



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

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

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

**“RENDIMIENTO FLOCULANTE DEL MUCÍLAGO DE  
NOPAL (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) Y SULFATO DE  
ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, BAGUA, REGIÓN AMAZONAS,  
2018”**

**Autor : Bach. Anthony Smith Guevara Flores**

**Asesor : M.Sc. Miguel Ángel García Torres**

**Registro:.....**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

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

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

**“RENDIMIENTO FLOCULANTE DEL MUCÍLAGO DE  
NOPAL (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) Y SULFATO DE  
ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO, BAGUA, REGIÓN AMAZONAS,  
2018”**

**Autor : Bach. Anthonny Smith Guevara Flores**

**Asesor : M.Sc. Miguel Ángel García Torres**

**Registro:.....**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a Dios por darme la vida y la salud, por su amor infinito, bendiciones a diario, por cuidarme de todo peligro, fortalecer y modelar mi fe para ser una mejor persona y así servir a los demás.

A mis padres por el apoyo incondicional, sus mensajes llenos de poder y amor, por su confianza plena, por tomar el rol de impulso para el logro de mis objetivos y la toma de buenas decisiones.

A mis familiares y amigos por ser parte de este proceso de aprendizaje y compartir su filosofía.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

Dios por brindarnos vida y salud, por guiarnos por el camino correcto que nos permitió terminar el presente trabajo de investigación cumpliendo así una de nuestras metas propuestas.

La Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, que a pesar de ser una Institución joven; promueve la investigación en los futuros profesionales, en busca del desarrollo sostenibles a nivel local, nacional e internacional.

Mg. Miguel Ángel García Torres por su asesoramiento, por compartir su experiencia, orientación, estrategias y conocimientos; así como sus buenos consejos en esta etapa importante de mi vida.

Los pobladores de la localidad de Bagua por su tiempo y apoyo en el desarrollo de la investigación.

Todos nuestros amigos y personas que contribuyeron y apoyaron en el desarrollo de la presente investigación.

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI**

Rector

**DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

Vicerrector Académico

**DRA. FLOR GARCÍA HUAMÁN**

Vicerrectora de Investigación

**M.SC. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

### VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, MIGUEL ANGEL GARCIA TORRES, en calidad de profesor asociado tiempo dedicación exclusiva con código 053 de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, doy fe y el visto bueno a la tesis titulada “RENDIMIENTO FLOCULANTE DEL MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y SULFATO DE ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO BAGUA, REGIÓN AMAZONAS, 2018” impulsada y desarrollada por el Tesista ANTHONNY SMITH GUEVARA FLORES, para que sea sometida a revisión del jurado evaluador, comprometiéndome a supervisar y subsanar las observaciones para su aprobación y sustentación de la misma.

POR LO TANTO:

Firmo la presente en señal de conformidad.

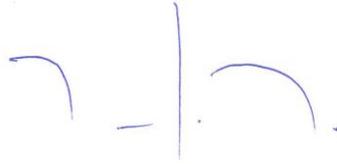
Chachapoyas, de junio del 2019.



M.Sc. Miguel Ángel García Torres

Asesor

**JURADO EVALUADOR**



---

Dr. Manuel Emilio Milla Pino  
Presidente



---

Lic. José Luis Quispe Osorio  
Secretario



---

M.Sc. Eli Pariente Mondragón  
Vocal

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **Anthony Smith Guevara Flores**, identificado con DNI N° 72376196, bachiller en **Ingeniería Ambiental** egresado de la Facultad de **Ingeniería Civil y Ambiental** de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la tesis titulada: “**RENDIMIENTO FLOCULANTE DEL MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) Y SULFATO DE ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, BAGUA, REGIÓN AMAZONAS, 2018**”, que presento para obtener el título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada, ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada.

Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Chachapoyas, junio de 2019.

---

**Anthony Smith Guevara Flores**



**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de junio del año 2019, siendo las 11:15 am horas, el aspirante Anthony Smith Guevara Flores defiende en sesión pública la Tesis titulada: Rendimiento flocculante del mucilago de nopal (Opuntia ficus-indica (L.) Mill) y Sulfato de aluminio en la clarificación del agua para consumo humano, Bagua, región Amazonas - 2018

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental  
a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:



Presidente: Dr. Manuel Emilio Milla Pino  
Secretario: Lic. José Luis Quispe Osorio  
Vocal: M.Sc. Eli Pariente Mondragón

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:00 pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

.....  
SECRETARIO

.....  
VOCAL

.....  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR .....	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
• A Nivel Internacional.....	3
• A Nivel Nacional.....	3
II. MATERIALES Y METODOS.....	4
2.1. Metodología de la Investigación.....	4
2.1.3. Método de toma de muestras del agua.....	4
2.1.4. Método de prueba de jarras.....	4
2.2. Materiales, técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	4
2.2.1. Evaluación de la característica físico – químico (turbidez).....	4
2.2.2. Procedimiento de la mejor concentración.....	9
2.2.3. Comparación del rendimiento floculante del mucílago de nopal respecto al sulfato de aluminio.....	10

III. RESULTADOS.....	10
3.1. Resultados de los análisis físico – químicos (turbidez) .....	10
3.2. Determinación de la mejor concentración.....	11
3.3. Rendimiento floculante del mucilago de nopal respecto al sulfato de aluminio.....	13
3.3.1. Mucílago de nopal en la reducción de la turbidez.....	13
3.3.2. Sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez.....	14
3.3.3. Comparación de Mucílago de nopal vs. Sulfato de aluminio.....	15
IV. DISCUSIONES.....	17
V. CONCLUSIONES.....	18
VI. RECOMENDACIONES.....	19
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
ANEXOS.....	22

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01.</b> Productos químicos para el tratamiento de aguas.....	08
<b>Tabla N° 02.</b> Resultados del mucilago de nopal en la reducción de la turbidez.....	10
<b>Tabla N° 03.</b> Resultados del sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez.....	11
<b>Tabla N° 04.</b> Evaluación del mucílago de nopal.....	11
<b>Tabla N° 05.</b> Evaluación del sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ .....	12

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura N° 01.</b> Toma de muestra de la quebrada La Peca.....	05
<b>Figura N° 02.</b> Evaluación del pH de la muestra.....	06
<b>Figura N° 03.</b> Evaluación de la conductividad eléctrica.....	07
<b>Figura N° 04.</b> Pesado de 20, 25, 30, 35 y 40 ppm $Al_2(SO_4)_3$ .....	08
<b>Figura N° 05.</b> Ensayo de jarras de 5 muestras, a 25 °C temperatura ambiente, utilizando $Al_2(SO_4)_3$ .....	08
<b>Figura N° 06.</b> Valores de la turbidez final en el mucilago de nopal en las cinco dosis.....	12
<b>Figura N° 07.</b> Valores de la turbidez final en el mucilago de nopal en las cinco dosis.....	13

