



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua  
del río la Leche, Lambayeque**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORA:**

Bach. Samame Toro, Yeny Yassmin (ORCID: 0000-0002-3766-5511)

**ASESOR:**

Dr. Monteza Arbulú, César Augusto (ORCID: 000-0003-2052-6707)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

La culminación de este trabajo de investigación refleja el esfuerzo de mi persona, tanto como el de mi familia especialmente de mis padres por el apoyo moral y económico, dedico este trabajo de tesis principalmente.

**A Dios**, por darme la vida, por haberme permitido vivir experiencias maravillosas que me regalo esta etapa de estudio, por acompañarme en cada paso que he dado y guiarme por el camino correcto para culminar el más grande de mis sueños ser Ingeniero Ambiental.

**A mis padres, Cedina Toro y Walter Samamé**, quienes son mi principal apoyo, ejemplo y motivo para lograr mis objetivos, por confiar en mí, por sus infinitas palabras de aliento y su amor incondicional.

**A mis hermanos Jhon y Clarivel**, por darme su ejemplo de superación y enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y que por más difícil que se ponga el camino siempre estarán sosteniéndome para no desvanecer en el intento.

Y a todas las personas que me brindaron su amistad y apoyo desinteresado aportando directa o indirectamente, con la realización de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

La culminación del presente trabajo de investigación, no hubiera sido posible sin la bendición de Dios, el apoyo incondicional de mi familia y sobre todo de las enseñanzas impartidas en estos 5 años de estudio en la Universidad Cesar Vallejo, cuya casa permitió el desenvolvimiento y evolución de mi persona tanto profesional como personal con sus enseñanzas a cargo de los diferentes docentes que aportaron en mi crecimiento profesional involucrándome firmemente en la importancia de la dimensión ambiental como aspecto sustancial del desarrollo.

Mi agradecimiento infinito a mis padres y hermanos, por el apoyo constante, el amor incondicional que me brindan y sobre todo por demostrarme la confianza que tienen en mí.

Un profundo y sincero agradecimiento a mi asesor el Dr. César Augusto Monteza Arbulú, por su compromiso, apoyo y capacidad para guiarme en el desarrollo de mi trabajo de tesis.

Al Dr. José Ponce Ayala por su significativo apoyo y aporte constante en el campo estadístico, para el correcto desenvolvimiento de mi investigación.

A la Ingeniero Ambiental Kerly Mera Libaque, encargada del laboratorio Biotecnológico de la Universidad Cesar Vallejo, que me sirvió en todo el proceso de desarrollo de mi tesis

PAGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

El Fedatario de la Universidad César Vallejo  
DA FE:  
Que es copia fiel del documento original  
Chiclayo.  
07 JUN 2019  
Rodrigo Rodríguez Ravello  
FEDATARIO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 18.00 horas del día, de acuerdo a los dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 0843-2019/UCV-CH, de fecha 24 de mayo del 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación del Trabajo de Investigación titulado: "Dosis optima del mucilago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del rio la Leche, Lambayeque", presentado por el (la) Bachiller:

SAMAME TORO, YENY YASSMIN, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- PRESIDENTE : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez
- SECRETARIO (A) : Dr. José Elías Poñce Ayala
- VOCAL : Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulú

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 18.50 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 28 de mayo del 2019

.....  
José Modesto Vásquez Vásquez  
Presidente

.....  
José Elías Ponce Ayala  
Secretario

.....  
Cesar Augusto Monteza Arbulú  
Vocal

Innovación  
que transforma.



ucv.edu.pe

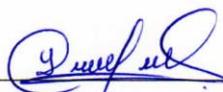
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Yeny Yassmin Samamé Toro, con DNI N° 71068137, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Chiclayo, diciembre del 2018.



---

Yeny Yassmin Samamé Toro

71068137

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PAGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática .....	13
1.2. Trabajos previos .....	15
1.3. Teorías Relacionadas al Tema .....	20
1.3.1. Proceso de Potabilización del Agua.....	20
1.3.2. Coagulación .....	21
1.3.3. Floculación.....	21
1.3.4. Principales Coagulantes .....	21
1.4. Test de Jarras.....	23
1.5. Marco Conceptual .....	24
1.6. Formulación del Problema .....	32
1.7. Justificación del Estudio .....	32
1.8. Hipótesis.....	34
1.9. Objetivos .....	34
II. MÉTODO.....	34
2.1. Diseño de Investigación .....	34
2.2. Variables, Operacionalización .....	35
2.3. Población y muestra.....	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	38
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	38
2.4.1.3. Análisis fisicoquímicos de las muestras.....	40
2.5. Métodos de análisis de datos.....	43
2.5.1. Método Lógico. ....	43
2.6. Aspectos éticos.....	44
III. RESULTADOS .....	44
IV. DISCUSIÓN.....	53
V. CONCLUSIONES.....	56

VI.	RECOMENDACIONES .....	57
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	58
VIII.	ANEXOS .....	63
	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	80
	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS .....	81
	AUTORIZACION DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓ.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Valores de los parámetros fisicoquímicos de la muestra control del agua del río La Leche.....	44
<b>TABLA 2 :</b> Valores de los parámetros fisicoquímicos del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	45
<b>TABLA 3:</b> Valores de los parámetros del agua del río La Leche después de utilizar el coagulante natural.....	45
<b>TABLA 4:</b> porcentaje de remoción de turbidez de las diferentes dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	47
<b>TABLA 5:</b> porcentaje de remoción de la DQO de las diferentes dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	50
<b>TABLA 6:</b> porcentaje de remoción de la DBO de las diferentes dosis de mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO N° 1:</b> Valores del parámetro físico del agua: Turbiedad.....	46
<b>GRÁFICO N° 2:</b> Valores del parámetro físico del agua: Conductividad Eléctrica.....	47
<b>GRÁFICO N° 3:</b> Valores del parámetro físico del agua: Potencial de Hidrogeno (pH) .....	48
<b>GRÁFICO N° 4:</b> Valores del parámetro Químico del agua: Demanda Química de Oxígeno.....	49
<b>GRÁFICO N° 5:</b> Valores del parámetro Químico del agua: Demanda Biológica de Oxígeno .....	50
<b>GRÁFICO N° 6:</b> Comparación de resultados obtenidos de la dosis optima de mucilago, con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable <b>D.S N° 004-2017 – MINAM</b> .....	52

## RESUMEN

En el tratamiento convencional de agua para consumo humano, es bien conocida la utilización de productos químicos como el Sulfato de Aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , cuyo componente se ha demostrado según estudios, que puede causar enfermedades como el Alzheimer, además de dejar residuos de aluminio provocando daños en el agua y suelo. Por ende es importante tratar de sustituir estos productos utilizando especies vegetativas, que pueden cumplir perfectamente con la función de coagulantes naturales por sus diversas propiedades. En el presente trabajo de investigación se buscó determinar la dosis óptima del mucilago de *Opuntia ficus-indica* cuyo nombre común es tuna, para mejorar el agua del río La Leche para consumo humano del Centro Poblado Cerro Escute, Pacora Departamento de Lambayeque.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un diseño cuasi experimental con prueba de hipótesis con muestreo no probabilístico por conveniencia, se utilizó la prueba de jarras en el proceso de simulación para la coagulación-floculación, las muestras de agua fueron tomadas de un solo punto del río La Leche, para el tratamiento se trabajó con cuatro dosis diferentes de coagulante natural del mucilago de *Opuntia ficus-indica*, se realizó un análisis fisicoquímico a las muestras de agua antes y después del tratamiento para determinar cuál dosis fue la más óptima en la mejora de los valores de los parámetros iniciales del agua a tratar, se analizó los parámetros que intervienen en la clarificación del agua como fueron el pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Potable en el Perú (DS N° 004-2017-MINAM), con la cual se confirmó que al emplear 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* en 800 ml de agua a tratar, se logra mejorar significativamente los valores obtenidos antes del tratamiento ajustándose a los ECA.

**Palabras claves:** *Opuntia ficus-indica*, potabilización del agua, coagulante natural, coagulación, floculación.

## ABSTRACT

In the conventional treatment of water for human consumption, it is well known to use chemicals such as aluminum sulphate  $Al_2(SO_4)_3$ , whose component has been shown according to studies, which can cause diseases such as Alzheimer's, in addition to leaving aluminum residues causing water and soil damage. Therefore, it is important to try to substitute these products using vegetative species, which can perfectly fulfill the function of natural coagulants due to their diverse properties. In the present research work we sought to determine the optimum dose of *Opuntia ficus-indica* mucilage whose common name is tuna, to improve the water of the La Leche river for human consumption of the Cerro Escute populated center, Pacora Department of Lambayeque.

For the development of this research we used a quasi-experimental design with hypothesis testing with non-probabilistic sampling for convenience, the jar test was used in the simulation process for coagulation-flocculation, the water samples were taken from a single point of the La Leche river, for the treatment we worked with four different doses of natural coagulant of the mucilage of *Opuntia ficus-indica*, a physicochemical analysis was performed on the water samples before and after the treatment to determine which dose was the most optimal in improving the values of the initial parameters of the water to be treated, the parameters that intervene in water clarification were analyzed, such as pH, Electric Conductivity, Turbidity, Chemical Oxygen Demand and Biological Oxygen Demand compared to the Environmental Quality Standards (ECA) for Drinking Water in Peru (DS N ° 004-2017-MINAM), with which it was confirmed that by using 100 ml of *Opuntia ficus-indica* mucilage in 800 ml of water to be treated, it is possible to significantly improve the values obtained before the treatment by adjusting to the ECA.

**Keywords:** *Opuntia ficus-indica*, water purification, natural coagulant, coagulation, flocculation.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú nuestras principales fuentes de agua (ríos, lagos, acuíferos) están siendo contaminados, volviéndose un serio problema debido al vertimiento de residuos como papeles, botellas, restos de comida y aceites provenientes de la cocina, estos hechos van en aumento debido al desarrollo del país, incremento de la población y a la poca educación ambiental de la que carecemos.

El recurso hídrico es un elemento básico e importante que está presente en las distintas actividades que desarrollamos, la alteración de su calidad puede volverla peligrosa para los usos a los que sea destinada, por ende su calidad depende de las diferentes características físicas, biológicas y químicas que presenta en su estado natural.

Al referirnos al agua para uso directo de la población está tiene que cumplir con parámetros mínimos de calidad establecido por el DS N° 004-2017 -MINAM, La conducción de estas a reservorios, plantas de tratamientos, etc., en muchos casos llega con altos grados de contaminación debido a las diferentes actividades humanas (actividades mineras, residuos sólidos, grasas, etc.) y los desechos que estas producen.

Por tal motivo el agua cruda debe ser sometida a diversos procesos para ser tratada los cuales garantizan la eliminación parcial o total de impurezas, permitiendo el traslado del agua sin ningún riesgo a los hogares. Partiendo de esta situación y conociendo el uso de sales minerales de hierro y aluminio en el tratamiento convencional de las aguas crudas, se busca sustituir estos productos químicos por naturales, que logren ser más económicos, sanos, eficientes y amigables con el medio ambiente.

Dentro del tratamiento, el proceso de coagulación-floculación es el más importante y en el cual actúa principalmente los coagulantes, ya que sin ellos esta etapa fundamental no sería posible, razón por la cual se sigue investigando la eficiencia de productos polielectrolitos como coagulantes naturales para sustituir a los coagulantes químicos ya que está demostrado que concentraciones mayores de 0.1 mg/l de aluminio en el agua pueden ocasionar enfermedades como el Alzheimer, cáncer y enfermedades óseas; además que su utilización afecta el pH del agua tratada y genera residuos de lodo que impactan negativamente al suelo y al agua debido a su ecotoxicidad.

El empleo de coagulantes naturales surge como alternativa factible, logrando competir con los productos químicos sin ningún problema por sus altos porcentajes de eficiencia, además de presentar una mínima o nula toxicidad, ya que en muchos casos algunos de ellos tienen propiedades alimenticias que contiene proteínas solubles en agua y sobre todo gran contenido de carbohidratos. Como es el caso de la *Opuntia ficus-indica* cuyo nombre común es tuna, que contiene propiedades coagulantes – floculante que ocasionan un comportamiento semejante a los coagulantes químicos, esta acción nos permite reducir la turbidez inicial ya que actúa formando un conglomerado de partículas en suspensión presentes en el agua, haciendo más rápida su sedimentación.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar la dosis óptima del mucílago de Tuna (*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, la importancia de esta investigación experimental está centrada a comprobar la efectividad del mucilago extraído del nopal como coagulante natural, esperando que el contenido recopilado ayude como base para estudios futuros que contribuyan a establecer si es factible emplear este producto a escala industrial, en el campo de la potabilización de agua.

## **1.1. Realidad Problemática**

El vertimiento de aguas residuales a canales receptores como ríos, arroyos y mares, es una situación que viene trayendo consigo serios problemas ambientales, sociales y ecológicos unido al inadecuado tratamiento de aguas crudas está causando degeneración de la calidad hídrica, daños a la población que está expuesta a sufrir diversas enfermedades por consumo de agua contaminada, y serios factores de alteración ecológica, **(Rodríguez, 2017)**.

El interés por mejorar el tratamiento convencional del recurso hídrico, se vuelve una situación de gran preocupación que envuelve a la sociedad a nivel mundial, dado que este recurso es vital para la vida humana, por ende, la Organización Mundial de la Salud (OMS), encabeza los esfuerzos para contrarrestar los problemas de salud ocasionado por la contaminación de agua, guiando a las autoridades pertinentes al cumplimiento de misiones y normativas sobre la salud.

Esta institución trabaja con un conjunto de guías que aborda la gestión de riesgos, para lograr obtener una buena potabilización del agua, asegurar la salubridad de áreas acuáticas recreativas y el uso seguro de las aguas residuales, además de tener incluido desde el año 2004 la promoción de planes de salubridad del agua para identificar y prevenir riesgos antes de que el agua se contamine, **(OMS, 2017)**.

En el Perú el problema más frecuente de contaminación de agua se debe a la descarga directa de aguas servidas a los canales receptores (ríos, lagos, quebradas secas o el mar), causando infección a nuestras principales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, amenazando la sostenibilidad del recurso y atentando contra la salud de la población, **(Momi, 2015)**.

En el año 2017 se tomaron muestras de agua domiciliarias de Siete Distritos del Departamento de Lambayeque: Chiclayo, La Victoria, José Leonardo Ortiz, Ferreñafe y Mesones Muro, se analizó 54 muestras de agua domiciliarias, de las cuales 33 no cumplieron con el estándar mínimo de cloración, estándar que señala posible contaminación microbiológica durante su distribución. También se halló 6 muestras que incumplieron con los estándares máximos de coliformes totales por presencia de bacterias como la salmonela, citrobacter, el proteus, entre otras.

