidaria. 2014. Vol. 10, no. 17, p. 139-151. Disponible: <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/813e-ISSN2357-6014>.
- Rivas, M. (1998). Cactáceas de Costa Rica.
- Rodrigues, E. Rafael, H. Tingal, I. (2012) Morfología de Tuna (*Opuntia ficus*) obtenido de: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2853/TUNA%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Samame Toro, Y. Y. (2019). Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque.
- Sorg, T. (1978). Tecnología para el tratamiento y regulación primaria de materia orgánica en el agua. American Water Works Association. Estados Unidos.
- Tahua, S, y Steven, W. (2015). Utilización de la semilla natural Moringa *Oleífera* como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash.
- Kiesling R. Origen - Domesticación y Distribución de *Opuntia ficus-indica*. Instituto de Botánica Darwinion. 2001. p. 1 – 3.
- Pacheco, P. y Zapana K. (2018). Evaluación de los parámetros en el proceso de clarificación de aguas de la subcuenca del Río Yura en la zona la Caleta para la potabilización de aguas de la Jass-Vitor.

IX. Anexos

Anexo 1: Actividades y previsión de recursos

Tabla 12.

Cronograma de actividades.

	2019						
ACTIVIDADES	M	J	J	A	S	O	N
FASE PRELIMINAR							
revisión bibliográfica	X						
elaboración del proyecto		X					
realización del muestreo			X				
FASE DE INVESTIGACION							
recolección de la muestra				X			
obtención del coagulante				X			
análisis en laboratorio				X			
aplicación del coagulante				X			
análisis de las muestras					X		
análisis de los resultados					X		
FASE DE COMUNICACIÓN							
interpretación de resultados						X	
presentación de informe							X
publicación							X

Elaboración: propia.

9.1. Presupuesto

Tabla 13.

Presupuestos.

Materiales y análisis	
Muestras de agua y envases	S/ 20,00
Análisis de aguas	S/ 200,00
Alquiler de Instrumentos de GPS.	S/ 30,00
Coagulante (<i>opuntia ficus</i>)	S/ 10,00
Impresiones	S/ 30,00
servicios	
Transporte y alimentación	S/ 10,00
Total	S/ 300,00

Fuente: Elaboración propia.

9.2. **Financiamiento:** el presente proyecto será autofinanciado.

Anexo 2: Estándares de Calidad Ambiental

Tabla 14.

Parámetros y valores consolidados.

Categoría 1-A2

		A1	A2
parámetros	unidades de medición	agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	agua que pueden ser potabilizados con tratamiento convencional
físicos-químicos			
color (b)	color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)
potencial de hidrogeno (pH)	unidad pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0

solidos disueltos totales	mg/L	1000	1000
temperatura	°C	Δ3	Δ 3
turbiedad	UNT	5	100
Microbiológicos			
	NMP/100 ml	50	**

Fuente: MINAM.

Dónde:

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

C= concentración en mg/L

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 3. Resultados de las muestras enviadas al laboratorio LYCNOR SAC hoja 1.



LABORATORIOS Y CERTIFICACIONES DEL NORTE S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 0037-2019

Emitido en Chiclayo, 26 de Setiembre del 2019.

Número de Solicitud de Ensayo : 0035-2019

Solicitante : KEVIN TARRILLO POTENCIANO

Dirección de la Empresa : -

RUC : -

Servicio Solicitado : Ensayos Microbiológicos

Nombre del Producto : Agua Natural Superficial

Cantidad de muestra : 04

Presentación de muestra : Frascos de vidrio

Lugar, Fecha de recepción : Laboratorio LYCNOR, 20 de setiembre del 2019.

Condiciones de recepción : En cadena de frío a 4.5 °C

Lugar de Muestreo : Acequia "El Pueblo" de Ferreñafe

Fecha de Inicio de Ensayo : 20/09/2019

Fecha de Término de Ensayo : 24/09/2019

ANÁLISIS	Microbiológicos	
Fecha de Muestreo	20/09/2019	
Código de Cliente	TRATAMIENTO T ₀	
Código de Laboratorio	3519168	
PARÁMETRO	Resultado	Unidad
Coliformes Totales	2300	NMP/100 ml

Anexo 4. Resultados de las muestras enviadas al laboratorio LYCNOR SAC hoja 2.