## RESUMEN

En la provincia de Bagua la población utiliza el agua para consumo humano proveniente de la quebrada La Peca, la que presenta turbidez, para potabilizar se utilizan sales inorgánicas como el sulfato de aluminio en forma sólida, frente a este problema, se realizó esta investigación con el objetivo de comparar el rendimiento floculante del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y sulfato de aluminio en la clarificación del agua para consumo humano. Para ello se tomaron muestras de agua recolectadas a 30 metros antes de la captación del agua ubicado en las coordenadas UTM 783723.62 Este y 9379041.82 Norte, el día 5 de junio del 2018 a horas 8:00 am, seguidamente se realizó un análisis físico – químico para evaluar la turbidez inicial que fue de 83 Unidades Nefelométricas (NTU). El método usado fue el de prueba de jarras para determinar la mejor concentración de los floculantes, siendo las dosis usadas de mucílago de nopal fueron de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm, siendo la mejor concentración para reducir la turbidez la dosis de 30 ppm logrando una remoción de la turbidez de 54.2 %. Y, respecto al sulfato de aluminio las concentraciones fueron de 20, 25, 30, 35 y 40 ppm siendo la mejor concentración para reducir la turbidez la dosis de 40 ppm; logrando una remoción de la turbidez del 74.7 %. Mediante el apoyo estadístico de la T-Student para evaluar las mejores concentraciones de los floculantes si son homogéneas o no, concluyéndose que sulfato de aluminio tiene un mayor rendimiento en la remoción de la turbidez.

**Palabras claves:** Polímero natural, reducción de turbidez, agua para consumo humano.

## ABSTRACT

In the province of Bagua, the population uses water for human consumption from the La Peca stream, which presents turbidity. Inorganic salts, such as aluminum sulphate in solid form, are used to make it drinkable. Faced with this problem, this research was carried out with the objective of comparing the flocculating performance of the cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*) and aluminum sulphate in the clarification of water for human consumption. To do this, samples of water collected 30 meters before the collection of water located at UTM coordinates 783723.62 East and 9379041.82 North, on June 5, 2018 at 8:00 a.m., followed by a physical-chemical analysis. to evaluate the initial turbidity that was 83 Nephelometric Units (NTU). The method used was the test of jars to determine the best concentration of flocculants, being the used doses of cactus mucilage were 10, 20, 30, 50 and 70 ppm, being the best concentration to reduce turbidity the dose of 30 ppm achieving a turbidity removal of 54.2%. And, with respect to aluminum sulphate, the concentrations were 20, 25, 30, 35 and 40 ppm, the best concentration to reduce turbidity being the 40 ppm dose; achieving a removal of turbidity of 74.7%. By means of the statistical support of the T-Student to evaluate the best concentrations of the flocculants if they are homogeneous or not, concluding that aluminum sulphate has a higher performance in the removal of the turbidity.

**Key words:** Natural polymer, turbidity reduction, water for human consumption.

## I. INTRODUCCIÓN

La realización de la presente investigación obedece a la problemática donde el recurso hídrico cada vez cobra mayor importancia debido a la escasez de lluvias, ocasionadas por el cambio climático. Se señala que 663 millones de personas utilizan agua de fuentes no mejoradas, es decir, agua de superficie, de pozos excavados y de manantiales no protegidos (Organización Mundial de la Salud, 2015). Donde deben ser sometidos a procesos de potabilización con el fin de que sean aptos para el consumo humano. Para ello, en su etapa de clarificación deben ser aplicadas sustancias químicas como: sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , sulfato de hierro  $FeSO_4$ , cloruro férrico  $FeCl_3$  y aluminio de sodio  $NaAlO_2$  en la cual se ha observado que el 90% de las plantas de tratamiento de agua, usan el sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  (Sánchez Martín, Beltrán Heredia, y Solera Hernández, 2010). Por tener una remoción más eficiente que los demás coagulantes químicos. Sin embargo, estos coagulantes traen desventajas como: grandes volúmenes de lodos no biodegradables, costos elevados y su uso genera grandes cantidades de aluminio residual, que pueden ser fácilmente asimilados por el ser humano, ocasionando problemas de salud a largo plazo (Villabona Ortiz A. , Paz Astudillo y García Martínez, 2013).

En la provincia de Bagua, región de Amazonas, se indica que la población utiliza el agua proveniente de la quebrada la Peca con altos índices de turbidez (Municipalidad Provincial de Bagua, 2016). Así mismo, esta agua puede catalogarse como no apta para el consumo humano; donde para potabilizar dicho recurso hídrico se utilizan sales inorgánicas como el sulfato de aluminio en forma sólida, para reducir el nivel de turbidez (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Bagua, 2015). Para (Arboleda, 2000), el solo hecho de utilizar sustancias químicas metálicas al agua para facilitar la coagulación – floculación, genera un riesgo para la salud humana.

El indetenible cambio climático ha generado que la población de Bagua académicamente observe con mayor interés el desarrollo de tecnologías sustentables con el medio ambiente, es por ello que el presente trabajo de investigación cobra relevancia en la actualidad por cuanto, se fundamenta en el uso de un floculante natural como el mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*).

Es por ello que como una alternativa ecológica y de protección al medio ambiente se debe realizar la depuración de estos sólidos utilizando mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Donde la presente investigación tiene como objetivo general comparar el rendimiento floculante del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y sulfato de aluminio en la clarificación del agua para consumo humano, Bagua, Región Amazonas.

La cual tiene una especial importancia aquellas investigaciones que sustituyan floculantes químicos con los floculantes naturales, de forma que no se impacte el medio ambiente, en este caso el recurso hídrico que está en evaluación. la investigación tuvo como objetivos específicos: evaluar la característica físico-química de turbidez de las muestras de agua de la quebrada La Peca, determinar la mejor concentración del mucílago de nopal y sulfato de aluminio para clarificar el agua, finalmente comparar el rendimiento floculante del mucílago de nopal respecto al sulfato de aluminio.