Estos parámetros confirman que el agua potable que reciben estos Distritos no cumple con los mínimos estándares de calidad, así lo reveló los resultados de una supervisión que hizo la Dirección de Salud Ambiental en conjunto con la Defensoría del Pueblo, concluyéndose que EPSEL está incumpliendo con lo dispuesto en el artículo 66° del reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobado por el decreto supremo N° 031-2010-SA. (LY, 2017)

El Centro Poblado de Cerro Escute perteneciente al Distrito de Pacora, Chiclayo – Lambayeque, el mayor porcentaje de población utiliza el agua proveniente del río La Leche para consumo sin previo tratamiento de estas, siendo expuestos a diversos problemas de contaminación que puede acarrear consigo el uso de este recurso sin cumplir los parámetros correspondientes para su utilización en el consumo humano es por ende que viendo la problemática de este Centro Poblado se quiere contribuir con el desarrollo de esta tesis para mejorar la calidad de las aguas que utilizan para su consumo, con coagulantes naturales como la *Opuntia ficus-indica* (Tuna).

## 1.2. Trabajos previos

Según **TORRES, (2017)** en el Distrito de Chalhuanca, la falta de control en la calidad del servicio de agua potable y la poca capacidad de suministro, sumado a eso los problemas de salud ocasionados por estos inconvenientes ha llevado a sugerir que se utilicen coagulantes naturales en la planta potabilizadora de agua.

Se analizó el coagulante natural de *Opuntia ficus-indica*, que puede incidir en la mejora del tratamiento habitual de aguas superficiales para mejorar la calidad de vida de los habitantes, optando por la implementación de alternativas sostenibles para sectores vulnerables.

El tipo de diseño de investigación que utilizo fue no experimental de corte transversal, ya que se observó situaciones reales sin manejo deliberado de ninguna de sus variables de estudio y se realizó una sola vez la recolección de información.

Para la obtención de sus resultados se trabajó con la prueba de jarras, donde se utilizó tanto para la reducción de color y remoción de turbidez, el sulfato de aluminio con la coagulación de la baba del nopal del opuntia ficus, se realizó distintas pruebas con diferentes NTU y UC.

Los resultados obtenidos en esta investigación concluyen que el coagulante natural de tuna (*Opuntia ficus-indica*), fue muy efectiva utilizando 5 mg/l de baba de tuna y 20 mg/l de sulfato de aluminio, para la clarificación de aguas crudas con 41 UC y 84 NTU, reduciendo el valor de turbidez hasta un 8 NTU y 14 UC de color, cercano a los parámetros mínimos permisibles requeridos por el reglamento de calidad de agua para el consumo humano, como resultado un nivel de pH aceptable de 7,48.

Según **MOREJÓN, (2017)** utilizo el mucílago de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la Comunidad de Pusir Grande, Provincia del Carchi, Ecuador". Para mejorar el agua de consumo humano. Debido a que los habitantes de la comunidad venían consumiendo agua con un deficiente tratamiento sanitario, situación que ha merecido detectar enfermedades gastrointestinales, especialmente en los grupos vulnerables como son los niños, jóvenes y madres gestantes (MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, 2016).

Su investigación fue de tipo experimental, empleo diferentes dosis de mucilago de tuna de 0 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml y 100 ml; se suma en esta investigación los análisis físico-químicos desarrollados en el tejido vegetal de la tuna (mucilago), para determinar las relaciones causa-efecto de las distintas concentraciones del mucílago en el agua de consumo humano.

El desarrollo de su investigación inicio con la identificación y selección de los cladodios del cultivo de tuna, luego la extracción, recolección y análisis en el laboratorio del mucílago, los parámetros que se evaluaron en el ensayo fueron los siguientes: pH, Turbidez, Dureza, Color, Sólidos Disueltos Totales (SDT), que fueron comparados con la Normativa de su país; Norma Técnica Ecuatoriana para agua de consumo (Agua Potable Requisitos, NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-06).

Sus muestras fueron de 250 ml de agua cruda, la cual fue obtenida a la salida del tanque desarenador de la planta potabilizadora de la comunidad de Pusir, misma que se realizó de acuerdo a los Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual – APHA-AWWA-WPCF1, EDICIÓN No 17, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 – 2010, presentaron un pH inicial de 9,48 y 59,10 NTU, 51,36 mg/l de dureza, 16,70 UC de color y 87,80 mg/l de SDT, para la prueba de jarras utilizo 150 revoluciones por minuto (rpm) por 5 minutos, para la agitación lenta 20 rpm por 20 minutos y la solución se dejó reposar por 2 horas para la sedimentación.

Sus resultados obtenidos después del tratamiento con las diferentes dosis de mucilago en las muestras de agua del tanque desarenador de la planta potabilizadora de la comunidad de Pusir, Ecuador, determino que con 25 ml de coagulante de *Opuntia ficus-indica* mantuvo la neutralidad en el caso del pH con 6,93 mencionando que con las dosis de 50, 75 y 100 ml de mucilago en las muestras de agua tendieron acidificar el pH.

En el caso de la turbidez con 25 ml de mucilago llega al 5,89 NTU, parámetro que se acerca significativamente a los parámetros para agua potable según la normativa de su país, ubicando en su trabajo de investigación con mejor remoción de turbidez a la dosis de 25 ml de mucilago en 75 ml de agua a tratar, ya que con las dosis de 50, 75 y 100 ml de mucilago le añadió turbidez a sus muestras de agua llegando hacer hasta mayor que el valor inicial

de turbidez de su muestra control; concluyendo que con la dosis de 25 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* sus muestras de agua tratadas llegan a los parámetros establecidos según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1108, 2011), de su país, con un pH de 6,93, 5,89 NTU, 63,52 mg/l de Dureza, 15,50 UTC de Color y 84,30 mg/l de STD.

**OLIVERO, et al., (2014).** Su estudio se llevó a cabo en Magangue, Departamento de Bolívar, Colombia. Con el objetivo de emplear coagulantes naturales como la Tuna (*Opuntia ficus-indica*), para reducir la utilización de productos químicos como el sulfato de aluminio en el tratamiento convencional de aguas crudas para consumo humano ya que el empleo de elevadas concentraciones de este componente puede causar efectos en la salud humana.

Para sus pruebas se tomó el agua del río Magdalena, se utilizó el coagulantes de *Opuntia ficus-indica*, a escala de laboratorio se realizaron sus ensayos aplicando la prueba de jarras. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron pH y turbidez. Se efectuó a diferentes concentraciones de coagulante, 35 mg/L y 40 mg/L, para el proceso de clarificación, y con distintas velocidades de agitación, 100 y 200 rpm; su muestra inicial de agua presento una turbidez de 174 NTU y 6,55 de pH,

Los resultados obtenidos muestran que el tipo de coagulante y la velocidad de agitación, si influyen en la clarificación del agua, La mejor remoción de turbidez se obtuvo con 40 mg/l de mucilago con una velocidad de agitación de 200 rpm, donde obtuvo una turbidez de 28,43 NTU y 6,41 de pH logrando reducir la turbidez hasta en un 83.66%.

Mediante esta investigación se afirmó la hipótesis del estudio, demostrando la importancia y eficiencia de la utilización de coagulantes naturales como la Tuna (*Opuntia ficus-indica*), obteniendo resultados favorables en la clarificación de aguas crudas del río Magdalena.

**FUENTES, et al., (2012).** Estudió la efectividad de la Tuna *Opuntia cochinellifera* (cactácea) como coagulante natural en las fases de coagulación-floculación que está dentro del proceso de tratamiento de aguas para consumo humano en Venezuela.

Utilizaron cantidades de agua extraídas de la planta de tratamiento Pueblo Viejo (Municipio Valmore Rodríguez, Estado Zulia, Venezuela), empleo un muestreo aleatorio simple, sus análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Ambientales del Núcleo Costa Oriental del Lago de la Universidad del Zulia (LIANCOL), ubicado a 85 km

de la planta de tratamiento (el traslado de sus muestras de agua fue de aproximadamente 45 min), sin refrigeración.

Sus muestras iniciales de agua presentaron valores altos de turbidez de 100 y 150 NTU, por lo que el autor opto por diluirlas con agua de grifo para ajustar la turbidez inicial a los valores requeridos para su investigación de 20, 40, 60 y 80 NTU, utilizo dosis de la mezcla mucilaginosa de 4500, 8000, 8000 y 6000 ppm con agitación rápida a 100 rpm durante un minuto, la agitación lenta a 30 rpm durante 20 minutos y la sedimentación durante 30 minutos; los resultados experimentales obtenidos al evaluar el parámetro con turbidez inicial de 20 NTU después de aplicar una mezcla mucilaginosa de *O. cochinellifera* de 4500 mg/l llega a reducir la turbidez a un 3,15 NTU alcanzando un 84,25 % de remoción de turbidez y después de filtrar llega a un 1,48 NTU con 92,60 % de remoción, con turbidez de 40 NTU y 8000 mg/l de mucilago llega a una turbidez de 5,95 NTU con 85,13 % de remoción de turbidez y después de filtrar llega a un 2,75 NTU con 93,13 % de remoción, con turbidez de 60 NTU y 8000 mg/l de mucilago llega a una turbidez de 8,47 NTU con 85,88 % de remoción de turbidez y después de filtrar llega a un 3,66 NTU con 93,90 % de remoción y para la turbidez inicial de 80 NTU con 6000 mg/l de mucilago llega a bajar la turbidez a 17,13 NTU con 78,59 % de remoción de turbidez y después de filtrar llega a un 11,12 NTU con 86,10 % de remoción, constando que al aumentar la dosis del coagulante disminuye más porcentaje de turbidez.

En conclusión el empleo de coagulantes natural como la Tuna (*Opuntia cochinellifera*), resulta de gran efectividad para tratar aguas superficiales siendo factible en el proceso de coagulación y floculación, alcanzando niveles altos de reducción de turbiedad sin efectos nocivos contra la salud de la población.

Logrando emplearse como coagulante primario en las plantas de tratamiento de aguas potables del país.

Según **MARTINEZ y GONZALES, (2012)** en busca de implementar nuevos métodos en el tratamiento de aguas destinada al consumo humano. Evaluaron el poder coagulante de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la remoción de turbidez y color puesto que, aun siendo tan esencial e imprescindible la utilización del recurso hídrico, existen factores socioeconómicos y geográficos que afectan en gran medida su obtención y posterior

purificación. En la actualidad grandes porcentajes de la población mundial, consume agua en mal estado, debido a las complicaciones que tienen para acceder a los productos comunes utilizados para la potabilización.

Su estudio tuvo una investigación cuantitativa de tipo experimental utilizo 800 ml de agua a tratar para 3 jarra, recolectada del Canal del Dique a la altura de Puerto Badel, corregimiento de Arjona – Bolívar, Cartagena. Empleo el Statgraphics Centurion XV (software de análisis de datos estadísticos y gráficos) utilizando un diseño factorial multinivel con los datos obtenidos en la prueba de jarras, con el objetivo de verificar la reproducibilidad de los experimentos, fueron replicadas y además para darle mayor potencia al análisis estadístico, se utilizó como factores la velocidad de agitación y la dosis del coagulante.

Utilizaron la harina del mucilago de opuntia ficus-indica con dosis de 20 a 100 mg/l, con velocidades entre 20 y 40 rpm, sus resultados obtenidos muestran que el coagulante de harina natural logró remover un gran porcentaje de turbidez de 85.76%, alcanzando una eficiencia satisfactoria de 84.52% y de color un porcentaje de 57.14% presente en el agua, Concluyendo que los resultados obtenidos de turbidez y color no alcanzaron los parámetros establecidos en el Decreto 1575 del 2007, de su país, pese a que la clarificación del agua cruda fue significativa destacando además, que el coagulante natural posee gran contenido de carbohidratos, además no confirió ningún sabor u olor al agua cruda.

**ANTILLÓN, et al., (2012).** Estudiaron el poder de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) en la clarificación para agua del río Humo como coagulante o floculante, cuyo primordial problema en sus aguas es su baja turbidez y alcalinidad, además de una alta saturación de oxígeno, que provoca que el cuerpo de agua libere este gas que tiende a dificultar la precipitación de floculos formados en el tratamiento de aguas.

Para evaluar la eficiencia del coagulante natural se comparó con el  $Al_2(SO_4)_3$ , en muestras del agua del río Humo, Costa Rica, sim embargo no obtuvieron resultados favorables por lo que utilizaron el coagulante natural de tuna como ayudante (floculante) del sulfato de aluminio, el agua del río presento una turbidez inicial de 17 NTU, 138 UC de color y pH de 7,02, utilizando 7,0 mg/l de  $Al_2(SO_4)_3$  más 22,5 mg/l del mucilago, después del tratamiento se llegó a una turbidez de 1 NTU, 13 UC de color, logrando un porcentaje de remoción con respecto a la turbidez de 95 % y con respecto a la color un 92 %.

Dentro del proceso se utilizó la baba de la tuna obtenida de la extracción de la parte sólida y gelatinosa de sus hojas, posteriormente mezcló con agua destilada y agitó lentamente por el tiempo de 1h, después dejó sedimentar por 30 minutos para luego filtrar por gravedad empleando una tela donde se retuvo las partículas.

Para estimar la concentración de la disolución resultante, se determinó el contenido de humedad de la parte gelatinosa y sólida de la planta desecándola a 60°C hasta lograr peso constante. El contenido de humedad fue del 91% y la concentración de la disolución de trabajo de la tuna de 22,5 mg/l.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

#### **1.3.1. Proceso de Potabilización del Agua**

Este proceso está relacionado directamente a la eliminación de color, turbidez y diferentes tipos de impurezas como compuestos volátiles, que se encuentran dentro del estado natural del agua cruda, para lograr conseguir un agua adecuada y apta para nuestro consumo, (Arocha, 2011, p. 20).

Proceso.

- **Captación y conducción:** esta fase se realiza mediante la toma de agua de diversos sistemas de almacenamiento ríos, diques, lagunas, para ser conducidas a canales abiertos para su posterior tratamiento para agua potable.
- **Coagulación-floculación:** en esta etapa principalmente se ocasiona la separación y una posterior eliminación de partículas coloidales y materia orgánica disuelta del agua, que pueden tener características inorgánicas (arcillas, óxidos metálicos, etc.) Como orgánico (bacterias, virus, algas, etc.).
- **Decantación:** se da mediante la precipitación de floculo, que son los causantes de la formación del lodo.
- **Filtración:** en esta fase el objetivo es extraer todo material o partículas que puedan verse para lograr la clarificación del agua, empleando arena que se usa para obtener un medio poroso.
- **Desinfección o cloración:** la utilización de cloro ayuda a eliminar un gran porcentaje de agentes microbianos y hace más factible el traslado del agua hasta los hogares.

- **Distribución:** y finalmente el agua tratada es bombeada desde la planta de tratamiento a las ciudades.

### **1.3.2. Coagulación**

Este Este proceso es importante en la potabilización de agua, porque actúa directamente en la remoción de partículas suspendidas y coloidales (80 - 90% de remociones), (**Metcalf, 1970**).

La coagulación actúa parcialmente removiendo porcentajes entre (80 – 90%) de bacterias, virus, (**Metcalf, 1970**) y color (**Kelderman Y Kruis, 2001**), logrando una disminución notoria de turbidez en el agua.

Este proceso tiene como finalidad eliminar las partículas en suspensión facilitando su aglomeración.

Desestabiliza un coloide que se produce por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos.

### **1.3.3. Floculación**

En este proceso se emplea productos con características floculantes que actúan con una velocidad lenta de agitación, para permitir la relación entre el color, turbidez y partículas.