LABORATORIOS Y CERTIFICACIONES DEL NORTE S.A.C.

ANÁLISIS	Microbiológicos		
Fecha de Muestreo	20/09/2019		
Código de Cliente	TRATAMIENTO T ₁		
Código de Laboratorio	3519169		
PARÁMETRO	Resultado	Unidad	
Coliformes Totales	1700	NMP/100 ml	

ANÁLISIS	Microbiológicos		
Fecha de Muestreo	20/09/2019		
Código de Cliente	TRATAMIENTO T ₂		
Código de Laboratorio	3519170		
PARÁMETRO	Resultado	Unidad	
Coliformes Totales	1300	NMP/100 ml	

ANÁLISIS	Microbiológicos		
Fecha de Muestreo	20/09/2019		
Código de Cliente	TRATAMIENTO T ₃		
Código de Laboratorio	3519171		
PARÁMETRO	Resultado	Unidad	
Coliformes Totales	1100	NMP/100 ml	

MÉTODOS DE ENSAYO APLICADOS

DETERMINACIONES	METODO DE ENSAYO	LD
Coliformes Totales*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C. 23 nd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	1.8 NMP/100 ml

* Los métodos indicados no han sido acreditados por DA-INACAL

CONDICIONES DE USO DEL INFORME DE ENSAYOS:

- El muestreo y el transporte de la muestra hasta su ingreso a Laboratorios y Certificaciones del Norte SAC son responsabilidad del solicitante.
- El presente informe de ensayo es válido sólo para la cantidad recibida, objeto de análisis no pudiendo extenderse los resultados a otra unidad.
- Queda terminantemente prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe de Ensayos sin conocimiento y la autorización de Laboratorios y Certificaciones del Norte S.A.C.
- Cualquier enmienda en el documento lo invalida.
- Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
- El presente informe de ensayos es válido exclusivamente para los requisitos indicados, no pudiendo señalarse implícita o explícitamente a otras características que no se indican.
- LYCNOR SAC no conserva muestras de dirimencia.
- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL – DA.

Carla Y. Requejo R.

Bigo. Carla Y. Requejo Rodríguez
Supervisor de Microbiología
CBP.11761

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 5. Panel fotográfico.



Fotografía 1. Recolección de la muestra de agua en la acequia El Pueblo.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 2. Recojo del coagulante Tuna (Opuntia Ficus).

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 3. Lavado del Coagulante Tuna (*Opuntia Ficus*).

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4. Vasos de precipitación rotuladas.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5. *Picado del coagulante Tuna (Opuntia Ficus).*

Fuente: Elaboración propia.



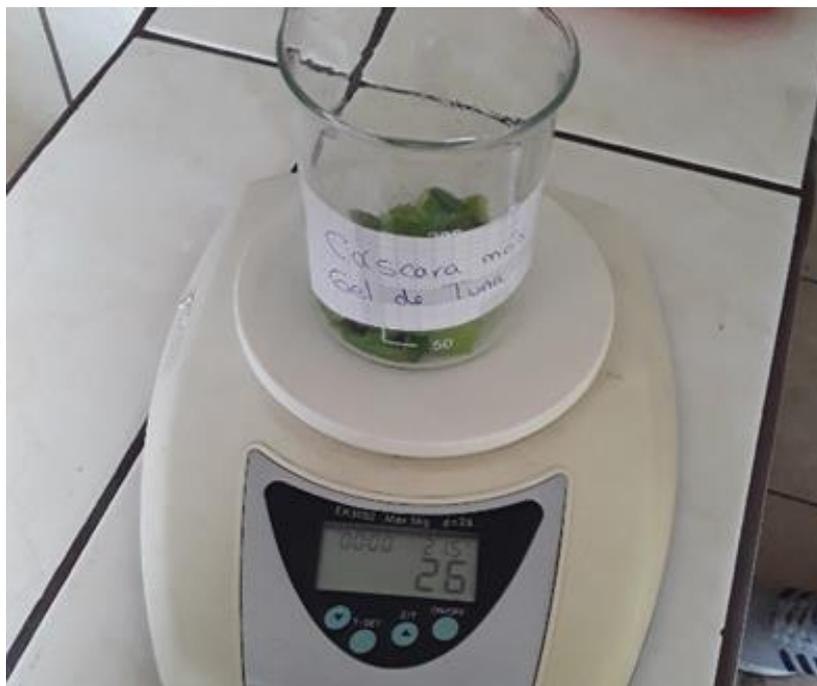
Fotografía 6. *Peso de la cascara de Tuna (Opuntia Ficus).*

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 7. *Peso del gel de Tuna (Opuntia Ficus).*

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 8. *Peso de la cáscara de más gel de Tuna (Opuntia Ficus).*

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 9. Muestras de aguas rotuladas.