## **1.1. Antecedentes de la Investigación**

### **A Nivel Internacional**

En el contexto internacional, diversos autores han contribuido con investigaciones en esta línea del conocimiento, entre los cuales procedemos citar a Castellanos *et al.*, (2012) evaluaron el efecto floculante del mucílago de nopal sobre los sólidos suspendidos, causante de la turbidez en Colombia donde mostró ser efectivo en un 67 % en la remoción de la turbidez a una concentración de 30 ppm. Asimismo, Olivero *et al.*, (2013), evaluaron el grado de eficiencia que tiene el mucílago de nopal respecto al sulfato de aluminio mediante la prueba de jarras, donde utilizaron una concentración de (35 y 40 mg/L). Finalmente concluyeron sosteniendo que la mayor remoción de la turbidez del agua del río Magdalena en Gambote, Departamento de Bolívar, Colombia. se logró con sulfato de aluminio (99,80%); siendo la remoción con *Opuntia ficus-indica* (93,25%).

### **A Nivel Nacional**

En el contexto nacional, diversos autores han contribuido con investigaciones en esta línea del conocimiento, entre los cuales procedemos citar a Merolose *et al.*, (2015), evaluó la capacidad coagulante-floculante en las aguas del río Chili en la ciudad de Arequipa, logrando reducir la turbidez del agua hasta un valor de 18.34 UNT, y un pH de 7.11. Finalmente concluyó que es posible reducir los valores de turbidez, hasta valores de 2,000 NMP/ 100 ml y 4.1 UNT respectivamente. Asimismo Tejada, (2015), evaluó el efecto del uso del coagulante natural de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la calidad del agua en el centro poblado San Antonio para ello aplicó un diseño experimental completamente aleatorio, en el que se comparan tratamientos, cada uno con 3 réplicas (15 lecturas), en el proceso estas fueron dispuestas al azar y cada tratamiento se vertió en forma aleatoria con dosis de 1 gr., 0.70 gr., 0.50 gr., 0.15 gr., 0.10 gr. Finalmente, concluyó que el uso del coagulante natural de nopal (*Opuntia ficus indica*), tuvo un efecto positivo en los parámetros pH, oxígeno disuelto y color de la calidad del agua.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Metodología de la Investigación**

El tipo de investigación es experimental donde el enfoque será de tipo transversal, debido a que se realizará varias pruebas en un periodo establecido.

#### **2.1.2. Método de toma de muestras del agua**

El muestreo se realizó, siguiendo las normas estandarizadas de seguridad, basadas en la recolección de líquidos, cuyo objetivo fue la seguridad de la muestra para evitar cualquier tipo de contaminación manual; para ello, se tomaron como referencias las enunciadas por (Metcalf y Eddy, 1995), donde recomienda utilizar guantes de gomas y de uso la vestimenta con mandil blanco.

#### **2.1.3. Método de prueba de jarras.**

Para establecer la determinación de la mejor concentración en la remoción de la turbidez, tanto en agua artificial como en agua fluvial, se empleó el procedimiento de prueba de jarras referenciada según (Aguirre y Piraneque, 2018).

### **2.2. Materiales, técnicas e instrumentos para la recolección de datos.**

#### **2.2.1 Evaluación de la característica físico – químico (Turbidez).**

Para la investigación se realizó una evaluación de las características físico – químicas (turbidez) del agua la cual se realizó en el laboratorio RIVELAB – S.A.C de la ciudad de Trujillo.

Para convalidar los datos de las muestras enviadas al laboratorio RIVELAB – S.A.C en la medición de la acidez del agua (pH) y la conductividad eléctrica (C.E), se analizaron a 4 horas de haber tomado las muestras la cual realizó en los laboratorios de la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza.



**Figura N° 01.** Toma de muestra de la quebrada La Peca.

Se recolectaron 7 muestras cada 1 de 1000 ml; cada litro muestreado de la quebrada fue una representación del volumen total que discurre por la caída natural de la quebrada en estudio. Las botellas de vidrio fueron lavadas con detergente industrial para eliminar todo rastro de grasa o polvo al interior de cada recipiente, posteriormente, se enjuagó con abundante agua de la misma quebrada. El frasco se introdujo por debajo de la superficie del agua, ello garantizo que el agua represente una mayor exactitud al agua total, pues si se toma las muestras en la superficie del agua, podría arrojar datos incorrectos en su análisis; pues la turbulencia se observa mejor al interior de la caída del agua, y sobre la superficie puede haber materiales que no son parte común del universo del agua fluyente.

El mecanismo de recolección fue de la siguiente manera:

Botella 1 y 2: Agua destinada para la evaluación de pH y conductividad eléctrica. Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; para convalidar los datos de las muestras enviadas al laboratorio RIVELAB – S.A.C.

#### ✓ **Evaluación del pH**

El pH midió la concentración de los iones  $H^+$  presentes en el agua. Para ello, se introdujo el electrodo del potenciómetro al interior del vaso con el agua muestreada, las características del equipo empleado y consignado en el Laboratorio de la UNTRM, fueron:

- Potenciómetro modelo Lab 850.
- Resolución máxima: 0,001 pH; -1999 a +1999 mV.

Para la calibración del potenciómetro se realizó mediante una solución buffer de pH 4 y 10.

Se lavó el bulbo del potenciómetro, primeramente, con el líquido buffer 4 y luego se realizó el enjuague con abundante agua destilada.

Se tomó lectura del valor del pH de la muestra de la muestra de buffer 10 y posteriormente, al enjuague de agua destilada, se procedió a realizar la medida del agua muestreada de la quebrada La Peca.



**Figura N° 02.** Evaluación del pH de la muestra.

#### ✓ **Evaluación de la conductividad eléctrica**

La medida de la conductividad eléctrica del agua muestreada permitió observar el contenido salino del agua de la quebrada. Ello fue posible utilizando un conductímetro de propiedad del Laboratorio de la UNTRM, las características del conductímetro fueron: Conductímetro WTW modelo LF538 con celda estándar de conductividad TetraCon 325, sensor de temperatura y tres modos de compensación de temperatura. Resolución 0.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Figura N° 03.** Evaluación de la conductividad eléctrica.

La Botella 3: Agua destinada para la evaluación microbiológica para determinar presencia de Coliformes totales y *Escheichia coli* presente en la muestra.

La Botella 4: Agua destinada para la evaluación cuantitativa de cloruros presente en la muestra de agua.

La Botella 5: Agua destinada para la evaluación inicial físico-químico. Donde se determinó la turbidez inicial de 83 NTU.

La Botella 6: Agua destinada para la evaluación del contenido de la turbidez mediante el uso del coagulante químico (sulfato de aluminio). Para la determinación de turbidez se realizó el pesado del sulfato de aluminio cuyo registro se encuentra en el almacén del laboratorio PL 203 de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, se inició con 83 NTU (a 25 °C). Para el pesado se utilizó una balanza analítica con una aproximación de 0.0001 gramos, también existente en el laboratorio PL 203.