La floculación utiliza un mezclado lento para ocasionar una mejor formación de flóculos ya que estos suelen romperse fácilmente si se emplea un mezclado muy rápido impidiendo una formación con la fuerza y tamaño adecuado, por ende esta etapa incide tanto en el aumento de su peso como el tamaño de las partículas del flóculo, permitiendo su decantación.

### **1.3.4. Principales Coagulantes**

#### **1.3.4.1. Coagulantes Químicos**

Los coagulantes metálicos son empleados en la clarificación de aguas, eliminación de DBO y fosfatos. Por su capacidad de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Los más importantes son el:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$  y  $NaAlO_2$ , estos suelen ser muy sensibles a un cambio de pH y al no utilizarse en el intervalo requerido su efecto de clarificación es pobre y pueden solubilizar Hierro (Fe) ó Aluminio (Al) generando inconvenientes, y al utilizar concentraciones excesivas pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana, (**Guzmán et al., 2013**).

- **Sulfato de Aluminio:** funciona en un rango de pH entre 8 y 6, crea floculos pequeños que se remueven fácilmente, su efectividad en aguas con altos porcentajes de contaminantes es muy efectivo, es el químico más empleado para tratar el agua cruda sin necesidad de aditivos. Muchos países lo emplean sin tomar en cuenta que al ser un producto químico produce reacciones negativas en la salud humana ocasionando alergia en los ojos y con un alto grado perjudicial al ser inhalado, además su uso en dosis muy altas ocasiona daños irremediables en la vida acuática, (Quirós et al., 2014).
- **Sulfato Ferroso:** este coagulante tiende a colorear el agua al ser utilizado sin aditivos como el óxido de calcio o cloro, que ayuda a mejorar sus resultados en la eliminación de color y en el intervalo de acción de pH, este producto químico causa la precipitación del Mg y Fe teniendo en cuenta que el ion ferroso es muy soluble.
- **Sulfato Férrico:** por su alta toxicidad este producto no es apto para aplicar en tratamientos para agua potable, es empleado para tratar aguas residuales y en aquellas que tengan niveles altos de hierro su uso genera la formación de grandes floculos que permite su fácil remoción.

#### 1.3.4.2. Coagulante Natural

Son componentes de origen orgánico, extraídos de ciertas variedades de plantas que por sus propiedades pueden ser utilizados como coagulantes, presentando una mínima o nula toxicidad, ya que muchos de estos productos son utilizados en la rama alimenticia con gran porcentaje de proteínas solubles en agua y carbohidratos, (Lee et al., 1995).

La mayoría de estos productos tienen propiedades que los hacen coagulantes o floculantes, actuando con características parecidas a los coagulantes químicos, que sedimentan partículas en suspensión que se encuentra en el agua cruda, contribuyendo en el tratamiento convencional de aguas turbias; obteniendo con su utilización resultados satisfactorios, (Yin, 2010).

- **Moringa (*Moringa oleifera*):** es un coagulante que ha sido trabajado en distintos estudios donde se ha demostrado con resultados satisfactorios que las semillas de Moringa comparadas con el uso de sulfato de aluminio actúan con características similares en el proceso de coagulación, (Ridwan et al., 2011). Lo que hace que

sea un coagulante natural efectivo para tratar aguas superficiales para su posterior disponibilidad que se le quiera dar.

- **Tuna (*Opuntia ficus-indica*):** su coagulante principal es la baba extraída de las pecas o gladiolos de la tuna, ya que estudios anteriores corroboran que esta es la manera correcta de obtener el coagulante, utilizado para eliminar el color en agua superficiales y de río con un 94% de efectividad para el consumo humano. Comparando incluso su desempeño con un floculante catiónico y el coagulante sulfato de aluminio (**Jiménez et al., 2012**).
- **Frijol (*Phaseolus vulgaris*):** su coagulante se obtiene cuando se utilizan soluciones salinas como medio de extracción, en diferentes concentraciones. Las cuales reportan valores altos en actividades de coagulación y concentración de proteína, cercanas al 40% en el extracto crudo, (**Antov et al., 2007**).

#### **1.4. Test de Jarras**

Para el proceso de coagulación-floculación es necesario determinar la cantidad del coagulante a agregar al agua, para ello se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras. La prueba de jarras sirve para determinar las condiciones óptimas es un procedimiento común de laboratorio. Es un equipo que nos da la opción de manipular las dosis del coagulante, aplicando velocidades de mezclado a pequeña escala, con el objetivo de predecir el funcionamiento de una operación a mayor escala de tratamiento. Este ensayo permite simular los procesos de floculación y coagulación para la extracción de materias orgánicas y coloides en suspensión que son los responsables del olor, sabor y turbidez en el agua, (**Abramovich, et al., 2004**).

El equipo de prueba de jarras está compuesto por 6 remos que remueven el contenido de seis envases o vasos, los cuales tienen una medida de 2L o 1L alternativamente, no es recomendable utilizar vasos de medidas más pequeñas de las especificadas anteriormente, para no tener dificultad al obtener precisión en la dosificación de pequeños volúmenes de coagulantes. Se usa un vaso como muestra control, mientras que la condición de funcionamiento puede variar entre los restantes cinco vasos. Cuenta con un medidor de revoluciones por minuto (rpm) el cual ayuda a controlar uniformemente de la velocidad de mezclado en todos los envases, (**Acosta, 2006**).

Condiciones operacionales:

➤ **Mezcla rápida**

Crea turbulencia necesaria en el líquido que contiene en la jarra para que esté en contacto con los reactivos químicos con las partículas coloidales del agua, así se van aglomerando en un corto periodo en menos tiempo.

Los rpm y tiempo que se utilizan en la mezcla rápida es de 1 a 3 min por 30 o 100 rpm y 15 a 60 segundos entre 40 a 60 rpm en el caso que no tenga mezcla definida, (**Acosta, 2006**).

➤ **Mezcla lenta**

La mezcla no debe durar más de 15 min, ya que corre el riesgo de destruir los floc, la mezcla esta entre los 3 a 15 minutos con 20 a 40 rpm. Y la sedimentación son unos 30 minutos, (**Acosta, 2006**).

## **1.5. Marco Conceptual**

### **1.5.1. El Nopal o Tuna (*Opuntia ficus-indica*)**

Es una planta cactácea que también se conoce como Tuna o Cactus que fácilmente se adapta a zonas con escasas de agua. Las hojas poseen una gran cantidad de espinas, presenta un tallo suculento y color verdoso, las flores presentan coloraciones llamativas y sus frutos son pulposos y con un alto grado nutricional, rica en carbohidratos y menor valor proteico (**Nogués et al., 2013**).

Para algunos países el cultivo representa una fuente de ingresos tanto alimenticios y económicos y por ende de estos factores promueven su propagación a nivel mundial, que ha incrementado el valor nutricional como fuente alimenticia en la dieta diaria del hombre. Uno de los países más representativos en el empleo y la producción de la cactácea es México (**Espino et al., 2010**).

Estudios indican que cerca de un 30% de los cultivos de las cactáceas presentes en México presentan altos impactos negativos que ponen en peligro su conservación debido al aumento de la ganadería y agricultura y el desarrollo urbanístico de las zonas rurales (**Padrónpereira, 2012**).

### 1.5.2. Taxonomía

Son plantas, rastreras o arbustivas, suculentas arborescentes, se caracterizan por poseer tallos o cladodios en forma de paletas, que son planos, suculentos y articulados, llamados generalmente pencas, que alcanzan incluso 60-70 cm de longitud, contiene areolas que son las yemas presentes sobre ambas caras del cladodio, las cuales presentan en su cavidad espinas, Se han detallado hasta la fecha 2,000 especies y 125 géneros, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, **(Agüero et al., 2005)**.

Nombre común: Tuna

Nombre científico: *Opuntia ficus-indica*

Género: Opuntia

Familia: Cactáceas

### 1.5.3. *Opuntia ficus-indica* en el Perú

La tuna es una cactácea que esta extensamente repartida en el Perú, esencialmente en los valles interandinos en los cuales ha encontrado la estabilidad para su desarrollo, teniendo en cuenta que son productos de esencial importancia en los sistemas agro-pastoriles de los Andes peruanos, **(Piña, 1981)**.

Sus frutos son utilizados como alimento tanto para los campesinos como pobladores locales, a partir de estos frutos se preparan bebidas y mermeladas que son comercializados en los principales mercados del país. Sus tallos sirven para la instalación de cercos vivos además de ser usados en épocas de sequía como forraje para el ganado, y un uso final a partir de las plantas muertas sus restos sirve para producir abono orgánico, **(Granados et al., 1991)**.

Es empleada también para hospedar a la cochinilla, insecto responsable de producir carmín, pigmento natural conocido por sus usos en la industria alimenticia, textil y farmacéutica; convirtiéndolo al Perú como primer productor, por contar con grandes producciones de tuna a nivel mundial actividad que se desarrolla principalmente en zonas de Ayacucho, contribuyendo con el 85 y 90% de la demanda internacional **(Rodríguez et al., 2004)**.

En los últimos años según investigaciones que lo sustentan, en el Perú se está utilizando la tuna, como coagulante natural para tratar aguas superficiales, esencialmente porque

actúan sin resultados negativos en la salud humana ni efectos secundarios en el cambio de los parámetros del agua.

#### **1.5.4. Producción de Tuna en el Perú**

Los departamentos de Lima con 14%, Arequipa con un 15%, Huancavelica 15%, Ayacucho con el 20%, son los autores principales de la producción de la tuna en el Perú aportando al alrededor del 66 % del total de la producción a nivel nacional (**Agrodata, 2013**).

A excepción de los productores de Ayacucho y Lima y que venden en el mercado limeño y marginalmente en el exterior, la mayoría del producto se produce para el consumo regional. En el Distrito de San Cristóbal con 1 167 Toneladas, se encuentra la mayor producción a nivel nacional que es más del 50 % que da la producción de la Región Moquegua, (**DRAM, 2014**).

#### **1.5.5. Variedades**

- Tuna amarilla: Proviene de plantas con tamaño de 2 a 3 m. Sus pencas tienen 15 - 25 cm de diámetro. Son resistentes a plagas y enfermedades. Esta es la mejor tuna para la producción de cochinilla.
- una Blanca: Proviene de una planta con 1.5 - 2.5 m de altura, flores color amarillo claro, pencas de 20 - 25 cm de diámetro. Es una planta susceptible a plagas y enfermedades. Sus frutos son color verde claro, muy jugoso, dulce, cristalino. Es el fruto de mayor aceptación.
- Tuna Morada Proviene de una planta con altura superior a los 3 metros. Sus flores son de color violeta. Tiene buena calidad de fruto.

#### **1.5.6. Capacidad de Producción**

El departamento de Lima maneja la mejor tecnología para una mejor productividad de tuna logrando rendimientos entre 4 y 11 tn/he. Ya que cuenta con más de 10,000 hectáreas de tierras aptas para la siembra de tuna.

### 1.5.7. Mucílago de la *Opuntia ficus-indica*

Las cactáceas se caracterizan por producir un hidrocoloide conocido como mucílago, está compuesto por polímeros complejas de naturaleza carbohidrato que de acuerdo a **Trachtenberg y Mayer (1981)** contienen proporciones de: Arabinosa, Galactosa, Ramnosa, Xilosa y Ácido Galacturónico”, todos estos monosacáridos forman un polisacárido que es similar a la pectina, este componente es mencionado por su importancia fisiológica y por ser el principal responsable de coagulación, ya que permite el encapsulamiento y separación de los sólidos disueltos del agua. Es extraído de la piel, pulpa y cladodios de la fruta, aunque en diferentes proporciones.

Según estudios realizados por **Saenz y Sepulveda (1993)** indican que el rendimiento de mucilago en la mayoría de casos es bajo: 1,2 % en los cladodios y 0,5 % en la cáscara y de la Tuna. Estos hidrocoloides además forman parte de diferentes variedades de agentes espesantes de extenso uso en la industria farmacéuticas y de alimentos.

Su poder viscosante sigue siendo en la actualidad estudiado por **Cárdenas et al., (1997); Medina et al., (2000); Sepúlveda, et al., (2003)** con buenos resultados, que realzan sus propiedades como goma que llegaría a competir con productos iguales de gran uso como la goma de garrofin y guar entre otros agentes espesantes por lo que se requiere mejorar los métodos para su extracción.

Esta goma puede:

- (1) formar gotas de aceites pequeñas;
- (2) reducir la tensión interfacial e superficial;
- (3) absorber hacia la interface aceite-agua sin contribuir a la viscosidad de los sistemas;
- (4) estabiliza emulsiones del tipo aceite-agua;
- (5) ayuda a que los sistemas no floculen.

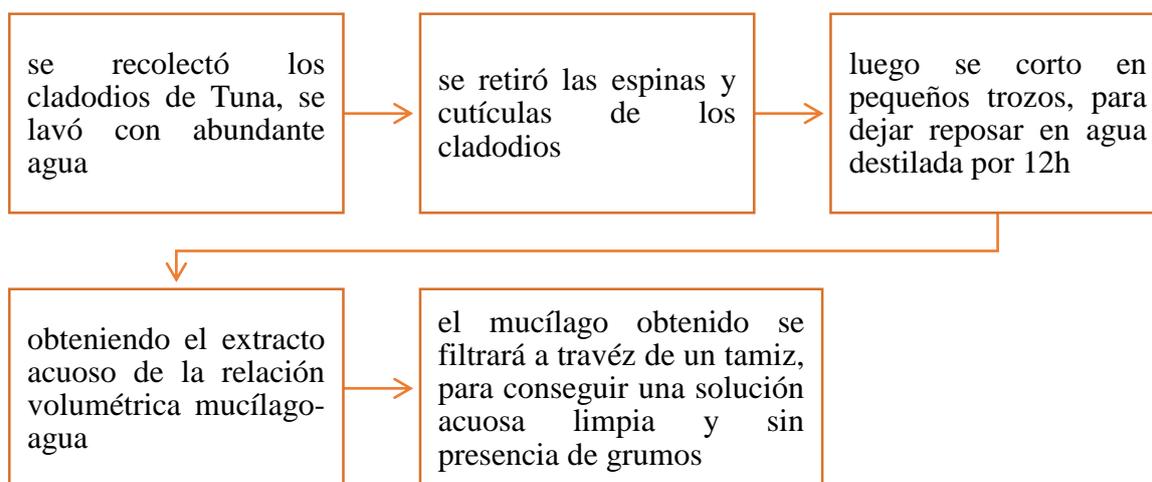
### 1.5.8. Composición química del mucílago

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
L-Arabinosa	24.6 - 42
D-Galactosa	21 - 40.1
L-Ramnosa	7 - 13.1
D-Xilosa	22 - 22.2
Ácido D-Galacturónico	8 - 21.7

Fuente: Saenz, (2004)

### 1.5.9. Descripción de cada una de las etapas de la extracción del mucílago

Ver anexo 6: panel fotográfico (fotografía N° 6 – 11)



### 1.5.10. Calidad del Agua cruda

Las fuentes más comunes para el agua potable son: aguas superficiales y aguas subterráneas, como es el caso de lagos, presas artificiales y ríos. La contaminación de agua va depender de diversos factores teniendo en cuenta su ubicaciones podemos identificas

que en la parte baja de un río en estuarios o zonas costeras pueden estar más degradados a comparación de las zonas altas que se encuentra normalmente río arriba y en mar abierto.