Fuente: Elaboración propia.



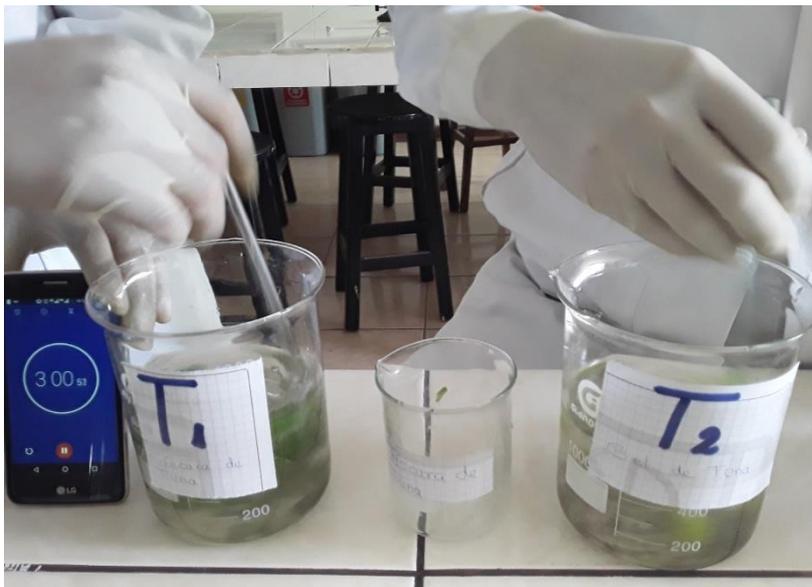
Fotografía 10. Muestras de agua junto a los respectivos tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11. Adición de los tratamientos a las muestras de agua.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 12. Agitación de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 13. Comparación de los resultados a simple vista.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 14. Rotulación de muestras de resultados para ser llevadas al laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 15. Muestras de resultados rotulados en cadena de frío.

Fuente: Elaboración propia.



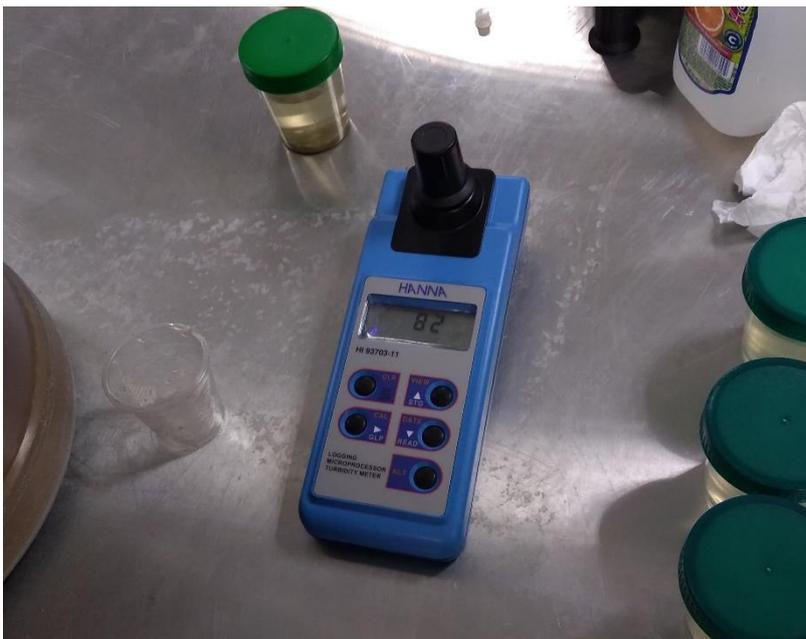
Fotografía 16. Medición de Ph del tratamiento T3.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 17. Medición de los TDS del tratamiento T0.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 18. Medición de la turbidez del tratamiento T0.

Fuente: Elaboración propia.