**Figura N° 04.** Pesado de 20, 25, 30, 35 y 40 ppm  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Para el uso del sulfato de aluminio se utilizó la referencia siguiente:

**Tabla N° 01.** Productos químicos para el tratamiento de aguas.

Producto químico	Fórmula	Peso molecular	Densidad Kg/l	
			Seca	Líquida
Sulfato de aluminio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	666.7	0,961-1,201	1,250-1,281 (49%)
	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	594.3	0,961-1,201	1,330-1,361 (49%)
Cloruro férrico	$\text{FeCl}_3$	162.1		1,345-1,490
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	400		
	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	454		1,120-1,153
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278.0	0,993-1,057	
Cal	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	56 como CaO	0,560-0,800	

**Fuente:** Metcalf y Eddy 1995.

El ensayo de jarras se realizó utilizando 5 vasos precipitados transparentes de 500 ml de volumen, se agita 5 minutos mediante una varilla de agitación y se le deja sedimentar por 20 minutos.



**Figura N° 05.** Ensayo de jarras de 5 muestras, a 25°C temperatura ambiente, utilizando  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

La Botella 7: Agua destinada para la evaluación del contenido de la turbidez mediante el uso del coagulante natural (mucílago de nopal). Para la determinación de la turbidez se realizó el pesado del mucílago de nopal en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Se inició con 83 NTU (a 25 °C).

El ensayo de jarras se realizó de la misma forma que el caso anterior, pero en diferentes concentraciones, en este ensayo de jarras se utilizó las siguientes dosis: 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 50 ppm y 70 ppm de mucílago de nopal.

### **2.2.2. Procedimiento de la mejor concentración.**

Se realizó mediante la prueba de jarras en el laboratorio de la UNTRM, la cual se describirá a continuación:

- Se utilizó 5 vasos precipitados transparentes de 500 ml.
- Se le agrego 200 ml de agua a cada vaso precipitado de 500 ml.
- Seguidamente se le agregó sulfato de aluminio a: 20, 25, 30, 35 y 40 ppm a cada uno de los vasos precipitados, los cuales se agitaron por 5 min.
- Luego se le agrego mucílago de nopal a: 10, 20, 30, 50 y 70 ppm a cada uno de los vasos precipitados, los cuales se agitaron por 5 min.
- Se le dejó sedimentar por 20 min a cada una de las muestras, pasado dicho tiempo de sedimentación se extrajo 150 ml de cada muestra y se le envió al laboratorio Rivelab – S.A.C. de la ciudad de Trujillo.

### 2.2.3. Comparación del rendimiento floculante del mucílago de nopal respecto al sulfato de aluminio.

Para la evaluación del efecto se usará las pruebas estadísticas de ANOVA (análisis de varianza) para comparar si los dos tratamientos son iguales o no; la cual se evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. Donde la hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados de los análisis físico – químicos (Turbidez).

**Tabla N° 02.** Resultados del mucílago de nopal en la reducción de la turbidez

		TURDIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)
PRUEBA DE JARRAS 1 (3 REPETICIONES)	DOSIS 1 (10 ppm)	83	51
	DOSIS 1 (10 ppm)	83	53
	DOSIS 1 (10 ppm)	83	52
PRUEBA DE JARRAS 2 (3 REPETICIONES)	DOSIS 2 (20 ppm)	83	48
	DOSIS 2 (20 ppm)	83	46
	DOSIS 2 (20 ppm)	83	44
PRUEBA DE JARRAS 3 (3 REPETICIONES)	DOSIS 3 (30 ppm)	83	37
	DOSIS 3 (30 ppm)	83	39
	DOSIS 3 (30 ppm)	83	38
PRUEBA DE JARRAS 4 (3 REPETICIONES)	DOSIS 4 (50 ppm)	83	41
	DOSIS 4 (50 ppm)	83	39
	DOSIS 4 (50 ppm)	83	40
PRUEBA DE JARRAS 5 (3 REPETICIONES)	DOSIS 5 (70 ppm)	83	43
	DOSIS 5 (70 ppm)	83	41
	DOSIS 5 (70 ppm)	83	42

**Fuente:** Laboratorio Rivelab – S.A.C

**Tabla N° 03.** Resultados del sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez

		TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)
PRUEBA DE JARRAS 1 (3 REPETICIONES)	DOSIS 1 (20 ppm)	83	42
	DOSIS 1 (20 ppm)	83	43
	DOSIS 1 (20 ppm)	83	41
PRUEBA DE JARRAS 2 (3 REPETICIONES)	DOSIS 2 (25 ppm)	83	33
	DOSIS 2 (25 ppm)	83	35
	DOSIS 2 (25 ppm)	83	37
PRUEBA DE JARRAS 3 (3 REPETICIONES)	DOSIS 3 (30 ppm)	83	27
	DOSIS 3 (30 ppm)	83	28
	DOSIS 3 (30 ppm)	83	26
PRUEBA DE JARRAS 4 (3 REPETICIONES)	DOSIS 4 (35 ppm)	83	22
	DOSIS 4 (35 ppm)	83	21
	DOSIS 4 (35 ppm)	83	23
PRUEBA DE JARRAS 5 (3 REPETICIONES)	DOSIS 5 (40 ppm)	83	21
	DOSIS 5 (40 ppm)	83	20
	DOSIS 5 (40 ppm)	83	22

**Fuente:** Laboratorio Rivelab – S.A.C

### 3.2. Determinación de la mejor concentración.

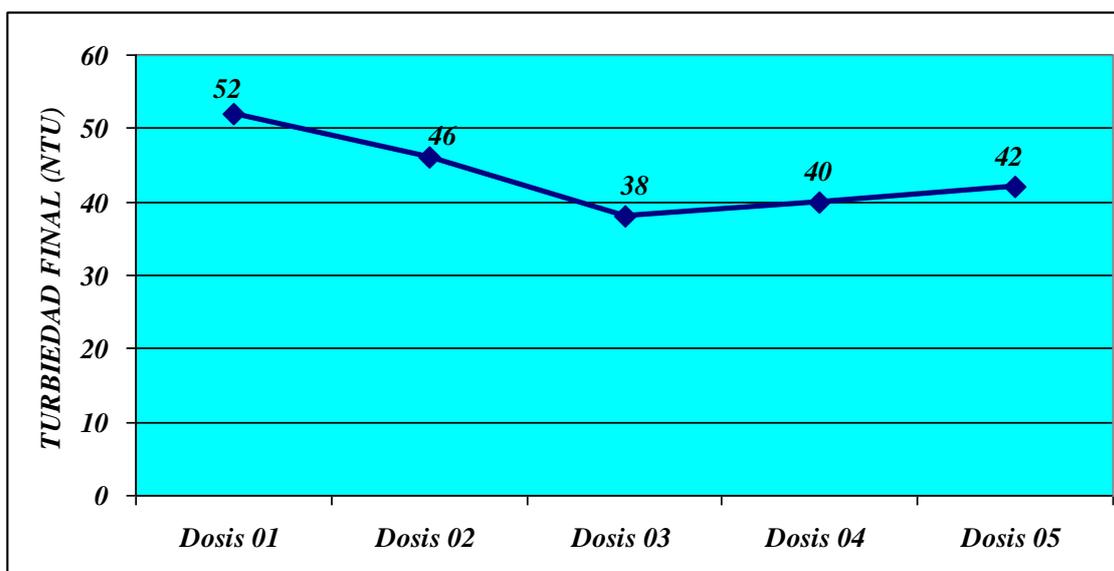
En la mejor concentración se determinó los promedios de los resultados obtenidos mediante la prueba de jarras aplicado en el mucílago de nopal nos dio el siguiente resultado:

**Tabla N° 04.** Evaluación del mucílago de nopal.

Análisis	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
Turbidez inicial	83 NTU				
Dosis mucílago de nopal	10 ppm	20 ppm	30 ppm	50 ppm	70 ppm
Turbidez final	52 NTU	46 NTU	38 NTU	40 NTU	42 NTU
Remoción de turbidez	31 NTU	37 NTU	45 NTU	43 NTU	41 NTU
% de remoción	37.3 %	44.6 %	54.2 %	51.8 %	49.3 %

**Fuente:** Laboratorio Rivelab – S.A.C

En la Figura n° 06 Nos muestra que a medida que se va agregando más dosis de mucílago de nopal a la muestra; se obtendrá una disminución de la turbidez final hasta la jarra 3 luego, conforme se va agregando más dosis de mucílago de nopal, se nota un ligero aumento de la turbidez final.



**Figura n° 06.** Valores de la turbidez final en el mucílago de nopal en las cinco dosis.

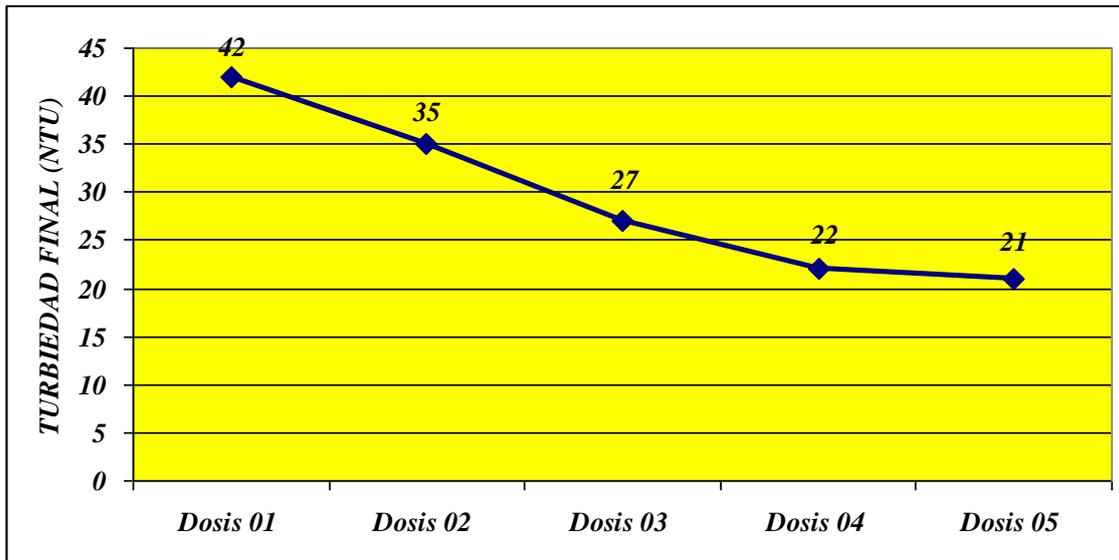
En la mejor concentración se determinó los promedios de los resultados obtenidos mediante la prueba de jarras aplicado en el sulfato de aluminio nos dio el siguiente resultado:

**Tabla N° 05.** Evaluación del sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ .

Análisis	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
Turbidez inicial	83 NTU				
Dosis $Al_2(SO_4)_3$	20 ppm	25 ppm	30 ppm	35 ppm	40 ppm
Turbidez final	42 NTU	35 NTU	27 NTU	22 NTU	21 NTU
Remoción de turbidez	41 NTU	48 NTU	56 NTU	61 NTU	62 NTU
% de remoción	49.4 %	57.8 %	67.5 %	73.5 %	74.7 %

**Fuente:** Laboratorio Rivelab – S.A.C

En la Figura n° 07 nos muestra que a la medida que se va agregando más dosis de sulfato de aluminio a la muestra; se obtendrá una disminución de la turbidez final.



**Figura N° 07.** Valores de la turbidez final en el sulfato de aluminio en las cinco dosis.

### **3.3. Rendimiento floculante del mucílago de nopal respecto al sulfato de aluminio.**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de un análisis de varianza para una estructura de un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar el comportamiento tanto del mucílago de nopal como del sulfato de aluminio, con respecto a su capacidad para incidir en la turbidez y su correspondiente prueba de comparaciones múltiples, específicamente, la prueba de Tukey, dado que se detectaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Además, se procedió a la aplicación de una prueba T-student con el propósito de comparar el efecto del mucílago de nopal y del sulfato de aluminio, en función de la turbidez, previa realización de una prueba de homogeneidad de varianzas.

#### **3.3.1. Mucílago de nopal en la reducción de la turbidez**

##### **a. Análisis de varianza**

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$H_a$ : Al menos dos son diferentes

### Diseño Completamente Aleatorizado para Turbidez

FV	GL	SC	CM	F	P
Dosis	4	369.600	92.4000	57.8	0.0000
Error	10	16.000	1.6000		
Total	14	385.600			

Media General: 43.600 CV: 2.90

#### Conclusión:

- Se rechaza la  $H_0$ , existen diferencias altamente significativas entre las dosis de mucílago de nopal con respecto a los niveles de turbidez ( $F = 57.8$ ,  $P = 0.000 < 0.01$ ).
- Los datos son confiables,  $CV = 2.90 < 35 \%$

#### b. Prueba de Tukey (Comparaciones Múltiples $\alpha:0.05$ )

**Prueba de Tukey (HSD) Comparaciones Múltiples todos contra todos para DOSIS en función de la Turbidez.**

Dosis	Media	Grupos Homogéneos
1	52.000	A
2	46.000	B
5	42.000	C
4	40.000	CD
3	38.000	D

#### Conclusión:

- Dosis 1 (10 ppm) menor efecto en la turbidez.
- Dosis 3 (30 ppm) mayor efecto en la turbidez.