Dentro de los contaminantes más predominantes están los plaguicidas, los dieciséis materiales que consumen oxígeno, sedimentos en suspensión y los nutrientes, teniendo en cuenta que son problemas situados en algunas casos ya que a comparación de aguas que contienen gran porcentaje de materiales radioactivos o concentraciones de sales que representan otro problema de contaminación en muchos lugares, (Montoya et al., 2011).

#### **1.5.11. Características Físicas**

Las cualidades físicas del agua, denominadas así porque pueden ser notorias directamente para los sentidos (vista, olfato y gusto), pueden ayudar a una definición indirecta de episodios de contaminación en el medio hídrico, independiente a la aportada por los contaminantes químicos o biológicos detectados también en él. “Muchos de los parámetros como son el sabor, el olor, el color y la turbidez, son tomados como referencia en esta categoría, pero no siempre pueden considerarse por separado de la composición química, (Sanchez, 1996)

- **Turbiedad**

La turbiedad en el agua puede ser ocasionada por partículas de arcilla que puede ser resultado de la erosión del suelo, crecimiento bacteriano o algas, que ocasionan que estos líquidos diseminen un haz luminoso. En el proceso de medición de turbidez se emplea las Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), y se usa como instrumento un turbidímetro o nefelómetro, (Severiche et al., 2013).

La Turbidez se ocasiona principalmente por la presencia de arcillas en dispersión, la cual contiene gran diversidad de compuestos, pero en general se refiere a la tierra fina (0,002 mm de diámetro de grano o menos), a veces coloreada, que adquiere flexibilidad al mezclarse con limitadas cantidades de agua. Químicamente son silicatos de aluminio con fórmulas bastante complejas, (Montoya et al., 2011).

- **Conductividad Eléctrica**

La conductividad es la habilidad de una sustancia para conducir corriente eléctrica, sus unidades de medida más usados son expresados en micromhos/cm, y en el sistema internacional de unidades (SI) el siemens o microsiemens. Al referirnos a un agua

químicamente pura esta tiende a contener un rango bajo de conductividad eléctrica, cuyo valor refleja una significancia puramente teórica, (Torrelavega, 1996).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH contribuye al cálculo del número de iones de hidrogeno presentes en el agua, para análisis de pH se toma en cuenta una escala a partir de 0 a 14, valores que representan estados diferentes según sus números, hablando en una escala 7, la sustancia se encontraría en un estado neutro que indica que el número de los átomos de oxhidrilo (OH-) e hidrogeno (H+) son iguales, los valores de pH por encima de 7 indican que es básica y valores de pH que se encuentran debajo de 7 indica que es una sustancia ácida, que refleja que el número de átomos de (H+) excede al número de átomos del (OH-).

### **1.5.12. Características Químicas**

La gran mayoría de productos o compuestos químicos que están presentes en el recurso hídrico son dañinos y perjudiciales para la salud de las personas; tales compuestos pueden ocasionar daños si se consume constantemente. Para controlar y medir la presencia de dichos químicos se ha establecido valores de referencia que se debe cumplir para proporcionar una mejor calidad de agua, apta para nuestra utilización sin riesgo alguno; teniendo en cuenta que estos parámetros van a cambiar dependiendo al origen de las fuentes de agua siendo preciso el análisis de estas antes de ser utilizadas (ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, 2005 PÁG. 23).

- **Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

Es el parámetro de contaminación orgánica, que resulta de la descomposición de tres tipos de materiales: compuestos químicos reductores que se oxidan con el oxígeno disuelto el nitrógeno oxidable (nitrosomas y nictrobacter) y materiales orgánicos carbónicos (microorganismos aerobios).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO está relacionada con la DBO ya que ambos determinan la presencia de materia orgánica en el agua cruda, los valores de la DQO tienden a ser altos ya que realizan una oxidación química con ayuda del dicromato de potasio que no necesariamente son biodegradables realizando una acción microbiológica mas no biológicamente, por ende no puede determinar una oxidación bioquímica en un cuerpo hídrico.

### **1.5.13. RÍO LA LECHE**

El río La Leche, nace a la altura de Mochumi Viejo-Pitipo, de la confluencia del río Moyan, que viene de las alturas de Incawasi – Uyurpampa, y del río Sangana, que viene de los andes de Miracosta-Chota.

Geográficamente el valle La Leche está ubicado en la región y departamento de Lambayeque, provincias de Lambayeque y Ferreñafe. su ubicación geográfica está entre los paralelos 06°08' y 06°41' latitud sur y los meridianos 79°11' y 80°10' de longitud oeste.

#### **1.5.13.1. Climatología.**

Por su localización geográfica el valle La Leche le corresponde un clima Templado – Cálido en la parte baja y media, y Frío – Seco en la parte alta de la cuenca.

Los promedios anuales de temperatura están alrededor de los 23°C, estableciendo máximas que se sitúan en torno a los 30°C y mínimas que lo hacen en torno a los 18°C.

Las precipitaciones son muy escasas; nula en los meses de invierno, ocurriendo sus máximos valores durante la estación de verano, que es época de máximas avenidas con un promedio anual de 52 mm; a excepción de épocas en que el fenómeno del Niño “tropicalizan” la región con precipitaciones excepcionales.

La humedad relativa es muy variable a lo largo del día, registrándose los mayores niveles en las horas de madrugada con un 90% aproximado, en las mañanas y alrededor del mediodía se registran los mínimos valores con un aproximado del 50%.

En forma general su climatología está influenciado por la corriente marítima de Humbolt.



*Imagen satelital del río La Leche entre su extremo aguas arriba (flecha roja) y aguas abajo (flecha azul).*

*Fuente: Google Earth.*

El distrito de Pacora, se encuentra en el valle del río La Leche es abastecido por las aguas del río del mismo nombre que es trasladado a sus Centros Poblados a través del canal Nuevo Magdalena suministrando agua a 3,726.14 Ha, (**JUNTA DE USUARIOS VALLE LA LECHE ILLIMO – LAMBAYEQUE, 2014**).

### **1.6. Formulación del Problema**

¿Cuál sera la dosis óptima de mucilago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río La Leche – Lambayeque?

### **1.7. Justificación del Estudio**

Al referirnos a la calidad del agua, puntualizamos en la medida en que este recurso vital se ve dañado por vertimientos de sustancias producidas por actividades realizadas por los seres humanos o por sucesos naturales.

Para calificar a un agua de buena o mala calidad, es importante tener en cuenta el uso que se le dará, ya que los parámetros varían según la utilidad que se le dé, para consumo humano, para recreación, para uso agrícola o industrial, teniendo en cuenta la importancia de este recurso etc.

Los parámetros del agua se ven afectados por diversos actores como, la lluvia, descarga de procesos productivos vecinos, alteraciones del clima, descargas de desechos domésticos, etc. Por todas estas razones pueden ocasionarse problemas en la confiabilidad de esta.

Para **Olivero et al., (2013)** el Sulfato de Aluminio o alumbre, es el coagulante químico más empleado para tratar aguas para consumo.

Sin embargo, una concentración de Sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) mayor a 0,1 mg/l en el agua ocasiona riesgos en la salud como la demencia, el mal de Alzheimer, diferentes tipos de cáncer y enfermedades óseas, (**Parra et al., 2011**).

Estos productos químicos generan altos porcentajes de lodos que ocasionan daño directo en el suelo y agua por su ecotoxicidad y el hecho de que afecta el pH del agua tratada, (**Miller et al., 2008**); (**Yin, 2010**).

Por lo anterior, surge como alternativa para sustituir o minimizar el uso del Sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), en este caso el empleo de coagulantes que son extraídos de especies vegetales como la Tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Una de las ventajas principales de emplear productos naturales para tratar el agua es que las sustancias que contienen son comestibles lo que hace que su presencia en el efluentes no genere ningún riesgo peligroso para los seres vivos, (**Fuentes et al., 2011**).

Los lodos generados por los coagulantes de especies vegetales son altamente biodegradables y se hace imprescindible, teniendo en cuenta las condiciones económicas actuales de muchos, (**Guardián y Coto, 2011**).

“El Perú cuenta actualmente con 18 mil hectáreas de tuna ubicadas en Ayacucho, Arequipa, Apurímac, Lima (Huarochirí), Áncash, Huánuco, Lambayeque, Cajamarca” (**SEGÚN LA DIRECCIÓN GENERAL AGRÍCOLA (DGA), 2017**).

Por tal motivo esta investigación es un aporte importante científico, académico y social ya que se cuenta con la disponibilidad del recurso haciendo factible el desarrollo de la

investigación que contribuirá en la minimización del impacto negativo de los coagulantes químicos, y generando una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente.

### **1.8. Hipótesis**

H1: Una de las dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica* mejorara de forma significativa la calidad del agua del río La Leche, Lambayeque.

### **1.9. Objetivos**

#### **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.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar la calidad del agua del río La Leche mediante análisis físico - químicos.
- Aplicar las cuatro dosis diferentes del mucilago de *Opuntia ficus-indica* para tratar el agua del río La Leche.
- Analizar la calidad del agua después de haber aplicado el coagulante del mucilago de *Opuntia ficus-indica*.
- Evaluar cuál de las cuatro dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica* fue más eficiente según los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua superficiales destinadas a la producción de agua potable establecido por el D.S N° 004-2017-MINAM.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de Investigación**

- Diseño experimental
- Tipo Cuasi experimento

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Variable Independiente:**

- Dosis del Mucilago de *Opuntia ficus-indica*

### **Variable Dependiente:**

- Calidad de agua

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
V-I. Dosis del Mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i>	El coagulante natural extraído del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> puede emplearse en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias, debido a su poder coagulante por sus compuestos algínicos derivados del almidón que le da una capacidad para remover 50% del color y 70% de turbidez, sin afectar el pH del agua tratada presentando una mínima o nula toxicidad	Se utilizó la prueba de jarras para 5 muestras de 800 ml de agua recolectadas del rio La Leche. Para cada muestra se utilizará diferentes dosis del mucilago de tuna, como coagulante natural para observar que dosis obtendrá mejores resultados en el tratamiento de agua.	- Concentraciones del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i>	0 ml/ml 25 ml/ml 50 ml/ml 75 ml/ml 100 ml/ml

<b>VARIABLES</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Rango</b>
V-D. Calidad del Agua	<p>Para obtener la calidad del agua se cuando nos realizaran análisis referimos a la calidad del agua es un término abstracto, yaqué su sentido práctico adquiere al asociarlo a un determinado uso, para lo cual se establecen valores según sus parámetros que deben cumplir.</p>	<p>Para obtener la calidad del agua se cuando nos realizaran análisis referimos a la calidad del agua es un término abstracto, yaqué su sentido práctico adquiere al asociarlo a un determinado uso, para lo cual se establecen valores según sus parámetros que deben cumplir.</p> <p>Para obtener la calidad del agua se cuando nos realizaran análisis referimos a la calidad del agua es un término abstracto, yaqué su sentido práctico adquiere al asociarlo a un determinado uso, para lo cual se establecen valores según sus parámetros que deben cumplir.</p>	<p>- Parámetros físicos</p> <p>- Parámetros químicos</p>	<p>- Turbiedad</p> <p>- Conductividad eléctrica</p> <p>- pH</p> <p>- DQO</p> <p>- DBO</p>	<p>NTU</p> <p>µS/cm</p> <p>mg/L O2</p> <p>mg/L</p>	<p>&lt;100</p> <p>&lt;1600</p> <p>&lt;5,5 – 9,0&gt;</p> <p>20</p> <p>5</p>

### **2.3.Población y muestra**

#### **Población:**

- ✓ aguas del río La Leche, Distrito de Pacora, Lambayeque

#### **Muestreo**

- ✓ No probabilístico, muestra por conveniencia – sistemático

#### **Muestra**

- ✓ Se tomaron 5 muestras de agua de un solo punto del río La Leche de 800 ml por jarra para las diferentes dosis de coagulante.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

#### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

2.4.1.1. **Técnicas de fichaje:** Permitió recopilar toda clase de información teórica – científica esta técnica de recolección de datos ayudo a estructurar el marco teórico para tener una mejor orientación y eficacia en el trabajo de investigación.

#### **Los tipos de fichas que se emplearon fueron:**

- **Fichas textuales:** Sirvió para la transcripción literal de contenidos de la versión original de más interés.
- **Fichas bibliográficas:** Se utilizó para recopilar datos de suma importancia de los diversos libros, que me sirvieron para desarrollar una mejor investigación.
- **Fichas de resumen:** Permitió sintetizar y recabar los contenidos teóricos de fuentes escritas relacionadas a la investigación.
- **Fichas de comentario:** Sirvió para anotar algunos comentarios importantes de las investigaciones con respecto a la información que se recopile.

### 2.4.1.2. Técnicas de Campo

Se empleó técnicas de observación; fichas de trabajo y diferentes instrumentos necesarios para llevar acabo las actividades de recolección de datos de campo e información necesaria para la presente investigación. Que sirvió para el reconocimiento del área de estudio

Técnica	Instrumento
Reconocimiento del lugar de estudio y punto del río La Leche, donde se recolectó las muestras de agua.	GPS, cámara fotográfica, libreta de campo, lapiceros.
Recolección de muestras de agua del río La Leche, Pacora – Lambayeque.	Frascos esterilizados, caja de refrigeración, mascarillas, guantes, bata.
Análisis de muestras del agua del río La Leche, Pacora – Lambayeque.	Equipos de laboratorio, agua destilada, reactivos.
Interpretación de resultados, sobre la eficiencia del coagulante de mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Ficha Técnica de Recolección de Datos de parámetros de Aguas Crudas, bibliografías.

Elaboración propia

### **2.4.1.3. Análisis fisicoquímicos de las muestras**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua, es uno de los aspectos importantes en el control del cumplimiento de su calidad y también para el estudio de las posibles irregularidades.

#### **Método para la Turbiedad**

El método que se empleó para determinar la turbiedad en un análisis de agua es la Nefelometría.

- Instrumentos

El instrumento que se utilizó es el Turbidímetro, marca HANNA - HI83414.

- Materiales
  - Toallas (para secar)
  - Frasco lavador
  - Frascos de almacenamiento
  - Agua destilada
- Reactivos
  - Estándar de calibración de turbidez
- Procedimiento
  - Se calibro el instrumento.
  - Luego de calibrar el turbidímetro con los estándares requeridos, se analizó la muestra de agua del río La Leche (en un frasco de vidrio 10 ml).
  - Se espera que se estabilice los valores para Leer los resultados.

#### **Método para Conductividad Eléctrica**

Se empleó el método Electrométrico.

- Instrumento
  - Conductímetro
- Materiales
  - Agua destilada
  - Vasos de precipitación (100 ml)
  - Frasco lavador
  - Toallas (para secar los electrodos)

- Reactivos
  - Cloruro de potación. (solución patrón)
- Procedimiento
  - Se calibro el equipo con una solución patrón con conductividad conocida.
  - Luego de calibrarse se lava los electrodos con bastante agua destilada, se seca.
  - Y posteriormente se pone la muestra de agua tomada del río La leche con un agitador magnético.
  - Esperar que se estabilice la lectura, para obtener resultados.