### 3.3.2. Sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez

#### a. Análisis de varianza

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

$H_a$ : Al menos dos son diferentes

### Diseño Completamente Aleatorizado para Turbidez

FV	GL	SC	CM	F	P
Dosis	4	963.600	240.900	151	0.0000
Error	10	16.000	1.600		
Total	14	979.600			

Media General: 29.400 CV: 4.30

#### Conclusión:

- Se rechaza la  $H_0$ , existen diferencias altamente significativas entre las dosis de sulfato de aluminio con respecto a los niveles de turbidez ( $F = 151.0$ ,  $P = 0.000 < 0.01$ ).
- Los datos son confiables,  $CV = 4.30 < 35 \%$

#### b. Prueba de Tukey (Comparaciones Múltiples $\alpha:0.05$ )

Dosis	Media	Grupos Homogéneos
1	42.000	A
2	35.000	B
3	27.000	C
4	22.000	D
5	21.000	D

#### Conclusión:

- Dosis 1 (20 ppm) menor efecto en la turbidez.
- Dosis 4 (35 ppm) y Dosis 5 (40 ppm) mayor efecto en la turbidez.

### 3.3.3. Comparación de Mucílago de nopal vs. Sulfato de aluminio

#### a. Prueba de homogeneidad de varianzas

$H_0$ : Hay homogeneidad de varianzas entre los tratamientos

$H_a$ : No hay Homogeneidad de varianzas entre los tratamientos

F	GL	P
2.54	14,14	0.0461

#### Conclusión:

Se rechaza la  $H_0$ , no existe homogeneidad de varianzas entre los tratamientos ( $F = 2.54$ ,  $P = 0.0461 < 0.05$ )

## b. Prueba T-Student (Muestras Independientes)

**Prueba T-Student para tratamientos (no hay homogeneidad de varianzas) en función de la Turbidez.**

Tratamiento	Media	n	S	SE
1	43.600	15	5.2481	1.3551
2	29.400	15	8.3649	2.1598
Diferencia	14.200			

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

### 95% CI

T	Gl	P	Li	Ls
5.57	23.5	0.0000	8.9323	19.468

### Conclusion:

Se rechaza la  $H_0$ , existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos con respecto a los niveles de turbidez, siendo el tratamiento 2 el que genera un mayor efecto en la remoción de la turbidez ( $T = 5.57$ ,  $P = 0.0000 < 0.01$ ).

#### IV. DISCUSIONES

Con respecto al comportamiento del mucílago de nogal, podemos afirmar que se detectaron diferencias altamente significativas entre las cinco dosis evaluadas, esto se evidencia que el rendimiento floculante cambia de acuerdo a las dosis; en tal sentido, se aplicó una prueba de Tukey para comprobar el nivel de confianza de los resultados obtenidos en donde nos permitió observar que la dosis 1 (10 ppm) tuvo un menor efecto en la turbidez es decir una remoción de la turbidez del 37.3 % en cambio en la dosis 3 (30 ppm) generó un mayor efecto, es decir, una remoción de la turbidez del 54.2 %. Asimismo (Olivero *et al.*, 2013), evaluaron una concentración de 40 mg/L de mucílago de nopal, en el proceso de clarificación lo realizaron mediante una prueba de jarras usando muestras de agua tomadas del río Magdalena en Gambote, Departamento de Bolívar, Colombia, obteniéndose una eficiencia del 93.2 % de remoción de la turbidez.

En cuanto al comportamiento del sulfato de aluminio, podemos expresar que se detectaron diferencias altamente significativas entre las cinco dosis evaluadas, al igual que con el mucílago de nopal. Debido a esto, se efectuó una prueba de Tukey y se obtuvo como resultado, que la dosis 1 (20 ppm) tuvo un menor efecto en la turbidez donde se logró una remoción de la turbidez del 49.4 %, en cambio en las dosis 4 (35 ppm) se obtuvo una remoción del 73.5 % y en la dosis 5 (40 ppm) una remoción de la turbidez del 74.7 %, la cual se comportaron de la misma manera, generando un mayor efecto en la remoción de la turbidez, es decir, una menor turbidez. Asimismo (Jiménez *et al.*, 2012), observaron una eficiencia de remoción del 89 %; cuando se aplicó una dosis de 20 ppm de sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ .

Al comparar el efecto del mucílago de nopal y del sulfato de aluminio, encontramos la existencia de heterogeneidad de varianzas y bajo este escenario, se evidenció la existencia de diferencias altamente significativas, siendo el sulfato de aluminio el que generó un menor valor de turbidez, es decir, tiene un mayor efecto. Asimismo (Almendárez de Quezada, 2004), Determinó que al comparar el mucílago de nopal frente al sulfato de aluminio se aprecia que el rango de dosis tiene diferencias significativas en cuanto a la eliminación de la turbidez, donde el sulfato de aluminio tiene mayor remoción de la turbidez que el mucílago de nopal.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ La turbidez característica físico-químicas de las muestras evaluadas reportaron una turbidez de 83 NTU. Se concluye que el recurso hídrico de la quebrada La Peca estaba en malas condiciones de salubridad por el alto valor de turbidez.
- ✓ El ensayo de jarras evidenció que el sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  en concentraciones de 20, 25, 30, 35 y 40 ppm presenta eficiencias de remoción de turbidez del 49.4 %, 57.8 %, 67.5 %, 73.5 % y 74.7 % respectivamente. Asimismo, el mucílago de nopal en concentraciones de 10, 20, 30, 50 y 70 ppm presenta eficiencias de remoción de turbidez del 37.3 %, 44.6 %, 54.2 %, 51.8 % y 49.3 % respectivamente.
- ✓ Al comparar dichas concentraciones nos permitió observar que la mejor concentración para sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez fue la dosis de 40 ppm logrando una eficiencia de remoción del 74.7 %. En cambio, para el mucílago de nopal fue la dosis de 30 ppm logrando reducir la turbidez en un 54.2 %. Con ello, se determinó que el sulfato de aluminio tiene mayor rendimiento floculante en la remoción de la turbidez del agua.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Fomentar las investigaciones relacionadas en temas de tratamiento de aguas para consumo humano usando floculantes naturales en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Debido a que el consumo de sales inorgánicas disueltas en el agua no es beneficioso para la salud humana.

Poner de conocimiento público la presente investigación y los resultados ya que pueden servir como base a otros investigadores, así mismo para la toma de decisiones en futuros planes para el tratamiento de agua potable.

Orientar de manera especial a los pobladores que cuentan con terrenos en las zonas aledañas a la quebrada La Peca para colaborar con la conservación de dicha quebrada.

Que las instituciones gubernamentales se involucren con investigaciones para contribuir con apoyo presupuestal en investigaciones con participación de la academia.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Almendárez de Quezada, N. (2004). *Comprobación de la efectividad del coagulante en aguas del lago de Managua “Piedras Azules.”* Revista Iberoamericana de Polímeros, 5(1), 46–54.
- Aguirre, S. E., y Piraneque, N. V. (2018). Sustancias Naturales : Alternativa para el Tratamiento de Agua Natural Substances : Alternative for the Treatment of Magdalena River ´ s Water in Palermo Colombia, 29(3), 59–70.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición, Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria.* Mc Graw Hill. Colombia.
- Castellanos Corredor María C., Becerra Mora N., Carreño Nury L. y Páez Cepeda L. (2012). *Estudio comparativo de la acción coagulante-floculante del mucilago de opuntia ficus indica por los métodos: coagulación y electrocoagulación en los lixiviados del relleno sanitario Pirgua de Tunja.* Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X. Vol. 5, N° 1, 44 – 55. Colombia.
- Jiménez Antillón J., Vargas Camareno M., y Quirós Bustos Noemi. (2012). *Evaluación del napal (Opuntia cochenillifera) para la remoción del color en agua potable.* Revista Tecnología en Marcha. Vol. 25, N° 4. Pág 55-62. Costa Rica.
- Metcalf y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.* Tercera edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid (España). 2 volúmenes.
- Melrose, J., Perroy, R., y Careas, S. (2015). *Tratamiento Ecológico, Una Alternativa Sustentable Para La Purificación De Aguas Contaminadas.* Universidad Católica Santa María. Arequipa. Perú.
- Olivero Verbel R., Mercado Martínez I., y Montes Gazabón L. (2013). *Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal Opuntia ficus-indica.* Revista Producción + Limpia - Enero - Junio de 2013. Vol. 8, N°1 - 19•27. COLCIENCIAS-Universidad de Sucre. Colombia.

- Organización Mundial de la Salud, OMS. *Progresos en materia de saneamiento y agua potable: informe de actualización 2015 y evaluación del ODM* (en línea: <https://goo.gl/ifVxKo>, acceso 15 de enero 2017), Unicef OMS (2015).
- Sánchez Martín, J., Beltrán Heredia, J., y Solera-Hernández, C. (2010). *Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials*. *Journal of Environmental Management*, 91(10), 2051–2058. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.013>
- Tejada Tumba B., (2015). *Efecto del uso del coagulate natural de nopal (opuntia ficus-indica) en la calidad del agua del lado bajo del centro poblado San Antonio, distrito de Moquegua en la provincia Mariscal Nieto, región Moquegua 2015*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua. Perú.
- Villabona Ortiz A. , Paz Astudillo, I. C., y García Martínez, J. (2013). *Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural Characterization of Opuntia ficus-indica for using as a natural coagulant*. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, XV(1), 137–144.

# **ANEXOS**

## ANEXO 01

### RESULTADOS FÍSICO – QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS



**RIVELAB - S.A.C.**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS



#### INFORME DE ENSAYO N°247- 2018-RIVELAB/FQ

##### DATOS GENERALES:

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: Físico – químico

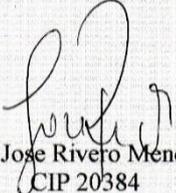
##### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-001  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

##### RESULTADOS:

pH: 7,17  
Conductividad eléctrica: 214,16  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .  
Oxígeno disuelto: 7.8 ppm  
Sólidos totales disueltos: 121 ppm.  
Turbidez: 83 NTU.  
DQO: 18 ppm  
Dureza: 84 mg /Lt  $\text{CaCO}_3$   
Alcalinidad: 80 ppm.

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel: #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N° 248 - 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: Cuantitativo  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Mg, Ca, Cl

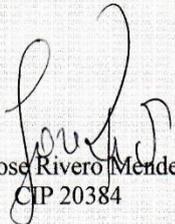
**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-002  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

Nitrógeno nítrico: 9.7 ppm  $\text{NO}_3^-$   
Sulfato: 36 mg /Lt  $\text{SO}_4^{-2}$   
Magnesio: 1.85 mg /Lt Mg  
Calcio: 0.3 mg /Lt Ca  
Cloruro: 12.41 ppm

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
joferime@hotmail.com

Cel. #95580531  
RPM: #94210191



**INFORME DE ENSAYO N° 249- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: Microbiológico

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-003  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

Coliformes totales UFC/25 mL:  $7.2 \times 10^2$   
*Escherichia coli* UFC/25 mL.: Positivo

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
joferime@hotmail.com

Cel. #95580531  
RPM: #94210195  
Fijo: 044 346295



**INFORME DE ENSAYO N°250- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

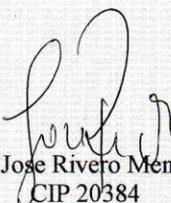
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-004  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
Turbidez inicial (NTU)	83	83	83	83	83
Dosis de Nopal (ppm)	10	20	30	50	70
Turbidez final (NTU)	51	48	37	41	43
Remoción de turbidez (NTU)	32	35	46	42	40
% de remoción	38.5	42.2	55.4	50.6	48.1

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N°251- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

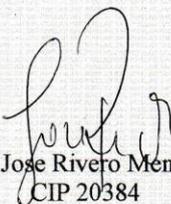
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-005  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
Turbidez inicial (NTU)	83	83	83	83	83
Dosis de Nopal (ppm)	10	20	30	50	70
Turbidez final (NTU)	53	46	39	39	41
Remoción de turbidez (NTU)	30	37	44	44	42
% de remoción	36.1	44.6	53	53	50.6

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N°252- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

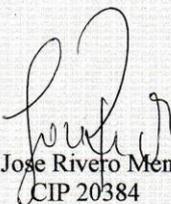
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-006  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
<b>Turbidez inicial (NTU)</b>	83	83	83	83	83
<b>Dosis de Nopal (ppm)</b>	10	20	30	50	70
<b>Turbidez final (NTU)</b>	52	44	38	40	42
<b>Remoción de turbidez (NTU)</b>	31	39	45	43	41
<b>% de remoción</b>	37.3	47	54.2	51.8	49.3

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N°253- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