### **Método para el Potencial de Hidrogeno (pH)**

Para el pH se utilizó el método Electrométrico.

- Instrumento
  - pHmetro (BUFFER 7,4.1,10.1), marca HANNA - HI 98194
- Materiales
  - Vasos de vidrio.
- Reactivos
  - Soluciones de pH
- Procedimiento
  - Se calibró el electrodo con disoluciones patrón de pH conocido. Se coloca sobre la muestra el pHmetro, luego se procede a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice.

### **Método para Demanda Biológica de Oxigeno (DBO)**

Se utilizó el método OD (5 días), por incubación.

- Instrumento
  - Oxímetro, marca HANNA - HI 9146.
- Materiales
  - Reactivos de Tampon Fosfato
  - Reactivo de Sulfato de Magnesio
  - Reactivo de Cloruro Férrico
  - Reactivo de Cloruro de Calcio
  - Botellas Winkler de 300 ml

- Procedimiento
- Se forran las botellas winkler para depositar las muestras de agua luego se le agrega el agua de dilución que se preparó con agua destilada y los 4 reactivos 1 ml de cada uno, se agita para mezclar, luego se hace una aireación constante para que se sature de aire el agua de las diluciones por dos horas, luego se hace una medición con oxígeno disuelto para medir el oxígeno disuelto inicial y se pasa al proceso de incubación por 5 días pasado este tiempo se mide el oxígeno disuelto final y mediante una formula se saca la DBO.

### **Método para Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Se utilizó el método de dicromato.

- Instrumento
  - Fotómetro, marca HANNA – HI 83099
- Materiales
  - Vasos de vidrio
  - Tubos de ensayo
  - Pipeta
  - Jeringa volumétrica
- Procedimiento
  - Primero se identificó el rango según el tipo de agua que tenemos en este caso fue de rio, por lo que se utilizó un rango bajo, se colocó 2 ml de la muestra de agua a tratar que se agregó al vial de rango bajo, se agito para colocar al reactor por 150°C por un periodo de dos horas, luego se deja enfriar un poco para pasar a medir en el fotómetro, para anular cualquier medida anterior se mide primero el blanco (agua destilada), luego se pone el vial con la muestra para saber los resultados.

### **Prueba de jarras**

La prueba de jarras marca PHIPP & BIRD, se utilizó para encontrar la cantidad correcta de coagulante para tratar un agua específica, dentro del proceso de floculación y coagulación.

- Materiales
  - Agitador de laboratorio
  - Vasos de vidrio de 800 ml

- Pipeta
- Procedimiento
  - Antes de utilizar el test de jarras, se verificó que todas las jarras estén centradas.
  - Se Programó la agitación del test de jarras se utilizó, una velocidad rápida de 150 rpm por 5 minutos y una agitación lenta de 20 rpm por 20 minutos.
  - Luego se colocó a cada jarra 800 ml de las muestras tomadas del agua del río La Leche del Distrito de Pacora, en los vasos.
  - Con la ayuda de una pipeta se colocó a cada jarra con la muestra del agua a tratar, las diferentes dosis de coagulante de tuna (*Opuntia ficus-indica*).
  - Y se dio inicio a la programación que se hizo anteriormente al test de jarras con la velocidad y tiempo necesario para determinar que dosis de coagulante será mejor.
  - Una vez que ha pasado el periodo de agitación, se dejó reposar las muestras por 2 horas para que el floculó se sedimente al fondo de la jarra.
  - Luego se filtró el sobrante en un filtrador al vacío, para su posterior análisis y la determinación de los resultados.

#### **2.4.1.4. Validez y Confiabilidad**

La autenticidad y verificación de los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación, fue validada por el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología de la Universidad Cesar Vallejo filial Chiclayo, y el ingeniero a cargo.

### **2.5. Métodos de análisis de datos**

#### **2.5.1. Método Lógico.**

Para la elaboración del diagnóstico fue necesario procesar los resultados de las muestras de agua del río La Leche, Pacora - Lambayeque. Se recolecto 5 litros de agua, de la cual se utilizó 800 ml para cada dosis diferente de mucilago y para la prueba control.

Se midió turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno, DQO y DBO; que permitió el análisis de los datos al mismo tiempo sirvió para contrastar las hipótesis obteniendo los resultados, para la estimación del grado de eficiencia del mucilago de *Opuntia ficus-indica* para tratar el agua del río La Leche.

### 2.5.2. Técnica de Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos Se utilizó tablas y gráficos que fueron procesados con el programa Office Excel.

### 2.6. Aspectos éticos

Los resultados del presente trabajo de investigación son fiables, se respetó las ideas de los autores que se han tomado como referencia en mi investigación; así como la toma de muestras, estudios de laboratorio, validez de instrumentación, se realizó en un laboratorio eficiente y responsable.

## III. RESULTADOS

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico sobre el estado natural de las aguas del río La Leche, ubicado en el Distrito de Pacora Departamento de Lambayeque. Se determinó la calidad del agua mediante los parámetros: potencial de hidrogeno (pH), turbiedad, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO).

**TABLA 1:** *Valores de los parámetros fisicoquímicos de la muestra control del agua del río La Leche.*

Muestra control	Turbidez NTU	Conductividad		DBO mg/L	DQO mg/L
		Eléctrica mS/cm	pH		
1°	60	0.401	8.17	299	253.5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 1 se puede observar la calidad natural del agua del río La Leche según los valores de sus parámetros fisicoquímicos, presento una conductividad eléctrica baja de 0.401 mS/cm, su pH de 8.17, indica que está dentro de un pH neutro, con 299 mg/L de demanda biológica de oxígeno (DBO) indica grandes porcentajes de materia orgánica presentes en el agua y según su demanda química de oxígeno (DQO) de 253.5 mg/L presenta valores altos de sustancias susceptibles de ser oxidadas, tuvo un valor de turbidez bajo de 60 NTU, valores que indican que directamente no puede ser utilizada para el

consumo humano, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua potable establecido en el D.S N° 004-2017-MINAM.

**TABLA 2 :** Valores de los parámetros fisicoquímicos del mucilago de *Opuntia ficus-indica*.

Mucilago de <i>Opuntia ficus- indica</i> ml	Turbidez NTU	Potencial de Hidrogeno
250	60.7	5.027

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del mucilago de *Opuntia ficus indica* en relación mucilago-agua, presenta un pH ácido de 5.027 debido a que estos polímeros acumulan en sus vacuolas de sus células ácido orgánico, la turbidez fue de 60.7 NTU presentando un color verdoso.

**TABLA 3:** Valores de los parámetros del agua del río La Leche después de utilizar el coagulante natural.

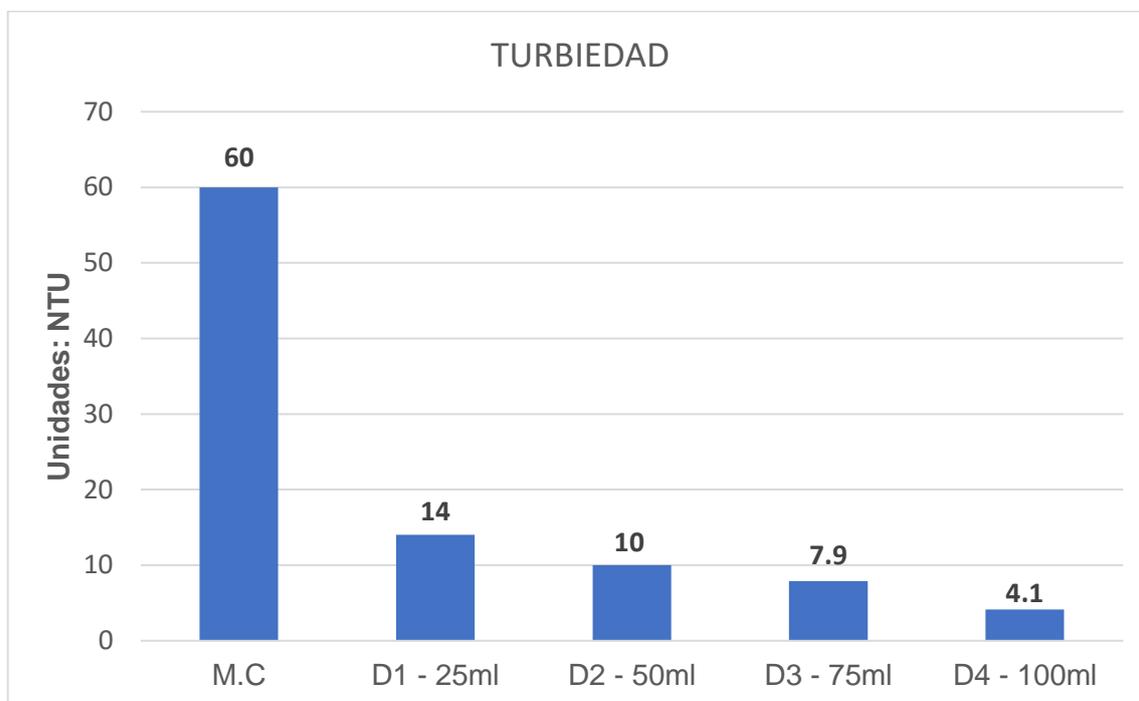
Dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> ml	Turbiedad NTU	Conductividad Eléctrica mS/cm	pH	DQO mg/L	DBO mg/L
25	14	0.306	7.90	239	198.5
50	10.0	0.420	7.59	155	165
75	7.90	0.382	7.47	138	74
100	4.10	0.495	7.44	84	24.54

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 3 se muestran los resultados obtenidos después de aplicar el coagulante, en el proceso de tratamiento se utilizó diferentes dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica*, los ensayos se desarrollaron a escala de laboratorio aplicando la prueba de jarras con una agitación rápida de 150 revoluciones por minuto (rpm) por 5 minutos y una agitación lenta

de 20 rpm por 20 minutos, luego se dejó reposar la solución por 2 horas pasado este tiempo se filtró el agua y se procedió a su posterior análisis.

**GRÁFICO N° 1:** Valores del parámetro físico del agua: Turbiedad.



**Interpretación:** en el gráfico N° 1, se muestran los valores obtenidos de la prueba control y las 4 dosis diferentes de coagulante del mucilago de *Opuntia ficus-indica*.

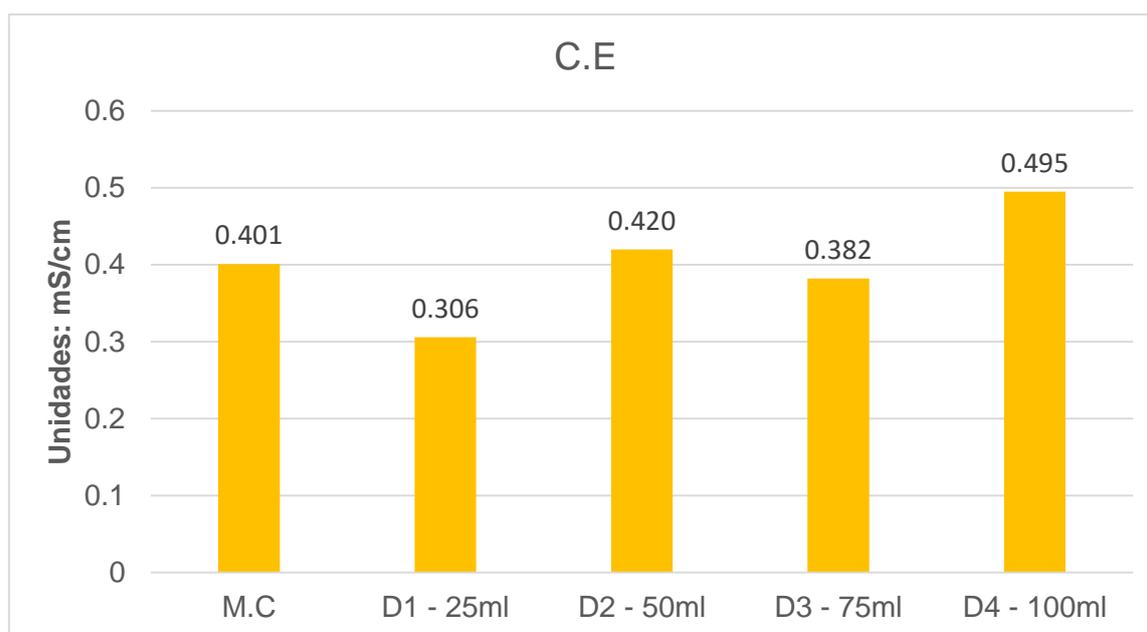
La muestra control (M.C) presento un valor bajo de turbidez de 60 NTU esto se debió a que las muestras de agua fueron tomadas en el mes de octubre temporada de escasas lluvias, por lo tanto la presencia de partículas en suspensión en el agua son menores, y como se observa en el grafico después de la aplicación de las diferentes dosis de coagulante mientras la dosis sea mayor se logra mejores resultados, ya que a mayor cantidad de mucilago se facilita la aglomeración de partículas coloidales llegando hasta un valor mínimo de 4.1 NTU con la dosis 4 de 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica*.

**TABLA 4:** porcentaje de remoción de turbidez de las diferentes dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica*

Dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> ml	Porcentaje de remoción de Turbidez %
25	75
50	81,6
75	85
100	91,5

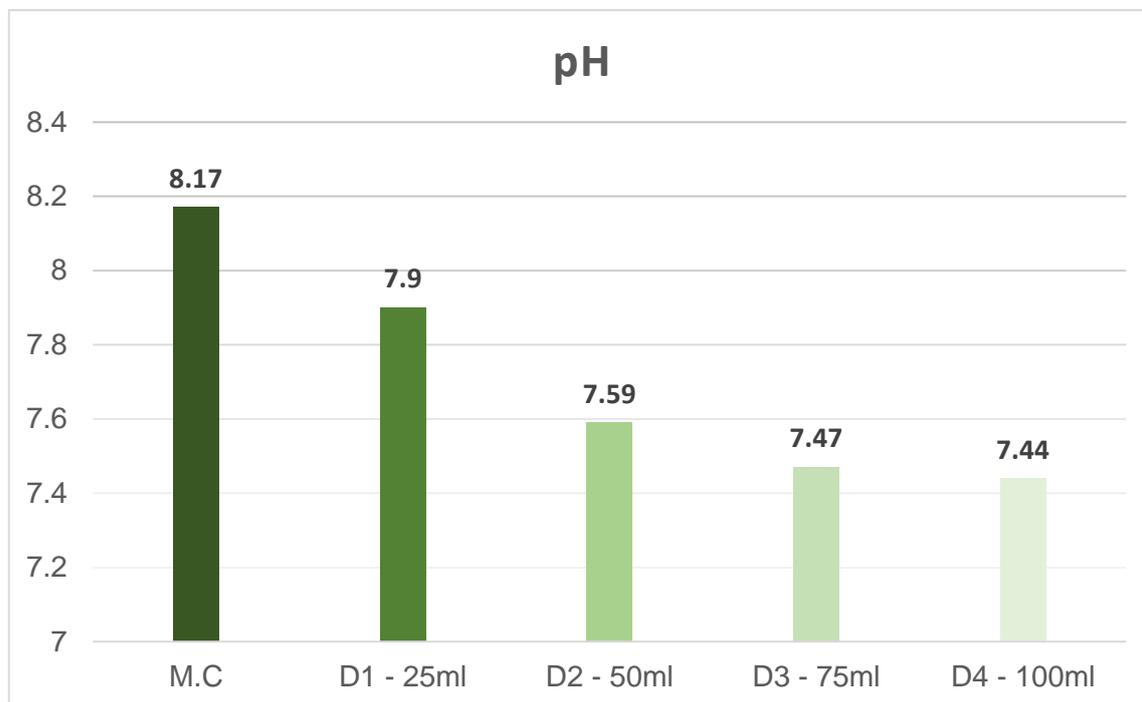
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 2:** Valores del parámetro físico del agua: Conductividad Eléctrica



**Interpretación:** en el gráfico N° 2, se muestra los resultados obtenidos de la Conductividad Eléctrica (C.E) de la muestra control (M.C) y después de haber utilizado las 4 dosis diferentes del coagulante natural de mucilago de *Opuntia ficus-indica* (D1, D2, D3, D4), como se observa en el grafico la C.E inicial fue de 0.401 mS/cm que indica una presencia baja de iones en el agua, luego de aplicar las diferentes dosis de coagulante vario los valores, a mayor cantidad de mucilago tiende a ascender la C.E debido a que se satura, con la dosis de 100 ml la C.E fue de 0.495 mS/cm mayor que la muestra control.