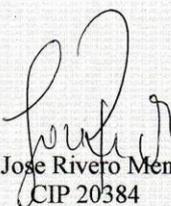
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-007  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
<b>Turbidez inicial (NTU)</b>	83	83	83	83	83
<b>Dosis Al2 (SO4)3 (ppm)</b>	20	25	30	35	40
<b>Turbidez final (NTU)</b>	42	33	27	22	21
<b>Remoción de turbidez (NTU)</b>	41	50	56	61	62
<b>% de remoción</b>	49.4	60.2	67.5	73.5	74.7

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N°254- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

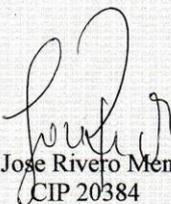
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-008  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
<b>Turbidez inicial (NTU)</b>	83	83	83	83	83
<b>Dosis Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (ppm)</b>	20	25	30	35	40
<b>Turbidez final (NTU)</b>	43	35	28	21	20
<b>Remoción de turbidez (NTU)</b>	40	48	55	62	63
<b>% de remoción</b>	48.2	57.8	66.3	74.7	75.9

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195



**INFORME DE ENSAYO N°255- 2018-RIVELAB/FQ**

**DATOS GENERALES:**

Solicitante: Anthony Smith Guevara Flores  
Ensayo solicitado: **TURBIEDAD**

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:**

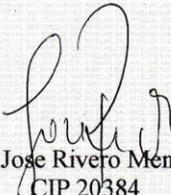
Muestra: Agua superficial  
Procedencia: Quebrada La Peca.  
Código de la muestra: M-009  
Presentación: 1000 mL botella de plástico  
Fecha del muestreo: 18 junio, 2018

**RESULTADOS:**

	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5
Turbidez inicial (NTU)	83	83	83	83	83
Dosis Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ppm)	20	25	30	35	40
Turbidez final (NTU)	41	37	26	23	22
Remoción de turbidez (NTU)	42	46	57	60	61
% de remoción	50.6	55.4	68.7	72.3	73.5

Rivelab

Trujillo, 25 de Junio de 2018

  
Dr. Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108  
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com  
ioferime@hotmail.com

Cel. #95580535  
RPM: #94210195

## ANEXO 02

### RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

- **Resultados del mucílago de nopal en la reducción de la turbidez**

#### a. Matriz de información

N° muestras	Repetición	Turbidez NTU
1	1	51
1	2	53
1	3	52
2	1	48
2	2	46
2	3	44
3	1	37
3	2	39
3	3	38
4	1	41
4	2	39
4	3	40
5	1	43
5	2	41
5	3	42

#### b. Análisis de varianza

##### Completely Randomized AOV for TURBIDEZ

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	4	369.600	92.4000	57.8	0.0000
Error	10	16.000	1.6000		
Total	14	385.600			

Grand Mean 43.600    CV 2.90

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	1.61	4	0.8077
Cochran's Q	0.5000		
Largest Var / Smallest Var	4.0000		

Component of variance for between groups	30.2667
Effective cell size	3.0

Doses	Mean
1	52.000
2	46.000
3	38.000
4	40.000
5	42.000

Observations per Mean	3
Standard Error of a Mean	0.7303
Std Error (Diff of 2 Means)	1.0328

**c. Prueba de Tukey (Comparaciones Múltiples)**

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TURBIDEZ by DOSES**

Doses	Mean	Homogeneous Groups
1	52.000	A
2	46.000	B
5	42.000	C
4	40.000	CD
3	38.000	D

Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	1.0328
Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	3.3993

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

• **Resultados del sulfato de aluminio en la reducción de la turbidez**

**a. Matriz de información**

N° muestras	Repetición	Turbidez NTU
1	1	42
1	2	43
1	3	41
2	1	33
2	2	35
2	3	37
3	1	27
3	2	28
3	3	26
4	1	22
4	2	21
4	3	23
5	1	21
5	2	20
5	3	22

**b. Análisis de varianza**

**Completely Randomized AOV for TURBIDEZ**

Source	DF	SS	MS	F	P
Doses	4	963.600	240.900	151	0.0000
Error	10	16.000	1.600		
Total	14	979.600			

Grand Mean 29.400 CV 4.30

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	1.61	4	0.8077
Cochran's Q	0.5000		
Largest Var / Smallest Var	4.0000		

Component of variance for between groups 79.7667

Effective cell size 3.0

**Doses Mean**

1	42.000
2	35.000
3	27.000
4	22.000
5	21.000

Observations per Mean 3

Standard Error of a Mean 0.7303

Std Error (Diff of 2 Means) 1.0328

**c. Prueba de Tukey (Comparaciones Múltiples)**

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TURBIDEZ by DOSES**

Doses	Mean	Homogeneous Groups
1	42.000	A
2	35.000	B
3	27.000	C
4	22.000	D
5	21.000	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0328

Critical Q Value 4.655 Critical Value for Comparison 3.3993

There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

- **Comparación mucílago del nopal vs. sulfato de aluminio en función de la turbidez final.**

**a. Matriz de información**

<b>N° muestras</b>	<b>Repetición</b>	<b>Turbidez NTU</b>
1	1	51
1	2	53
1	3	52
1	4	48
1	5	46
1	6	44
1	7	37
1	8	39
1	9	38
1	10	41
1	11	39
1	12	40
1	13	43
1	14	41
1	15	42
2	1	42
2	2	43
2	3	41
2	4	33
2	5	35
2	6	37
2	7	27
2	8	28
2	9	26
2	10	22
2	11	21
2	12	23
2	13	21
2	14	20
2	15	22

**b. Prueba t-Student (muestras Independientes)**

**Two-Sample T Tests for TURBIDEZ by TRATAMIEN**

TRATAMIEN	Mean	N	SD	SE
1	43.600	15	5.2481	1.3551
2	29.400	15	8.3649	2.1598

Difference 14.200

Null Hypothesis: difference = 0

Alternative Hyp: difference  $\neq$  0

Assumption	T	DF	P	95% CI for Difference	
				Lower	Upper
Equal Variances	5.57	28	0.0000	8.9772	19.423
Unequal Variances	5.57	23.5	0.0000	8.9323	19.468
Test for Equality	F	DF	P		
of Variances	2.54	14,14	0.0461		

Cases Included 30 Missing Cases 0

**ANEXO 03**

**PANEL FOTOGRAFICO DEL PROCESO DE MUCÍLAGO DE NOPAL**



**Fotografía N° 01.** Toma de muestras del nopal.



**Fotografía N° 02.** Secado del nopal.



**Fotografía N° 03.** Molienda del nopal.



**Fotografía N° 04.** Mucílago de nopal obtenido de la molienda.

## ANEXO 04

### PANEL FOTOGRAFICO DE ENSAYOS DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA



**Fotografía N° 01.** Evaluación de propiedades física del agua



**Fotografía N° 02.** Comprobación de Ph