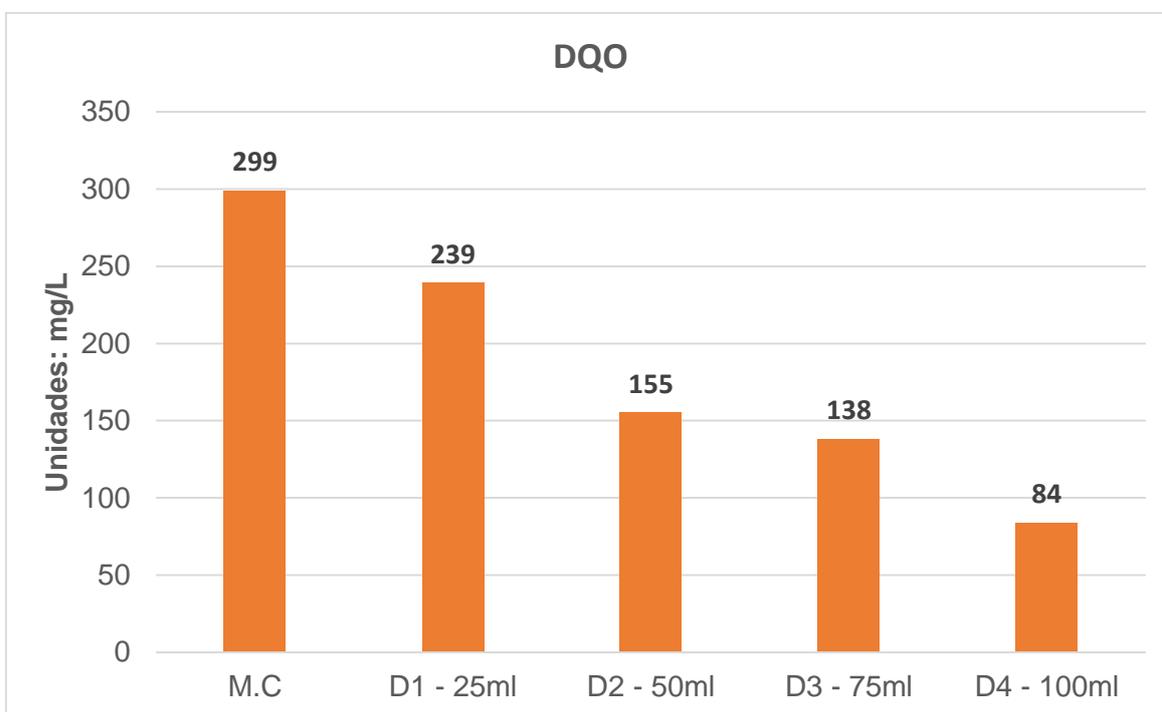
**GRÁFICO N° 3:** Valores del parámetro físico del agua: Potencial de Hidrogeno (pH)



**Interpretación:** en el gráfico N° 3, se muestran los resultados del Potencial de Hidrogeno (pH) de la muestra control (M.C) del agua del río La Leche Lambayeque y después de haber aplicado el tratamiento con las dosis diferentes de coagulante.

El pH según su escala varia de (0 - 6) se considera un pH ácido, (6,5 - 8,5) pH neutro indicando un agua pura y (8 - 14) un pH alcalino; según nuestros resultados nuestra M.C presento un pH neutro con (8.17), y conforme aplicamos las diferentes dosis de mucilago de *Opuntia ficus-indica* fue disminuyendo pero manteniéndose en pH neutro.

**GRÁFICO N° 4:** Valores del parámetro Químico del agua: Demanda Química de Oxígeno



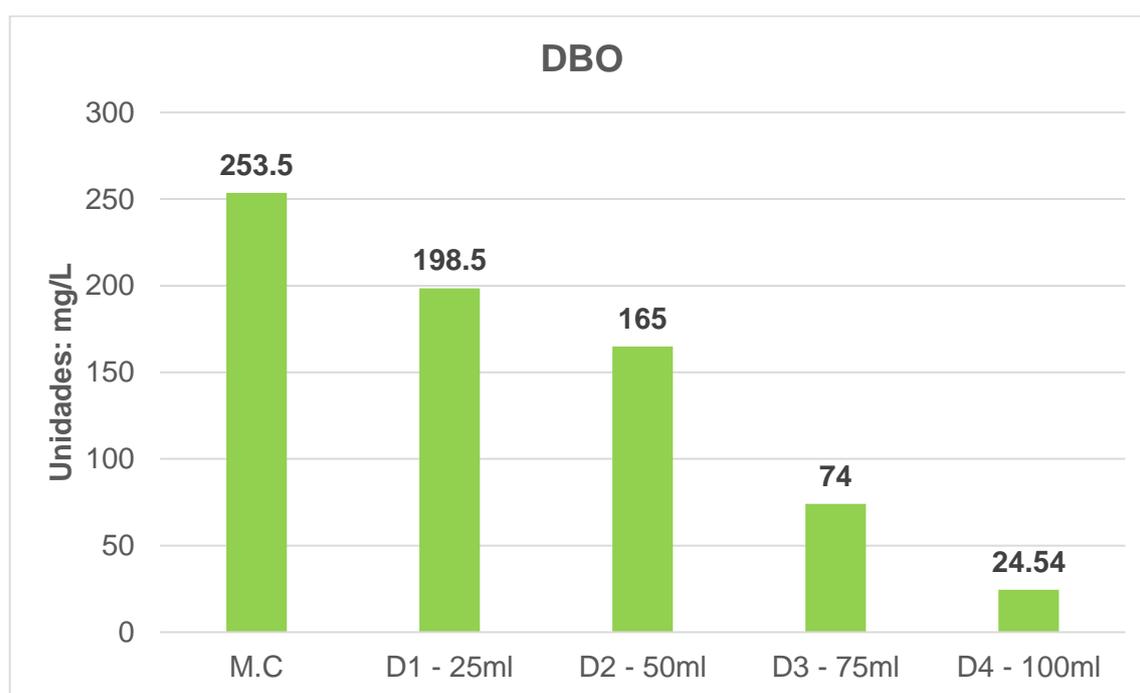
**Interpretación:** en el gráfico N° 4, se muestran los resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las muestras de agua del río La Leche, Lambayeque antes y después de aplicar las diferentes dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica*; como se muestra en la gráfica la muestra control (M.C) tuvo una DQO inicial de 299 mg/l, indicando un alto porcentaje de materia orgánica y después de la aplicación de las dosis de coagulante se observa la disminución de la DQO conforme la dosis va aumentando: con 100 ml de mucilago llega a 84 mg/L de DQO.

**TABLA 5:** porcentaje de remoción de la DQO de las diferentes dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica*.

Dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> ml	Porcentaje de remoción de DQO %
25	20
50	48
75	54
100	72

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 5:** Valores del parámetro Químico del agua: Demanda Biológica de Oxígeno



**Interpretación:** en el gráfico N° 5, se muestran los resultados obtenidos de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) realizada a las muestras de agua del río La Leche, Lambayeque, después de 5 días de incubación a 20°C y en ausencia de luz; como se observa en el gráfico el análisis de la muestra control que se realizó antes del tratamiento con las diferentes dosis del mucilago de *Opuntia ficus-indica*, determino un valor inicial alto de DBO de 253.5 mg/l, los resultados obtenidos después del tratamiento con el mucilago se observó la disminución de la DBO usando 100 ml de mucilago que es la

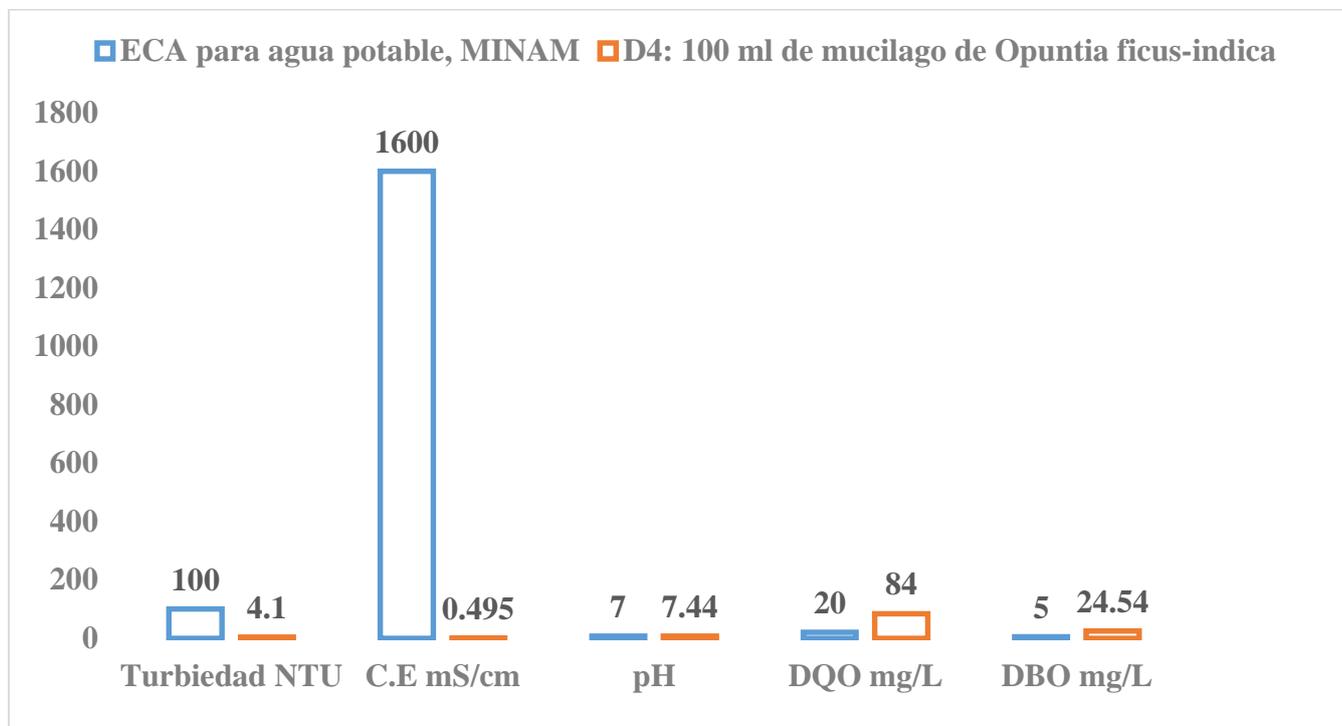
mayor dosis de coagulante, reduciendo a un 24.54 mg/l la DBO, lo que indica la cantidad de dióxido consumido al degradar la materia orgánica ya que este parámetro está relacionado con la DQO.

**TABLA 6:** porcentaje de remoción de la DBO de las diferentes dosis de mucilago de *Opuntia ficus-indica*

Dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> ml	Porcentaje de remoción de DBO %
25	22
50	35
75	71
100	90

Elaboración propia.

**GRÁFICO N° 6:** Comparación de resultados obtenidos de la dosis optima de mucilago, con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable D.S N° 004-2017 – MINAM.



**Interpretación:** luego de aplicar las diferentes dosis de coagulante natural de mucilago de *Opuntia ficus-indica* a las muestras de agua del río La Leche, Lambayeque y analizar los resultados obtenidos antes y después del tratamiento (ver tabla N° 1 y 2), en el gráfico N° 6, se muestra la comparación de resultados con la mejor dosis de mucilago y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable establecidos por el D.S N° 004-2017-MINAM (ver anexo N°2), se observa que la dosis de 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* y de acuerdo a sus parámetros de estudio: Turbiedad, Conductividad Eléctrica (C.E), Potencial de Hidrogeno (pH), están dentro de los valores establecidos en los parámetros de los ECA, con respecto a la DQO y DBO se acerca significativamente a los valores establecidos en los parámetros de los ECA

#### **IV. DISCUSIÓN**

Morejón, (2017), en su trabajo de investigación utilizó el mucilago de tuna (*Opuntia ficus-indica*) para mejorar la calidad del agua de consumo humano, de la Comunidad de Pusir Grande Provincia del Carchi, Ecuador-2017; uso un diseño experimental, empleo diferentes dosis de mucilago de tuna de 0 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml y 100 ml; se suma en esta investigación los análisis físico-químicos desarrollados en el tejido vegetal de la tuna (mucilago).

El desarrollo de su investigación comenzó con la identificación y selección de los cladodios del cultivo de tuna, luego la extracción, recolección y análisis en el laboratorio del mucílago, los parámetros que se evaluaron en el ensayo fueron los siguientes: pH, Turbidez, Dureza, Color, Sólidos Disueltos Totales, que fueron comparados con la Normativa de su país; Norma Técnica Ecuatoriana para agua de consumo (Agua Potable Requisitos, NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-06).

Sus muestras fueron de 250 ml de agua cruda, la cual fue obtenida a la salida del tanque desarenador de la planta potabilizadora de la comunidad de Pusir, misma que se realizó de acuerdo a los Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual – APHA-AWWA-WPCF1, EDICIÓN No 17, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 – 2010.

Para determinar la dosis óptima del mucilago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río La Leche, Lambayeque; se utilizó un diseño experimental de tipo cuasi experimento, al igual que en el trabajo del autor mencionado anteriormente, las dosis de mucilago fueron de 0 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml y 100 ml; los cladodios de tuna fueron recolectados un día antes de la programación de análisis para poder hacer la maceración en relación mucilago-agua.

Las muestras de agua fueron recolectadas del río La Leche Lambayeque, por la mañana del mismo día de los análisis, las cuales fueron trasladadas en un coouler a temperatura ambiente al Laboratorio de Biotecnología y Microbiología de la Universidad Cesar Vallejo Filial-Chiclayo, a diferencia del trabajo del autor mencionado los parámetros evaluados del presente trabajo de investigación fueron: Turbiedad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial de Hidrogeno (pH), Conductividad Eléctrica (C.E) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), los cuales fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Potable establecido en el D.S N° 004-2017-MINAM.

Para la obtención del mucilago de la *Opuntia ficus-indica*, se tomó como referencia la metodología empleada en el trabajo de Morejón, (2017), se utilizó la penca (cladodios) de la tuna, que posteriormente fue pelada y cortada en pequeños trozos y remojada en agua destilada por 12 horas, para extraer su líquido acuoso y libre de impurezas.

En el desarrollo de la presente investigación se utilizó 5 litros de agua del río La Leche, Lambayeque, las cuales fueron tomadas de un solo punto del río, a diferencia del trabajo de investigación de Morejón, (2017), ya que el autor utilizó diferentes puntos de muestreo.

Para la prueba de jarras en el presente trabajo de investigación se utilizó la misma cantidad de agua para las diferentes dosis de mucilago de *Opuntia ficus-indica* de 800 ml de agua para cada dosis de 0 ml, 25 ml, 50 ml, 75 ml y 100 ml de mucilago dentro de las cuales está incluida la muestra control, a diferencia del autor mencionado este utilizó diferentes cantidades de agua para sus diferentes dosis.

En ambos trabajos de investigación se utilizó las mismas velocidades de agitación para la prueba de jarras de 150 revoluciones por minuto (rpm) por 5 minutos, para la agitación lenta 20 rpm por 20 minutos y la solución se dejó reposar por 2 horas para la sedimentación. Las muestras de agua de Morejón tuvieron un pH inicial de 9,48 y 59,10 NTU, las muestras de agua tomadas del río La Leche, Lambayeque tuvieron un pH inicial de 8,17, 60 NTU, en el trabajo del autor mencionado los parámetros que evaluó además del pH, Turbidez fueron los Sólidos Totales Disueltos (SDT), Dureza y color, a diferencia de los parámetros evaluados en la presente investigación están aparte de los mencionados la Conductividad Eléctrica (C.E) que está relacionada indirectamente con los Sólidos Totales Disueltos, y los parámetros que se creyó conveniente agregar fueron la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Las muestras de agua del río La Leche, Lambayeque tuvieron una C.E inicial de 0,401 mS/cm, 299 mg/l de DQO y 253,5 mg/l de DBO.

Los resultados obtenidos después del tratamiento con las diferentes dosis de mucilago en las muestras de agua del tanque desarenador de la planta potabilizadora de la comunidad de Pusir, Ecuador del trabajo de investigación de Morejón, (2017), la dosis de 25 ml de coagulante de *Opuntia ficus-indica* mantuvo la neutralidad en el caso del pH con 6,93 y menciona que con las dosis de 50, 75 y 100 ml de mucilago en las muestras de agua tendieron acidificar el pH.

Lo contrario ocurrió con las muestras de agua tomadas del río La Leche, Lambayeque los resultados que se obtuvo después del tratamiento con el mucilago de *Opuntia ficus-indica* fue: que si bien la muestra control de agua tuvo un pH ligeramente neutro de 8,17 parámetro que está dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecido en el D.S N° 004-2017 MINAM. Después de utilizar las diferentes dosis de coagulante empezó a disminuir, con la primera dosis de 25 ml de mucilago se tuvo un pH de 7,90 con 50 ml de mucilago un pH de 7,59 con 75 ml de mucilago un pH de 7,47 y con 100 ml de mucilago un pH de 7,44, con respecto al pH en la presente investigación ninguna de las dosis tendió a acidificar las muestras de agua al contrario se mantuvieron dentro de un pH neutro según los ECA.

Los resultados de la turbidez con respecto al trabajo del autor mencionado fueron: su muestra control tuvo una turbidez inicial de 59, 10 NTU, y con su primera dosis de 25 ml de mucilago llega al 5,89 NTU, parámetro que se acerca significativamente a los parámetros para agua potable según la normativa de su país, ubicando en su trabajo de investigación con mejor remoción de turbidez a la dosis de 25 ml de mucilago, ya que con las dosis de 50, 75 y 100 ml de mucilago le añadió turbidez a sus muestras de agua llegando hacer hasta mayor que el valor inicial de turbidez de su muestra control; a diferencia de los resultados mencionados con respecto a la turbidez en el trabajo de Morejón, (2017), en la presente investigación con una turbidez inicial de la muestra control de agua de 60 NTU, después del tratamiento con las diferentes dosis de mucilago, la turbidez disminuyo significativamente al ser mayor la dosis, con 25 ml de mucilago se obtuvo una turbidez de 14 NTU, con 50 ml de mucilago 10 NTU, con 75 ml de mucilago 7,90 NTU y con 100 ml de mucilago se llegó a 4.10 NTU valor que comparado con los ECA establecidos en el D.S N° 004-2017-MINAM, es apta para un agua potable.

Según Morejón, (2017), concluye que con la dosis de 25 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* en 75 ml de agua a tratar se llegan a los valores según los parámetros analizados establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana para agua potable (NTE INEN 1108, 2011), de su país, con un pH de 6,93, 5,89 NTU, 63,52 mg/l de Dureza, 15,50 UTC de Color y 84,30 mg/l de STD.

Caso totalmente contrario ocurre en la presente investigación ubicándose como mejor dosis la mayor con 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* la cual según los ECA para agua potable establecidos en el D.S N° 004-2017-MINAM, tiene mejor actuación sobre las

muestras tratadas ya que los valores de sus parámetros analizados llegan significativamente a los valores requeridos con un pH de 7,44, 4.10 NTU, 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de C.E, 84 mg/l de DQO y 24.54 mg/l de DBO.

## V. CONCLUSIONES

- El estado natural del agua del río La Leche, Lambayeque se determinó mediante análisis fisicoquímico, se evaluó específicamente los parámetros que intervienen en la clarificación del agua como fueron el pH, Turbidez, Conductividad Eléctrica, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno; los valores obtenidos de los parámetros analizados fueron comparados con los parámetros según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable establecido en el D.S N° 004-2017-MINAM.
- Se utilizó dos cladodios jóvenes de un año aproximadamente de *Opuntia ficus-indica* en perfecto estado para que no altere la calidad del mucilago, para la extracción del coagulante se utilizó agua destilada para la relación mucilago-agua destilada y luego de una maceración de 12 horas fue colado para la obtención de una sustancia viscosa y libre de impurezas la cual presento propiedades floculante-coagulante, quedando demostrado en esta investigación su capacidad de capturar y sedimentar partículas en suspensión presenten en el agua cruda.
- Después del tratamiento con las diferentes dosis de mucilago de *Opuntia ficus-indica* según los análisis obtenidos demostraron que mientras la dosis fue mayor habían mejores resultados removiendo notoriamente los valores de los parámetros iniciales de la muestra control, hasta llegar a valores aptos para agua potable con respecto al pH, turbidez y Conductividad Eléctrica.
- Se concluye que con 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* en 800 ml de agua a tratar y a una revolución rápida de 150 rpm por 5 minutos y una agitación lenta de 20 rpm por 20 minutos con 2 horas de reposo, se alcanza los parámetros establecidos en el D.S N° 004-2017-MINAM.

## VI. RECOMENDACIONES

- Para evitar el aumento de materia orgánica que le adiciona el coagulante de la *Opuntia ficus-indica* a las muestras de agua a tratar, se recomienda extraer las propiedades del mucilago de tuna que no actúen o tengan propiedades coagulantes, para lograr mejores resultados con respecto a los parámetros de la Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno.
- Se recomienda la utilización de 100 ml de mucilago de *Opuntia ficus-indica* en 800 ml de agua a tratar, empleando velocidades de agitación de 150 rpm por 5 minutos y una agitación lenta de 20 rpm por 20 minutos, para tratar aguas con baja turbidez y llegar a los valores establecidos en los parámetros de turbidez, pH y conductividad eléctrica de los ECA para agua potable (DS N°004-2017-MINAM).
- Se recomienda a las autoridades del Centro Poblado de Cerro Escute del Distrito de Pacora – Lambayeque, extender los estudios expuestos en esta tesis con fines de implementar una planta de tratamiento de agua empleando coagulantes naturales como la *Opuntia ficus-indica* en el proceso de coagulación – floculación para uso potable.
- Promocionar el mucilago de la *Opuntia ficus-indica*, en la utilización de coagulantes naturales para sustituir los coagulantes químicos en el tratamiento y mejoramiento de aguas para consumo humano.
- Se recomienda establecer alternativas de conservación como liofilizar el mucilago de la *Opuntia ficus-indica*, que permita el aprovechamiento intensivo de este recurso agrícola en el mercado industrial para su procesamiento a pequeña y mediana escala.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Concurso de blogs día mundial del agua. República Dominicana: RODRIGUEZ, H., (13 de marzo de 2017). Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
2. OMS (Organización Mundial de la Salud); Agua. Febrero 2018. Disponible en : <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
3. TORRES, Vico. Análisis del coagulante natural *Opuntia ficus-indica* con fines de implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca. Tesis (Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil). Apurímac: Universidad Cesar Vallejo. 2017. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1515/Torres\\_CV.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1515/Torres_CV.pdf?sequence=1)
4. MOREJON; Javier. “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”. Tesis (Para la obtención del Título de Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales). Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 2017. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6621/1/PG%20496%20TESIS.pdf>
5. OLIVERO; Enrique, AGUAS; Yelitza, MERCADO; Darío, CASAS; Paola, MONTEZ; Elena. Utilización de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. AVANCES Investigación en Ingeniería. Abril – junio 2014, n°. 1. Disponible en: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art7.pdf>
6. FUENTES; Lorena, MENDOZA; Iván, DIAZ; Pablo, FERNANDEZ; Yohendry, ZAMBRANO; Ángel, VILLEGAS; Zaith. Potencial coagulante de la Tuna *Opuntia cochinellifera* (l.) mill. (cactaceae) en aguas para consumo humano. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Abril – junio 2012, n°. 2. Disponible en: [www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/boletin/article/download/.../3930](http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/boletin/article/download/.../3930)

7. MARTÍNES; Jasser, GONZÁLES; Enrique. Evaluación del poder coagulante de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis (Para optar al título de Ingeniero Químico). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2012. Disponible en: <http://repositorio.unicartagena.edu.co: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>
8. JIMÉNEZ; Joaquín, VARGAS; Maricruz, QUIRÓS; Noemí. Estimation of the nopal cactus (*Opuntia cochenillifera*) for color removal in drinking wáter. Tecnología en Marcha. Enero – marzo 2012, n°. 4. Disponible en: [http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/619/545](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/619/545)
9. ANDREW; Kevin. The Mucilage of Opuntia Ficus Indica: A Natural, Sustainable, and Viable Water Treatment Technology for Use in Rural Mexico for Reducing Turbidity and Arsenic Contamination in Drinking Water. thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemical Engineering. University of South Florida, Florida, 2006. Disponible en: <https://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.pe/&httpsredir=1&article=5028&context=etd>
10. FERIA; Jairo, RODIÑO; Paola, GUTIERREZ; Enrique. Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. August – January 2016. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012062302016000100016&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012062302016000100016&lang=pt).
11. SEPÚLVEDA; E, SÁENZ; C, ALIAGA; E. ACEITUNO; C. Extraction and characterization of mucilage in Opuntia spp. Journal of Arid Environment. May - August 2006. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120215/Sepulveda\\_E.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120215/Sepulveda_E.pdf?sequence=1)

12. SILVA; Ninoska. Extracción del mucílago de la penca de Tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva\\_cm.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva_cm.pdf?sequence=1)
13. JAIMES; Zenobia. Eficiencia del coagulante natural *Opuntia ficus-indica (l. miller)* con un sistema de filtración para la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua residual domestica del centro urbano hornillos, Ancash. Tesis (Para obtener el Título Profesional de: Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/841/Jaimes\\_PNZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/841/Jaimes_PNZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
14. VAZQUEZ; Osvaldo. Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicaciones en la clarificación de aguas superficiales. Tesis (Magister en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental). Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo Leon, 1994. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/7207/1/1020091188.PDF>
15. VILLABONA; Ángel, PAZ; Cristina, MARTÍNEZ; Jasser. Characterization of *Opuntia ficus-indica* for using as a natural coagulant. Colomb. Biotecnol. Julio 2013, n°. 1. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752013000100014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100014)
16. CAWST. Introducción al tratamiento del agua a nivel domiciliario y su almacenamiento seguro. Centre for affordable water and sanitation technology. Diciembre 2011. Disponible en: [https://www.paho.org/par/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=contaminacion&alias=502-introduccion-al-tratamiento-del-agua-a-nivel-domiciliario&Itemid=253.](https://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=contaminacion&alias=502-introduccion-al-tratamiento-del-agua-a-nivel-domiciliario&Itemid=253)

17. GONZÁLES; Carlos, MORALES; Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y Hacer: Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL. 2015, n°. 2. Disponible en: <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
18. VIZCARRA; Fiorela. Evaluación de maduración y características sensoriales en post cosecha de Tuna variedad amarilla (*Opuntia ficus-indica*) en condiciones de almacenamiento en el Centro Poblado de San Cristóbal Región Moquegua. Tesis (Para Optar Título Profesional de Ingeniero Agrónomo). Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui, 2017. Disponible en: [http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/187/Belinia\\_Tesis\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/187/Belinia_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
19. SIICEX (Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior). Tuna. Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/Tuna.pdf>
20. RAMÍREZ; Hildebrando, JARAMILLO; Jhoan. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Facultad de Ciencias Básicas. Junio – julio 2015, n°. 2. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1303/1359>
21. GUZMÁN; Luis, VILLABONA; Ángel, TEJADA; Candelaria, GARCÍA. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2013. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a29.pdf>
22. CARTAYA; Omar, PENICHE; Carlos, REYNALDO; Inés. Polímeros naturales recolectores de iones metálicos. Revista Iberoamericana de Polímeros. Marzo 2009, n°. 2. Disponible en: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAR09/cartaya.pdf>
23. FRESH PLAZA. Perú: La tuna es un producto con oportunidades de exportación. Mayo 2017. Disponible en: <http://www.freshplaza.es/article/106750/Per%C3%BA-La-tuna-es-un-producto-con-oportunidades-de-exportaci%C3%B3n>

24. COSTA; Pricilla, MAGOSSO; María. Aluminio como factor de riesgo para la enfermedad de Alzheimer. Rev Latino-am Enfermagem. Enero – febrero 2008. Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/es\\_22.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/es_22.pdf)
25. ANA (Autoridad Nacional del Agua). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Marzo 2011. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/361356/3%20protocolo%20nacional%20de%20monitoreo%20af.pdf>.
26. MINISTERIO DE SALUD, DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. 2017. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf).
27. DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). Parámetros Organolépticos. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
28. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. Turbiedad por nefelometría en el equipo turbiquant 3000 t. 2017. Pág 1-9. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>
29. Laboratorio para Análisis de Agua. Conductividad <https://www.youtube.com/watch?v=ESGvoWKdwAc> MOOC Agrotech, 2015. (5:27 minutos).
30. técnica para determinar la dosis optima por medio de la prueba de jarras. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19121/Anexo.pdf>



## ANEXO 2: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA POTABLE

### Categoría 1: Poblacional y Recreacional

#### Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### ANEXO 3: RESULTADO DEL ANALISIS FISICOQUIMICO ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

#### LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS: Análisis fisicoquímico

USUARIO : Yeny Yassmin Samamé Toro

N° DE MUESTRA : 05

TIPO DE MUESTRA: Agua superficial

FECHA DE EMISIÓN: 23 de Octubre del 2018

RESULTADOS:

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
PC	TURBIDEZ	60	NTU	TURBÍDIMETRO
	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	299	mg/L	FOTÓMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	8.17	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0.401	mS/cm	CONDUCTÍMETRO
	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	253.5	mg/L	MÉTODO OD (5 DÍAS)
Y01	TURBIDEZ	14	NTU	TURBÍDIMETRO
	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	239	mg/L	FOTÓMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	7.90	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0.306	mS/cm	CONDUCTÍMETRO
	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	198.5	mg/L	MÉTODO OD (5 DÍAS)
Y02	TURBIDEZ	10	NTU	TURBÍDIMETRO
	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	155	mg/L	FOTÓMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	7.59	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0.420	mS/cm	CONDUCTÍMETRO
	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	165	mg/L	MÉTODO OD (5 DÍAS)



Y03	TURBIDEZ	7.90	NTU	TURBÍDIMETRO
	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	138	mg/L	FOTÓMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	7.47	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0.382	mS/cm	CONDUCTÍMETRO
	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	74	mg/L	MÉTODO OD (5 DÍAS)
Y04	TURBIDEZ	4.10	NTU	TURBÍDIMETRO
	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	84	mg/L	FOTÓMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	7.44	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0.495	mS/cm	CONDUCTÍMETRO
	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	24.54	mg/L	MÉTODO OD (5 DÍAS)

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

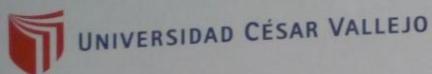
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

*Kenneth Pineda*



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

## ANEXO N° 4: RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS DE LA OPUNTIA FICUS-INDICA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis fisicoquímico  
USUARIO : Yeny Yassmin Samamé Toro  
N° DE MUESTRA : 01  
TIPO DE MUESTRA : Mucílago de *Opuntia ficus-indica*  
FECHA DE EMISIÓN : 22 de Noviembre del 2018  
RESULTADOS

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
PC	TURBIDEZ	60.7	NTU	TURBÍDIMETRO
	POTENCIAL DE HIDROGENO	5.027	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Pimentel Km. 3.5  
Tel. (074) 481 616 Anx. 6514

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**ANEXO 5: MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACION**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** Samame Toro Yeny Yassmin

**FACULTAD/ESCUELA:** INGENIERÍA /INGENIERÍA AMBIENTAL

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿Cuál sera la dosis optima de mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para mejorar la calidad del agua del río La Leche – Lambayeque?	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la dosis óptima del mucilago de <i>Opuntia ficus – indica</i> para mejorar la calidad del agua del río La Leche para consumo humano del Centro Poblado de Cerro Escute, Pacora Departamento de Lambayeque.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> -Identificar la calidad del agua del río La Leche</p>	Si se determina la dosis optima del mucilago de <i>Opuntia ficus – indica</i> entonces se mejorará la calidad del agua del río La Leche, Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i></li> <li>• Calidad del agua</li> </ul>	Cuasi experimento	aguas del río La Leche, Distrito de Pacora, Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica de campo (recolección de muestras)</li> <li>• Técnicas de muestreo</li> <li>• Técnicas para análisis físicos químicos del agua</li> </ul>	Nefelometría Electrométrico Volumétrico OD (5 días) por Incubación
				<b>DISEÑO</b>		<b>MUESTRA</b>	

<p>mediante análisis físico - químico.</p> <p>-Aplicar las cuatro dosis diferentes del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para tratar el agua del río La Leche en Cerro Escute.</p> <p>-Analizar la calidad del agua después de haber aplicado el coagulante del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i>.</p> <p>-Evaluar cuál de las cuatro dosis del mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> fue más eficiente según los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua superficiales destinadas a la producción de agua potable D.S N° 004-2017-MINAM.</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• experimental</li> <li>• cuasi experimental</li> </ul>	<p>-5 muestras de agua del río La Leche de 800 ml por jarra para las diferentes dosis de coagulante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Turbidímetro, marca HANNA – HI83414</li> <li>-conductímetro</li> <li>-pHmetro (BUFFER 7,4.1,10.1), marca HANNA – HI98194</li> <li>-Oxímetro, marca HANNA – HI9146</li> <li>-Fotómetro, marca HANNA – HI9146</li> <li>-Prueba de jarras, marca PHIPP &amp; BIRD</li> </ul>	<p><b>Para procesar datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Excel</li> <li>• Software SPSS</li> </ul>
---	--	--	--	--	---	--

**ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO**

**FOTOGRAFÍA N° 1 - 5:** *Recolección de muestras de agua del río La Leche, Lambayeque.*



**FOTO N° 1:** 17/10/2018



**FOTO N° 2: 17/10/2018**



**FOTO N° 3: 17/10/2018**



**FOTO N° 4:** 17/10/2018



**FOTO N° 5:** Muestras de agua del río La Leche, Lambayeque 17/10/2018

**FOTOGRAFÍA N° 6 - 11:** *Extracción del mucilago de la Opuntia ficus-indica.*



**FOTO N° 6:** 16/10/2018



**FOTO N° 7:** 17/10/2018



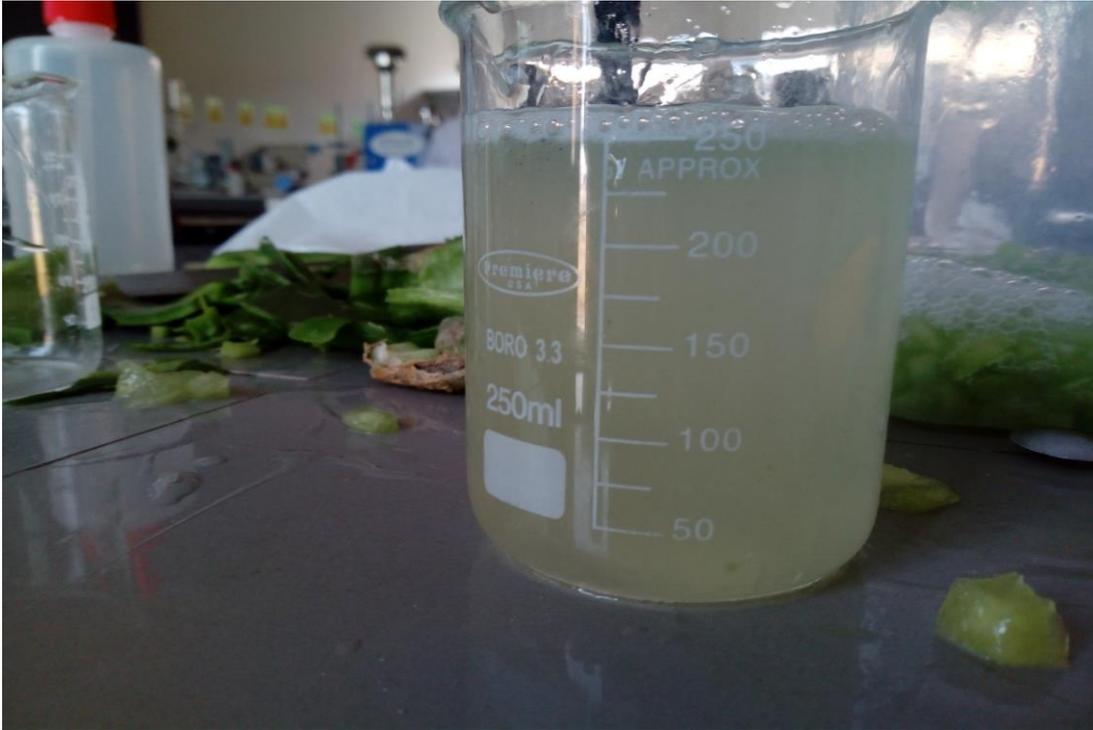
**FOTO N° 8:** 17/10/2018



**FOTO N° 9:** 17/10/2018



**FOTO N° 10:** 17/10/2018



**FOTO N° 11: Mucilago de *Opuntia ficus-indica* 17/10/2018**

**FOTOGRAFÍA N° 12 - 15: Prueba de jarras**



**FOTO N° 12: 17/10/2018**



FOTO N° 13: 17/10/2018

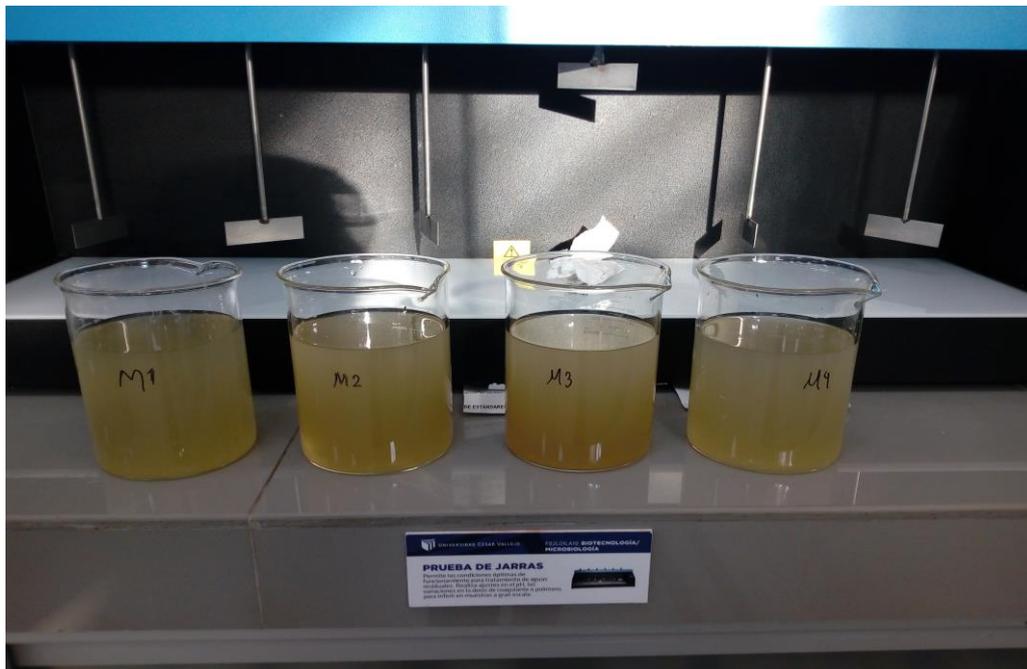


FOTO N° 14: 17/10/2018



**FOTO N° 15:** 17/10/2018

***FOTOGRAFÍA N° 16 - 20:*** Filtración de las muestras de agua después de la prueba de jarras y haber dejado reposar para que decante.



**FOTO N° 16:** 17/10/2018



**FOTO N° 17:** 17/10/2018



**FOTO N° 18:** 17/10/2018



FOTO N° 19: 17/10/2018

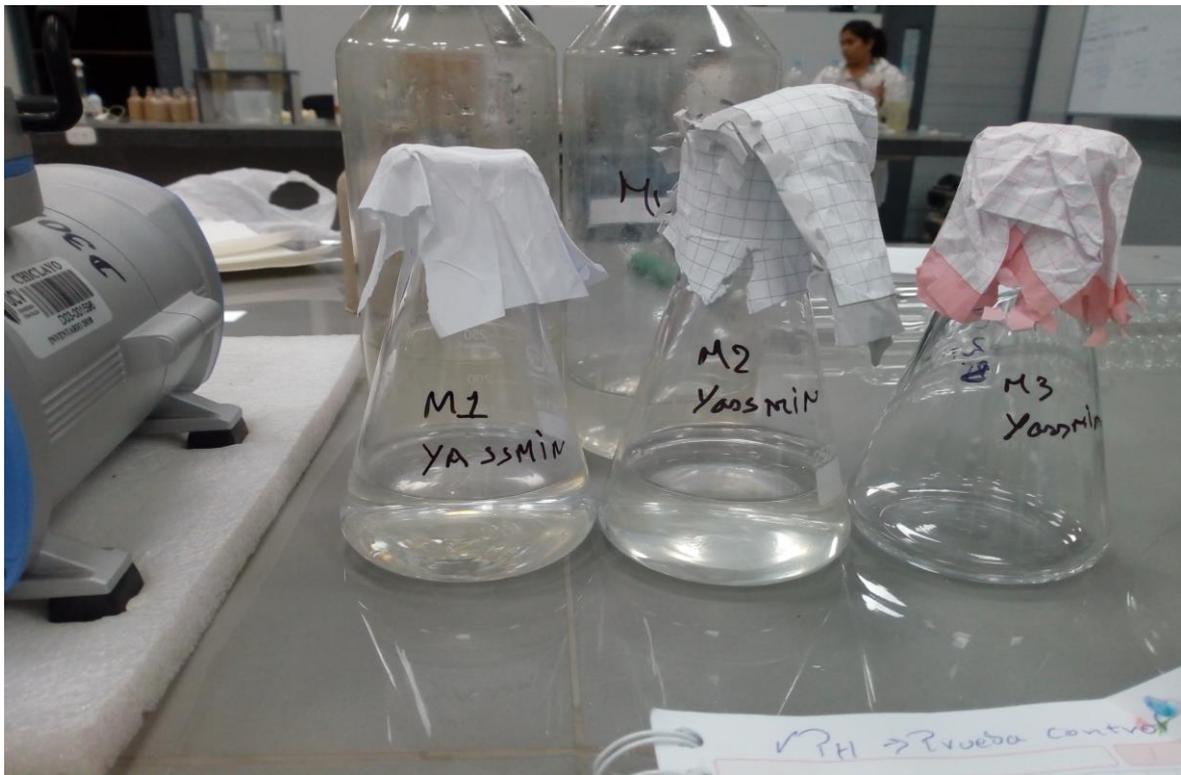


FOTO N° 20: Muestras de agua del río La Leche, después del proceso de filtración 17/10/2018

## ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

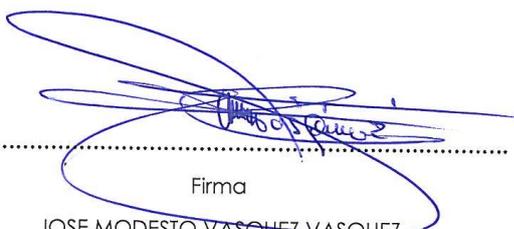
Yo, JOSE MODESTO VASQUEZ VASQUEZ, docente de la Facultad de INGENIERÍA y Escuela Profesional DE INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**"Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque",**

del (de la) estudiante Samame Toro Yeny Yassmin constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 25 DE Julio DEL 2019.



Firma

JOSE MODESTO VASQUEZ VASQUEZ

DNI: 05343326

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	---	---

Yo Yeny Yassmin Samame Toro, identificado con DNI N° 71068137, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo ( X ) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

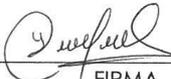
.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 71068137

FECHA: 26 de julio del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

# AUTORIZACION DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SAMAME TORO, YENY YASSMIN

INFORME TÍTULADO:

“Dosis óptima del mucílago de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la calidad del agua del río la Leche, Lambayeque”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

---

SUSTENTADO EN FECHA: 28/05/2019

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR UNANIMIDAD



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN