

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS:

**“Estudio Comparativo Del Alumbre Y Coagulantes Naturales Para Remover
La Turbidez Del Agua En El Centro Poblado Agropensa - Barranca, 2019”**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: CANO CORDOVA, GIAN MARTIN EDUVIO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

ASESOR:

Mg. JOSÉ SAÚL ORBEGOSO LÓPEZ

CIP: 22021

HUACHO – PERU

2023

“Estudio Comparativo Del Alumbre Y Coagulantes Naturales Para Remover La Turbidez Del Agua En El Centro Poblado Agropensa Barranca, 2019”

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ug.edu.ec	

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL ALUMBRE Y COAGULANTES NATURALES
PARA REMOVER LA TURBIDEZ DEL AGUA EN EL CENTRO POBLADO
AGROPENSA BARRANCA, 2019**

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO

M(o). Guerra Lazo, Cayo Eduardo
PRESIDENTE

M(o) Gonzales Torres, Luis Rolando
SECRETARIO

Dra. Zavaleta Sotelo, Dalila Inocenta
VOCAL

M(o) Orbegoso López, José Saúl
SECRETARIO

HUACHO – PERU

2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo:

A Dios, por darme fuerzas Para continuar

Con los retos que se afrontan en la vida

A mi Madre, Ruth Cordova por su amor incondicional

Por el apoyo que me brinda día a día.

A mi Padre, Eduvio Cano por sus sabios consejos y enseñanzas

A mi Hermano, Gael Cano Cordova, por enseñarme

A ser perseverante y tener paciencia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, Por darme perseverancia y

Fuerzas para concluir este trabajo.

A mi Asesor, por brindarme su apoyo, tiempo,

Paciencia y amistad.

A mi Alma mater, la escuela de Ing. Química

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	4
1.1.1 Localización del canal de agua Agropensa	5
1.2. Formulación del problema	6
1.2.1 Problema General.....	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Objetivo de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la investigación.....	6
1.4.1 Justificación práctica.....	6
1.4.2 Justificación teórica.....	7
1.4.3 Justificación metodológica.....	7
1.4.4 Justificación socioeconómica.....	7
1.5 Delimitación del estudio	7
1.5.1 Delimitación espacial	7
1.5.2 Delimitación temporal.....	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes De La Investigación.....	8
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2 Antecedentes nacionales	11
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1 Coagulantes químicos más usados.....	14
2.2.2 Coagulantes naturales.....	17
2.2.3 Coagulantes poli electrolíticos	22
2.2.4 Diferencia entre coagulantes orgánicos e inorgánicos	23

2.2.5 Impurezas presentes en el agua.....	23
2.2.6 Remoción de turbidez del agua.....	24
2.2.7 Pre tratamiento para la potabilización de agua.....	28
2.2.8 Extracción de colorantes con el equipo soxhlet.....	33
2.2.9 Prueba de Jarra.....	35
2.2.10 Características para la calidad de agua.....	38
2.3 Bases filosóficas.....	39
2.4 Definición de términos básicos.....	41
2.5 Formulación de la Hipótesis.....	42
2.5.1. Hipótesis general.....	42
2.5.2 Hipótesis específicas.....	42
2.5.3 Operacionalización de variables.....	43
CAPITULO III METODOLOGÍA.....	44
3.1 Diseño metodológico.....	44
3.1.1 Tipo de investigación.....	44
3.1.2 Nivel de investigación.....	44
3.1.3 Diseño de la investigación.....	44
3.1.4 Enfoque.....	46
3.2 Población y muestra.....	46
3.2.1 Población.....	46
3.2.2 Muestra.....	46
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.3.1 Técnicas de lectura.....	46
3.3.2 Técnicas de observación.....	46
3.3.3 Medios de observación.....	47
3.3.4 Descripción de los instrumentos.....	48
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	50
CAPITULO IV RESULTADOS.....	51
4.1 Análisis de resultado.....	51
4.1.1 Análisis fisicoquímicos de las muestras de agua cruda.....	51
4.1.2 Preparación de Sulfato de aluminio.....	52
4.1.3 Aplicación de sulfato de aluminio.....	53
4.1.4 Preparación de coagulante de la penca de tuna.....	58

4.2 Contraste de la Hipótesis.....	63
4.2.1 Resultados de análisis de varianza (ANOVA DE UN FACTOR)	63
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	67
5.1 Discusión De Resultados.....	67
CAPITULO VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	68
6.1 Conclusiones	68
6.2 Recomendación	69
CAPITULO VII. REFERENCIAS.....	70
7.1 Fuentes documentales.	70
7.2. Fuentes bibliográficas	70
7.3. Fuentes hemerográficas.....	71
7.4. Fuentes electrónicas	71
ANEXOS.....	75
Anexo 1. Toma de muestra de agua a tratar.....	75
Anexo 2. Análisis inicial de agua cruda.....	76
Anexo 3. Preparación de sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃ - Alumbre)	77
Anexo 4. Extracción de coagulante de penca de tuna.....	78
Anexo 5. Test de Jarras	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Ubicación del C.P. Agropensa en la provincia de Barranca.....	5
Figura 2. Localización del canal en el centro poblado Agropensa.....	5
Figura 3. Penca de tuna o nopal.....	20
Figura 4. Agave americana de la UNJFSC.....	21
Figura 5. Doble capa eléctrica de una partícula coloidal.....	26
Figura 6. Equipo Soxhlet.....	34
Figura 7. Diagrama de bloques para extracción de coagulante de penca de tuna.....	45
Figura 8. Canal del centro poblado Agropensa.....	75
Figura 9. Muestras de agua cruda para tratamiento.....	75
Figura 10. Turbidez de agua cruda.....	76
Figura 11. pH de agua cruda.....	76
Figura 12. Conductividad de agua cruda.....	76

Figura 13. Sulfato de aluminio (alumbre).....	77
Figura 14. Peso de sulfato de aluminio.....	77
Figura 15. Lavado de la penca de tuna (acondicionamiento).....	78
Figura 16. Corte y pesaje de la penca de tuna.....	78
Figura 17. secado y molido de la penca de tuna.....	79
Figura 18. extracción de pigmentos con equipo soxhlet.....	79
Figura 19. comparación de muestras con y sin pigmento.....	80
Figura 20. Análisis de agua - pre tratamiento.....	80
Figura 21. Dosificación de sulfato de aluminio.....	81
Figura 22. Medición de pH durante la prueba de jarra.....	81
Figura 23. Turbidez de agua tratada con Alumbre (post análisis).....	82
Figura 24. Turbidez de agua tratada con penca de tuna (post análisis).....	82

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Composición por cada 100g de nopal.....	19
Tabla 2. Composición por cada 100g de agave.....	21
Tabla 3. Clasificación de los coloides.....	28
Tabla 4. Velocidad de sedimentación según el diámetro.....	32
Tabla 5. Solventes y punto de burbuja.....	35
Tabla 6. Límites Máximos Permisibles microbiológicos.....	38
Tabla 7. Límites máximos permisibles de parámetros organolépticos.....	39
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	43
Tabla 9. Características de los equipos electrónicos a usar.....	48
Tabla 10. Descripción de materiales de vidrio.....	49
Tabla 11. Descripción de materiales generales.....	49
Tabla 12. Insumos utilizados en la obtención de coagulante natural.....	50
Tabla 13. Análisis inicial de agua cruda - pre tratamiento.....	51
Tabla 14. Solución madre de alumbre.....	52
Tabla 15. Disolución de solución madre.....	52
Tabla 16. Dosis a las muestras de agua cruda.....	52
Tabla 17. Análisis de turbidez post-prueba con alumbre.....	53
Tabla 18. Análisis de pH con alumbre post-prueba.....	55

Tabla 19. Análisis de Conductividad post-prueba.....	57
Tabla 20. Porcentaje de Remoción de agua de penca de tuna.....	58
Tabla 21. Dosis para las muestras de agua cruda.....	59
Tabla 22. Análisis de turbidez post-prueba con penca.....	59
Tabla 23. Remoción de turbidez tratada con penca de tuna.....	60
Tabla 24. Análisis de pH con alumbre post-prueba.....	61
Tabla 25. Análisis de conductividad con penca post test.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Turbidez y pH inicial.....	51
Gráfico 2. Concentración de muestras de agua tratada.....	52
Gráfico 3. Turbidez individual por cada prueba.....	54
Gráfico 4. Regresión lineal de turbidez con alumbre.....	54
Gráfico 5. pH por prueba individual prueba.....	56
Gráfico 6. Regresión lineal de pH con alumbre.....	56
Gráfico 7. Regresión lineal de conductividad con alumbre.....	57
Gráfico 8. Remoción de agua de la penca de tuna.....	58
Gráfico 9. Regresión lineal de turbidez con penca de tuna.....	60
Gráfico 10. Regresión lineal de pH con penca de tuna.....	61
Gráfico 11. Regresión lineal de conductividad con penca post test.....	62

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene por objeto comparar un coagulante natural frente a un coagulante químico, de tal manera que se pueda recaudar información para justificar una alternativa de reemplazo ya que surge la necesidad de tal fin.

Agropensa tiene más de 20 años de ser poblada y desde la fecha su mayor carencia es el abastecimiento de agua potable problema que aqueja a gran parte del territorio nacional, la fuente con la cual satisfacen esta necesidad es el acopio de un canal que pasa por la orilla de dicho centro, durante todo el año este recurso hídrico posee niveles muy altos de turbidez, el sulfato de aluminio ha sido y es el único medio por el cual los moradores logran reducir la turbidez sin saber el riesgo que este puede presentar a su salud, sin embargo la zona tiene plantaciones de penca de tuna, motivo por el cual impulsa a la indagación y estudio de poder dar un aprovechamiento ya que esta planta posee un mucilago que contiene polielectrolitos que ayuda a la desestabilización de las partículas coloidales para así remover la turbidez del agua, y poder llegar a obtener características aceptables dentro de los parámetros establecidos por el reglamento de calidad de agua, y como sub alternativa aprovechar también los lodos provenientes de este tratamiento ya que es de una fuente natural, a diferencia del sulfato de aluminio, porque estudios revelan que los lodos provenientes de dicho mineral provoca que las tierras no fertilicen en el tiempo.

Para este trabajo es fundamental seguir paso a paso las metodologías y técnicas, ya que se realizan análisis fisicoquímicos como conductividad, potencial de hidrogeno, turbidez entre otros, para ello los materiales eh instrumentos de laboratorio cuentan con certificado de calibración para obtener datos confiables, precisos y exactos.

RESUMEN

El trabajo de investigación nos permite estudiar y comparar dos tipos de coagulantes, uno industrial (sulfato de aluminio) y otro natural (penca de tuna), mediante la técnica de test de jarra, y como efecto la remoción de turbidez que presentan cada uno de estos tipos de coagulantes, con la finalidad de optar como alternativa el uso de coagulantes naturales ya que el sulfato de aluminio tiene indicios de daño a la salud.

Según la metodología se inicia tomando muestras de agua de la fuente de abastecimiento del centro poblado Agropensa, 20 litros aproximadamente, se realizó los análisis fisicoquímicos iniciales, para observar el comportamiento después de ser sometido a tratamiento, posterior a ello se recolecta pencas de tuna de la misma zona, se lavó, trozó, y secó a 50°C, luego se trituro y se extrajo los pigmentos con etanol en el equipo soxhlet, se adicional etanol para separar el mucilago y luego se evaporó para volver a ser molido, con el mucilago ya obtenido se dosifica el agua inicial a diferentes concentraciones 25mg/L; 50mg/L; 75mg/L; 90mg/L 100mg/L, luego se realizó análisis fisicoquímicos dando una remoción de turbidez de 88.7% y un valor de 4.71 UNT a una concentración de 90mg/L; y a una concentración de 100mg/L, 90.4% de remoción y 4.01 UNT.

Por otro lado el tratamiento con Sulfato de aluminio se realizó con una solución madre inicial de 7000 ppm y se dosificó a 1 ml; 3 ml; 5 ml; 7 ml y 10 ml cada muestra, a 5ml obtuvimos una remoción mínima aceptable de 88.8% y 4.68 UNT y a 10ml una remoción de turbidez máxima de 97.5 % y 1.05 UNT.

Ambos valores mínimos y máximos son aceptados por los límites máximos que se registra en el reglamento de calidad de agua – DIGESA

Palabras clave: coagulantes naturales, coagulantes sintéticos, coagulación, penca de tuna, Equipo Soxhlet, Sulfato de Aluminio, tratamiento de agua, prueba de Jarra.

ABSTRACT

The research work allows us to study and compare two types of coagulants, one industrial (aluminum sulphate) and the other natural (prickly pear), using the jar test technique, and as an effect the removal of turbidity that each one of them presents. These types of coagulants, in order to opt for the use of natural coagulants as an alternative, since aluminum sulfate has signs of harm to health.

According to the methodology, it begins by taking samples of water from the supply source of the Agropensa populated center, approximately 20 liters, the initial physicochemical analyzes were carried out, to observe the behavior after being subjected to treatment, after which prickly pear leaves are collected. The same area was washed, cut, and dried at 50°C, then it was crushed and the pigments were extracted with ethanol in the Soxhlet equipment, ethanol was added to separate the mucilage and then it was evaporated to be ground again, with the mucilage already obtained, the initial water is dosed at different concentrations 25mg/L; 50mg/L; 75mg/L; 90mg/L 100mg/L, then physicochemical analysis was performed giving a turbidity removal of 88.7% and a value of 4.71 UNT at a concentration of 90mg/L; and at a concentration of 100mg/L, 90.4% removal and 4.01 UNT.

On the other hand, the treatment with aluminum sulfate was carried out with an initial stock solution of 7000 ppm and it was dosed at 1 ml; 3ml; 5ml; 7 ml and 10 ml each sample, at 5ml we obtained a minimum acceptable removal of 88.8% and 4.68 UNT and at 10ml a maximum turbidity removal of 97.5% and 1.05 UNT.

Both minimum and maximum values are accepted by the maximum limits that are registered in the water quality regulation – DIGESA

Keywords: natural coagulants, synthetic coagulants, coagulation, prickly pear stalk, Soxhlet Equipment, Aluminum Sulfate, water treatment, Jar test.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El tratamiento de agua para la potabilización es uno de los principales problemas que presentan los centros poblados en los diferentes lugares del territorio peruano, por tal motivo se registran numerosas enfermedades provenientes de esta realidad y pone en peligro la salud de adultos y niños, para ello es vital recurrir a un método de tratamiento de agua, para reducir la concentración de impurezas que contiene el agua que no es tratada hasta niveles permisibles para el consumo humano y así mejorar la calidad de vida de los habitantes de dichos centros poblados, disminuyendo la tasa de mortalidad. La falta de interés del tema es el motivo por el cual no se le brinda alternativas de solución, adicionando a ello la falta de recursos económicos que acentúan la problemática del tratamiento de agua para consumo humano.

Siendo esta realidad uno de los principales problemas que aqueja a los habitantes del centro poblado Agropensa hace más de 15 años, consumiendo agua de un canal proveniente del río Pativilca, con alto nivel de turbiedad, al no tener ningún tipo de tratamiento previo a la potabilización para su consumo, sumado a esto la forma inadecuada de su almacenamiento ya que depositan el agua extraída del canal en tanques insalubres y descubiertos totalmente, siendo fuente de proliferación de distintos vectores de enfermedades afectando no solo a sus hogares sino también a toda la comunidad y alrededores.

Los habitantes del centro poblado Agropensa en su necesidad de consumir el agua, utilizan floclantes químicos como el alumbre para acelerar el tiempo de sedimentación de la turbidez del agua, sin saber el daño y las enfermedades que este puede causar en su salud, por tanto es importante estudiar y comparar la efectividad de floclantes naturales y convencionales, para sedimentar los sólidos suspendidos (turbidez) del agua de manera rápida, económica y eficaz.

1.1.1 Localización del canal de agua Agropensa

El centro poblado Agropensa se encuentra ubicado en Departamento de Lima, provincia de Barranca, en el distrito de Barranca a 3.5 Km al lado Este de la provincia, a continuación se mostrarán unas imágenes de localización:



Figura 1: Ubicación del C.P. Agropensa en la provincia de Barranca

Fuente: <https://www.googlemaps.com>



Figura 2: Localización del canal en el centro poblado Agropensa

Fuente: <https://www.googlemaps.com>

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera el estudio comparativo del alumbre y coagulantes naturales influye en la remoción de turbidez del agua en el centro poblado Agropensa – Barranca 2019?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo evaluar la dosis optima del alumbre y de un coagulante natural para remover de la turbidez del agua en el centro poblado Agropensa, Barranca 2019?

¿Cómo determinar la clase de coagulante más efectiva frente a la remoción de turbidez del agua en el centro poblado Agropensa, Barranca 2019?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Estudiar y comparar el alumbre frente a un coagulante natural para la remoción de la turbidez del agua en el centro poblado Agropensa - Barranca, 2019.

1.3.2 Objetivos Específicos

Evaluar la dosis optima del alumbre y de un coagulante natural para la remoción de la turbidez del agua en el centro poblado Agropensa, Barranca 2019.

Determinar la clase de coagulante es más efectiva frente a la remoción de turbidez del agua en el centro poblado Agropensa, Barranca 2019.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación práctica

El trabajo de investigación permitió dar mostrar que existen métodos aplicativos para la remoción de la turbidez con coagulantes naturales, siendo estas diferentes a los coagulantes convencionales, ayudando al pre tratamiento del agua para el consumo humano, aprovechando también los lodos de procedencia orgánica para el cultivo de las mismas en el centro poblado Agropensa 2019

1.4.2 Justificación teórica

La investigación que se realizará proviene de una problemática que aqueja a más de un centro poblado por ende la solución que se le brinda servirá como referencia de nuevos saberes y conocimientos aplicativos para todo investigador que esté interesado a coleccionar información referente al tema, esta recopilación de datos en forma conjunta ayudará a resolver enigmas, de cómo realizar un pre tratamiento de agua de manera más eficiente para una mejor calidad de agua.

1.4.3 Justificación metodológica

El procedimiento experimental se realizará en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química bajo la supervisión de especialistas en el tema, los laboratorios cuenta con equipos modernos y correctamente calibrados el cual nos permitirá obtener resultados favorables, de esta manera se podrá validar que el trabajo de investigación es confiable y servirá como referencia a futuras investigaciones del mismo tipo.

1.4.4 Justificación socioeconómica

El trabajo de investigación resultará beneficioso, ya que aportará en el sector salud brindando una alternativa de solución para mejorar la calidad de agua, utilizando un coagulante de plantas naturales, obteniendo también lodos de procedencia orgánica que pueden servir de abono para el sembrío de las mismas.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

Lugar: Centro Poblado Agropensa

Provincia: Barranca

Departamento: Lima

1.5.2 Delimitación temporal

La investigación se realizó durante el 2019; 2020; 2022, debido a la Coyuntura y la propagación de la COVID-19 que afecta a nivel mundial.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes De La Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según Bravo (2017) en su tesis titulada: “Coagulantes Y Floculantes Naturales Usados En La Reducción De Turbidez, Sólidos Suspendidos, Colorantes Y Metales Pesados En Aguas Residuales” realizado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la ciudad de Bogotá, concluye que:

“Si bien es cierto, en el tratamiento de agua es común utilizar coagulantes sintéticos para la operación de separación de materia en suspensión, residuos domésticos, pinturas, coliformes y otros compuestos que elevan el índice de contaminación, creando su vez lodos que alteran el comportamiento del entorno ambiental, para toda esa problemática es necesario alternativas de solución el cual pueda reemplazar a los floculantes comunes que tanto daño causan, en las revisiones bibliográficas se manifiestan distintos tipos de coagulantes naturales que vendría a ser sustituyentes de los convencionales ayudando la remoción dejando solo un 10% y eliminando la diferencia”. (Bravo, 2017, Pág. 101)

Los factores químicos y físicos como la concentración de coagulante, el nivel de contaminación del agua, la conductividad, el potencial de hidrógeno, la agitación, etc. Son índices que se deben tomar en cuenta ya que se relacionan de manera directa con la eficiencia del actuar del coagulante. Al utilizarse coagulantes de procedencia vegetal resulta ser amigable con el medio ambiente, dando paso a ser un sustituyente de los coagulantes minerales, que como sabemos contribuye a la contaminación por su estructura química. (Bravo, 2017, Pag. 101)

Según Olivero, Mercado, & Montes (2013) en su artículo titulado: Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*, concluye que:

“Al realizarse pruebas para la reducción de turbidez resulta que el sulfato de aluminio tiene una ventaja de 6.55 %, resultando más efectivo frente al mucilago de nopal de la tuna, si bien es cierto ambos coagulantes actúan favorablemente reduciendo la turbidez de las aguas del río Magdalena siendopuntos desfavorables la dosis de coagulante y la rapidez del movimiento”. (Olivero et al., 2013, Pag.8)

“Según el reglamento para la ingesta del agua se debe cumplir un límite permisible para su aprovechamiento el cual no debe ser mayor a dos UNT, y en la experimentación se demostró que el mucilago de la penca de tuna no cumple con el valor solicitado, pero no quiere decir que tiene una buena eficiencia ya que remueve la turbidez a las de un 90 % pero menos de un 95%,dejando ocupar al alumbre ($Al_2(SO_4)_3$) como primer puesto, porque debido a su poder coagulante si arroja valores aceptables menores a los dos UNT. Si al proceso de coagulación del mucilago de tuna se le añadiría en serie un tamizado (filtro) este quizá logre alcanzar los límites permisibles según la norma del país”. (Olivero et al., 2013, Pag.8)

“Mediante análisis se logra demostrar que el agua de la zona estudiada nodebería ser consumida sin antes tener un tratamiento previo, debido a que la turbidez no se encuentra dentro del rango permitido según el reglamento de calidad de agua colombiano, por tanto el mucilago de la penca de tuna se puede usar como una alternativa ya que resulta ser un poderoso coagulante de procedencia natural”. (Olivero et al., 2013, Pag.8)

Según Trujillo, Duque, Arcila, Rincón, Pacheco & Herrera (2014) en su artículo titulado: “Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano” realizado en la universidad Católica de Manizales, Bucaramanga (Colombia) concluye que: “En el pre tratamiento para la potabilización de agua se usan coagulantes como el alumbre ($Al_2(SO_4)_3$) para la aglutinación de los coloides o materia suspendida, una de las desventajas de este mineral es que necesita ser diluido para estudiar e identificar sus parámetros, por tal motivo se realizó un experimento el cual indica que si se

extrae el principio activo de coagulación de la banana, este vendría a ser un buen sustituyente de los coagulantes convencionales ya que posee alta eficiencia, y debido a su sencilla obtención puede utilizarse como alternativa en los procesos de dicho tratamiento de potabilización”. (Trujillo, et al., 2014, Pag. 16)

“En un mundo de gran avance tecnológico es importante la exploración y el descubrimiento para solucionar los problemas que aquejan a los seres humanos, como por ejemplo el abastecimiento de agua potable ya que no todos los pueblos gozan de este beneficio, una alternativa a ello es usar floculantes naturales aportando en la reducción de contaminantes y adicionando un precio mayor por su aporte y beneficio”. (Trujillo, et al., 2014, Pag. 16)

“Según lo estudiado, la rapidez de agitación es un parámetro muy importante cuando se adiciona el coagulante, debido a que si la agitación es demasiado lenta el coagulante no lograría el esparcimiento y empalme necesario para remover la turbiedad, por otro lado no puede haber una agitación muy rápida porque cortaría los flóculos que ya se han aglomerado, por ello se recomienda una agitación de mesclado de 100 revoluciones por minuto”. (Trujillo, et al., 2014, Pag. 16)

“La revisión bibliográfica indica que los factores rapidez agitación y potencial de Hidrógeno tienen influencia significativa en la remoción de turbiedad, tal cual es corroborado por el diseño experimental, y el parámetro que influye de manera directa e independiente es la rapidez de agitación estos factores se deben tomar muy en cuenta en el pre tratamiento del agua”. (Trujillo, et al., 2014, Pag. 17)

“En las bibliografías indican que, el potencial de Hidrógeno es un punto esencial para lograr el objetivo que es la remoción de turbidez, y la rapidez de agitación influye al momento de juntar toda materia suspendida presente en el agua a tratar, entonces, si la agitación es lenta la aglomeración de materia en suspensión (flóculos) no se podrá juntar, por lo contrario, si la

agitación es rápido se romperán los flóculos que han sido aglomerados, a tal motivo se debe que tener una velocidad de agitación estándar para evitar que ocurran estos fenómenos”.

(Trujillo, et al., 2014, Pag. 17)

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Silva (2017) en su tesis titulado: “Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias” realizado en universidad de San Marcos, Lima concluye lo siguiente:

“Que los parámetros tiempo, temperatura y cantidad de agua se relacionan para la obtención de mucilago de la penca de tuna y son importantes ya que tienen alta significancia porque los valores teóricos obteniendo superan al valor calculado, tal cual lo menciona Saenz, et.al, 2004 y Cai, et.al, 2008”. (Silva, 2017, pág. 115).

“Para determinar el rendimiento de la obtención del mucilago se realiza una operación de sustracción con los factores, siendo el factor tiempo el que se involucra con más dominio, esto quiere decir que si los valores de los factores aumenta, disminuye porcentualmente el rendimiento”. (Silva, 2017, pág. 115) “Para el aclaramiento del agua es importante resaltar que la turbidez resulta ser una de las causas principales que afecta este fenómeno, y al tener una relación directa con la concentración del mucilago de nopal da como consecuencia que el factor calculado es mayor que el factor teórico, por tanto se deduce que si existe mayor turbidez, la remoción también ascenderá de manera porcentual, esto se puede apreciar en la ecuación de remoción”. (Silva, 2017, pág. 115) “Por tanto, se llega a la conclusión que el extracto del mucilago de nopal resulta ser provechoso ya que ayuda de manera satisfactoria a la remoción de la turbidez debido al poder coagulante ya que posee abundante hidratos de carbono en su pulpa.” (Silva, 2017, pág. 116).

Según Quispe & Rondoño (2018) en su tesis titulado: “Estimación De La Calidad Del Agua De Rio Chucchun – Carhuaz, Empleando Insumos Orgánicos “Agave Americano

(Penca) Y El Triticum Vulgare (Trigo) Con Proceso Modificado De Filtración Lenta En El Año 2016” realizado en la universidad Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash concluye lo siguiente:

“Existen parámetros que indican los niveles más altos el cual no se debe consumir ciertos productos para no perjudicar la salud del ser humano, el aguaturbia a una cantidad mayor a los 5 UNT no resulta ser beneficioso para el bienestar de la salud, para ello se aplica coagulantes naturales como el Agave Americano, removiendo hasta un 79.59% en paralelo a un tamiz teniendo una alta eficiencia, reduciendo hasta un 32.38 UNT de una prueba inicial de 40.7 UNT, y así en pruebas secuenciales logra obtener resultados más favorables que se encuentran dentro de rango permitido”. (Quispe & Rondoño, 2018, Pag. 114)

“Existen distintos tipos de filtración que ayudan a la reducción de la turbidez de manera muy eficiente, como por ejemplo, la filtración lenta; esta resulta tener valores de remoción más aceptables a comparación de la penca de agaveamericana, reduciendo l turbidez hasta un 79.85 %, obteniéndose un valor de turbidez de 2.76 UNT, que es muy aceptable ya que se encuentra dentro del rango permitido”. (Quispe & Rondoño, 2018, Pag. 114)

“Un aspecto importante que se hade rescatar del Agave americana, es que, esun poderoso coagulante para remover la turbidez pero es muy poco eficiente cuando se trata de la remoción bacteriológica, ya que se ha comprobado mediante análisis que no quita dichos parámetros.” (Quispe & Rondoño, 2018, Pag. 115)

“El Triticum Vulgare (trigo) resulta ser un filtro que proporciona valores admisibles y muy cercanos a los filtros comunes que se usan de las operaciones para el tratamiento de agua, removiendo un 77.21% el cual resultaser un valor muy cercano frente a los filtros más usados el cual bordea valores de (80 a 90) %”. (Quispe & Rondoño, 2018, Pag. 115)

Según Morales (2018) en su trabajo de tesis titulado: “Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo

humano – Oxapampa – 2018” elaborado en la universidad nacional Alcides Carrión, Oxapampa nos dice en sus conclusiones que:

“La dosis de sábila que se incorpora al volumen de agua turbia que de hadetratar, causa un efecto muy favorable, reduciendo y removiendo de manera significativa la turbidez, entonces podemos decir que estamos frente a un coagulante de origen natural”. (Morales, 2019, Pag. 98)

“Los límites permisibles según el reglamento de calidad de agua indican un rangode turbidez el cual no se debe sobre pasar, para el pre tratamiento de agua se usa como floculante el mucilago de la penca de sábila e indica una alta eficiencia parala remoción de la turbidez, pero a la vez no logra alcanzar los límites permisibles según el Decreto supremo de consumo de agua”. (Morales, 2019, Pag. 98)

El clima lluvioso e inestable hace que el caudal de riachuelos, cequiones, etc. Eleve su turbidez por el movimiento turbulento ya provoca la excitación de la tierra de los dichos canales, esto sucede en casi todos los canales de las distintasregiones del país, estos canales participan en el riego para la siembra de ciertos alimentos, y a la vez son fuentes de captación para el abastecimiento de poblaciones la cual no resulta ser aceptable para su aprovechamiento. (Morales,2019, Pag. 98)

“Para aprovechar las aguas de los canales es necesario recurrir a un pre tratamiento que remueva la materia suspendida (turbidez), para ello se utiliza el mucilago de la penca de sábila como alternativa para la remoción de esta materiaen suspensión, ya que tiene como característica coagular de marea eficiente con una dosis de $1.8 \text{ g} * \text{L}^{-1}$ ”. (Morales, 2019, Pag. 98)

2.2 Bases Teóricas

“Existen diferentes tipos de coagulantes para remover los coloides en el pretratamiento de agua potable, pero en la actualidad no solo basta con realizar este proceso para el aprovechamiento de este recurso, sino también estudiar el impacto ambiental que se ocasiona al utilizarlo, para ello se realizan investigaciones que contribuyan a la reducción de estos golpes ambientales, haciendo conocimiento de alternativas para sustituir y aminorar el uso de coagulantes minerales con coagulantes extraídos de la vegetación, se ha realizado numerosos estudios comparando estos dos tipos de coagulantes para observar el comportamiento y los efectos secundarios que estos puedan tener”.

“Desde hace años atrás estudios indican que el alumbre o sulfato de aluminio tiene una alta demanda en Colombia y en distintos países de latino américa por su buena eficiencia de remover los parámetros que coloran en agua, pero al ser un mineral sintético tiene un elevado costo de venta y produce grandes cantidades de lodos, el cual resulta ser una de sus principales desventajas, por tal motivo se pone en comparación frente a técnicas diferentes y de procedencia natural que actúan apropiadamente, con menores costos de producción removiendo los coloides en suspensión de forma efectiva siendo a la vez un sustento que contribuye a la no contaminación”. Como lo indica “(Yin, 2010).” Citado en (Verbel, Vergara, Fellizola , & de Aguas, 2017, pág. 3)

2.2.1 Coagulantes químicos más usados.

“El agua cruda al no pasar por un proceso para su purificación, tiende a tener un aspecto turbio por los contaminantes como la flora microbiana, compuestos orgánicos e inorgánicos, para la reducción de esos contaminantes se le añade alguna sustancia como los coagulantes químicos, estos coagulantes producen una aglomeración logrando desestabilizar y descender a los contaminantes reduciendo así su mal aspecto de color y olor, los contaminantes orgánicos son producidos por la degradación de insectos, flora y fauna; mientras que los contaminantes

inorgánicos se producen por la solubilidad de rocas con minerales y superficies con la que tienen contacto”. (Sandoval & Linare, 2013, pág. 3)

“La coagulación - floculación es una de las operaciones de mayor relevancia en el proceso de potabilización ya que se encarga de dar la estética aceptable, procurando un tono o color cristalino al agua, para tal operación se solicita un coadyuvante para la desestabilización de las materias suspensión (coloides), y poder aglomerar estos coloides a razón de 80% como mínimo y 90%, estos colaboradores para la sedimentación son muy empleados en toda planta de tratamiento de agua, entre ellas tenemos a los Sulfatos de alúmina, dicloruro de hierro, sulfato de hierro (II), pero entre el de mayor cotización es el Alumbre”. Según “(CEPIS 1983)”. Citado en (Solís *et al.*, 2012, pág. 2).

Sulfato de aluminio (alumbre).

“En las últimas investigaciones se ha observado que el Aluminio se encuentra presente en grandes cantidades en los exámenes de muerte o enfermedad de alzhéimer, este metal se aloja en las neuronas en forma de aluminosilicatos, a diferencia de otras enfermedades patológicas el aluminio se encuentra en cantidades relativamente mayores, esto es debido las personas beben agua que sido tratada con alumbre un mineral químico que se utiliza como coagulante, son usadas en las plantas de tratamiento de agua para la potabilización, este material sintético requiere de grandes dosis para una mejor efectividad, es ahí donde el alumbre al disociarse con el agua deja el aluminio en exceso, siendo este compuesto tóxico partícipe de la enfermedad”. Según lo menciona “Oteiza P. (1997)”; “Solórzano H. (2004)” citado en (Romero, Solórzano, Abreu, Brizuela, & Pérez, 2007, pág. 3)

Cloruro de Aluminio.

“El tricloruro de aluminio es un producto químico que ayuda a potabilizar las aguas turbias hace aproximadamente sesenta años atrás, favoreciendo en la eliminación y reducción de las grandes cantidades de impurezas presentes en las aguas, su comercialización en el mercado se da por su bajo costo, por su rápido alcance y por tener buena productividad, este

agente sintético ha sido muy distribuido especialmente en lugares sub desarrollados, mientras en que las naciones de tecnología avanzada han logrado sustituir estos contaminantes por polímeros de pH alto (básicos), como los policlorosulfatos ya que poseen una mayor eficiencia en el proceso de coagulación/floculación y mínima toxicidad”. Como lo menciona “Trejo, (2004)” citado en (Sandoval & Linare, 2013, pág. 3)

“Mediante una serie de reacciones químicas se puede lograr obtener un elastómero de carga positiva partiendo de monómeros como el cloruro de aluminio, el motivo de este fin es sustituir estas sales que causan daño al bienestar humano por su elevado contenido de aluminio, disminuyendo así estas altas cantidades de coagulantes convencionales de las aguas tratada”. (Romero *et al.*, 2007, pág. 3)

“La obtención de elastómeros provenientes de los monómeros del cloruro de aluminio es de efecto favorable para la potabilización, al momento de caracterizar este producto se percibe que los datos obtenidos son favorables, ya que cumplen con los estándares establecidos según el reglamento de calidad de agua para el consumo humano”. (Romero *et al.*, 2007, pág. 7)

Cloruro Férrico.

“Esta sal cuya fórmula es $FeCl_3$ es utilizada como una fuente más efectiva para el tratar del agua; el uso de esta coagulante resulta altamente peligroso por lo que se deberá aplicar un material resistente para la corrosión”. (Romero *et al.*, 2007)

Sulfato Férrico

“La fórmula química $Fe_2((SO)_4)_3$; esta sal comercializada es de color verde y exhibe en forma de polvo, posee un pH amplio, así mismo también es usado para tratar agua que posean una elevada concentración de manganeso; a comparación del cloruro férrico este compuesto es menos corrosivo” (Romero *et al.*, 2007)

Sulfato Ferroso

“Este compuesto cuya fórmula química es $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ es aplicado para el tratamiento de purificación del agua; normalmente se suele utilizar con cal para aumentar su pH: esto más que todo es para que los iones contenidos en la sal aumenten considerablemente la floculación”. (Romero *et al.*, 2007, pág. 7)

2.2.2 Coagulantes naturales.

“En los últimos años se plantea el uso de algunos compuestos de procedencia natural como elección para la potabilización del agua, como lo son la familia de la opuntia, el agave, el mucilago de la penca de tuna, etc. Todas ellas muy favorables y de alto poder coagulante, beneficiando en la aglomeración de los coloides removiendo las cargas coloidales con alto nivel de eficacia, también mencionar a la poderosa pepita de moringa. Estos compuestos son provenientes de distintos medios como es la flora y la fauna, resaltando la fécula o harina de algunos tubérculos para la colaboración en la reducción de ciertos parámetros que causan la coloración de las aguas, junto con porciones de alumbre o misceláneas de féculas orgánicas junto a algunos removedores inorgánicos, sumado a ello partículas de alfarerías para que en conjunto se logre una buena remoción de impurezas indeseables, a todos los mencionados se les reconoce como por su alto valor de reducir los sólidos suspendidos para que en un futuro se pueda lograr sustituir a los removedores sintéticos”. Como lo mencionan “(Solís, 2009); (Laines *et al.*, 2008); (Almendarez, 2004); (Martínez *et al.*, 2003)” citados en (Sandoval & Linare, 2013, pág. 2)

“Una de las alternativas más eficientes para la obtención de coagulantes de procedencia natural de mamíferos y plantas nativas empezó en los años 70”. (Ortiz *et al.*, pág. 138)

Nopal o penca de tuna.

“En el planeta tierra existen diferentes tipos de vegetación, el Nopal es de alta relevancia frente a sus demás linajes, por sus propiedades alimenticias y por ser multiuso es comercializado en muchas naciones de los diferentes continentes, la penca del nopal en

desarrollo es ingerida como alimento directo en lugares como México.” (Reyes, Aguirre, & Hernández, 2005, pág. 2)

“El nopal es oriundo del sur de América (México) el cual resulta tener productividad elevada en este país, una de las características del nopal es su fácil agricultura, ya que no necesita de ambos gametos para su reproducción, solo con alguna hoja de su penca, siendo esta mayormente usada para su proliferación”. (Reyes *et al.*, 2005, pág. 2)

“La Tuna como se le conoce actualmente llegó hasta Europa (España) por su vigoroso aspecto alimenticio y por las características que posee como la medicinal, ya que se percataron que cura el escorbuto, el alojamiento de insectos para la producción de tintes, entre otros. Esto parte desde los años 1600 por la validez que le prestó el país Mexicano, Luego de se expandió por diferentes lugares a nivel internacional, siendo su mayor acogida en las zonas costeras”. Como lo menciona “(Díaz, 1995)” citado en (Reyes *et al.*, 2005, pág. 6)

“Estos tipos de cactácea están ligadas con insectos y animales voladores como las abejas, que son atraídas por el polen cuando los frutos florecen, y con las aves que se encargan de propagar las semillas que el fruto contiene”. (Reyes *et al.*, 2005, pág. 6)

“Debido al daño que causan los polímeros sintéticos, es crucial el uso de polímeros vegetativos que ayuden a reducir la contaminación, sean menos costosos y que estén al alcance de todas las poblaciones, principalmente en naciones con tecnología no avanzada. A la vez, el uso de esta nueva alternativa debe reducir parcial o totalmente el riesgo a la salud sin perjudicar el entorno. Siendo el nopal (penca de tuna) el que cumple con gran parte de las características buscadas debido a su poder para clarificar la carga coloidal”. Así lo menciona “(Rodríguez *et al.*, 2007)” citado en (Villabona, Paz, & Martínez, 2013, pág. 2)

“El nopal (*Opuntia ficus – indica*) goza de peculiaridades únicas, como su forma de crecimiento, ya que puede alcanzar longitudes muy elevadas, sus espinosas defensas tanto en sus hojas como en el fruto, su carnosa penca con espesores muy prolongados, su majestuosa

floración de colores vivos y fruto llamativo por su forma ovoide y agradable al paladar, Este vegetal puede desarrollarse en ambientes con mínimos nutrientes, baja condensación de agua y no requiere de mucha atención, acepta también condiciones alta de calor pero en condiciones bajas disminuye su eficiencia”. Según “(Warner, 1972)” citado en (Villabona *et al.*, 2013, pág. 2)

Composición química del Nopal.- “El sector industrial tiene en la mira a esta cactácea, ya que cuando se encuentra en una edad media comprendida entre los 2 a 3 años son perfectas para la producción de productos procesados, y cuando tienen una longitud de 10 a 15 centímetros lo usan para la elaboración de nopalitos, en breve se mostrará una tabla con sus características correspondientes”. (Silva Casas, 2017, pág. 17)

Tabla 1

Composición por cada 100g de nopal

Características	Cantidad
Ración comestible	78
Energía (Kcal)	27
Grasas (g)	0.3
Proteínas (g)	1.7
Carbohidratos (g)	5.6
Ascórbico (mg)	8
Niacina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.06
Tiamina (mg)	0.03
Hierro (mg)	1.6
Calcio (mg)	93

Fuente: De la Rosa & Santana (2001) citado en Casas 2017



Figura 3 Penca de tuna o nopal

Fuente: Propia del autor

Agave americana o Maguey

“Esta planta es considerada milagrosa por su gran variedad de uso, sus puntas secas la usaban como clavos, este tipo de planta tiene una vida media de 13.5 años en promedio, florecen solo una vez en su vida y lo hacen cuando logran la adultez, tiene forma cónica y de tallo muy fornido y grueso, se caracteriza por ser fibrosa, antiguamente hacían prendas de estas plantas, su florescencia es posee ambos gametos o sea los tiene reproducción tanto sexual como asexual, contribuyen ligeramente a la polinización mediante insectos y animales voladores”. (Contreras & Gutierrez, 2015, pág. 21) “A continuación se muestra una tabla sobre la caracterización fisicoquímica de las hojas del Agave;

Tabla 2*composición por cada 100g de agave*

	Variedad de Agave o Maguey		
	Manzo	Cenizo	Amarillo
Densidad (g/L)	1.29	1.26	1.23
pH	6.30	6.40	6.60
Índice de refracción	1.35	1.35	1.36
Sólidos solubles (° brix)	11.44	11.01	12.67
Acidez (%)	1.65	1.41	1.47
Humedad (%)	87.00	87.90	86.00
Proteínas (g/L)	3.41	3.11	2.49
Cenizas (g)	0.53	0.41	0.48
Azúcares reductores (g/L)	1.63	1.97	1.06
Glucosa (mg/L)	2.31	2.31	2.50
Fructosa (mg/L)	4.70	4.92	4.50

Fuente: “Flores y col., 2008”

*Figura 4 Agave americana de la UNJFSC*

Fuente: Propia del autor

Sábila (aloe vera)

La sábila en el Perú es muy utilizada para fines medicinales, los naturistas recomiendan su consumo constante debido a las propiedades benéficas que representa para la salud, según estudios e investigaciones la sábila se puede usar como coagulante para la remoción de la carga coloidal.

“Se retira la cascara de la pulpa de la penca con algún objeto cortante, al momento de extraer y cortar la planta observaremos el aspecto transparente de la pulpa, esta se filetea en trozos finos para sus posteriores operaciones”. (Zamudio *et al.*, 2015, pág. 5)

La sábila posee las siguientes compuestos.

- ✓ Antraquinonas.- Acido oléico, antranol, aloína, isobarbaloina, antraceno, etc.
- ✓ Vitaminas.- Ácido fólico, vitamina (B2, C, B3, E, B6), betacaroteno
- ✓ Minerales.- Sodio, Magnesio, Zing, Calcio, Potacio, Fosfoto, entre otros.
- ✓ Carbohidratos.- Xilosa, celulosa, glucosa, manosa, arabinosa, L-ramnosa.
- ✓ Enzimas.- Catalaza, Oxidasa, fosfatasa, amilasa, lipasa, etc.

2.2.3 Coagulantes poli electrolíticos

“Estos coagulantes poseen grandes cualidades para la industria, uno de ellos es la eficacia que posee en función al pH, ya que se puede emplear en un rango vasto; otra característica que posee un colosal peso molecular, el problema de estos coagulantes es el elevado costo que poseen, por eso la mayoría de industrias lo usan mezclado con coagulantes metálicos”. (Romero *et al.*, 2007)

a. Catiónicos

“Estos al ser aplicados al agua a tratar, lo que ocurrirá es que van atraer a iones de carga opuesta; permitiendo una óptima disminución de cargas negativas en dicha agua.”

b. Aniónicos

“Estos al ser aplicados al agua, atraerá a los iones de carga opuesta formando una capa catiónica lo cual será útil para la eliminación de iones positivos.”

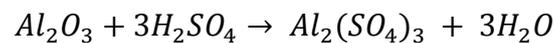
c. No iónicos

Estos al ser aplicados al agua a tratar; forman iones positivos y negativos, y para una mejor efectividad se le debe aumentar la dosificación.

2.2.4 Diferencia entre coagulantes orgánicos e inorgánicos

“Uno de los rasgos que logra diferencia más a estos dos tipos de coagulantes es su procedencia, como bien se entiende los coagulantes inorgánicos provienen de origen mediante síntesis y reacciones químicas, tiene una materia prima como inicio, pasa por un proceso u operación para obtener finalmente una sal inorgánica polimerizada, como es por ejemplo el caso del sulfato de aluminio”.

Materia prima: Bauxita (Al_2O_3)



“Ahora los coagulantes orgánico, o también llamados coagulantes naturales, como su mismo nombre lo indica tiene procedencia natural, como planta o vegetales, los más usados son los de la familia Cactáceas, como la penca de tuna, los agaves, las opuntias, etc. Estos pueden crecer de manera natural es zonas áridas y lluviosas, como también pueden ser cultivadas y posteriormente cosechadas por el hombre”.

2.2.5 Impurezas presentes en el agua.

Las aguas contaminadas contienen impurezas de distintos diámetros, la cual se puede clasificar según ello.

Sólidos o sustancia disueltas.

“Son todas las sustancias que se encuentran mezcladas en el agua, generalmente son orgánicas como aldehídos, fenoles, sustancias aromáticas; como también pueden ser inorgánicas, entre ellos tenemos a los iones, aniones y cationes, todos ellos están comprendidos en un tamaño menor a 10×10^{-10} metros”. Según lo menciona “(Vargas & Romero, 2006).” citados en (Guzmán, Villabona, Tejada, & Rafael, 2013, pág. 2)

Partículas coloidales.

“Son también conocidos como coloides, y se encargan de dar es aspecto poco agradable al es el que provoca de las unidades nefelométricas de turbidez tengan algún valor, o sea son las que dan el aspecto turbio ya que tienen carga eléctrica negativa, y se repelen entre sí por lo que es más difícil si precipitación, estas partículas se encuentran comprendidas entre 10×10^{-7} y 10×10^{-10} , vega decir que tienen mayor tamaño que las sustancias disueltas”. Según “(Vargas & Romero, 2006).” Citado en (Guzmán et al., 2013, pág. 2)

Sólidos suspendidos.

“Son consideradas las impurezas de mayor tamaño, se presenta de manera sólida y es muy perceptible al tacto e incluso a la visión, se pueden presentar de forma orgánica e inorgánica pero con el detalle que estas poseen mayor volumen, pueden ser plantas, insectos, desechos fecales, residuos sólidos, etc. También aportan a la turbidez y su tamaño es de 10×10^{-7} a más”. Como lo indica “(Vargas & Romero, 2006).” Citado en (Guzmán et al., 2013, pág. 2).

2.2.6 Remoción de turbidez del agua

“Entonces podemos decir que la reducción o la remoción de la turbidez es toda acción que con ayuda de un factor coagulante ayude a eliminar o remover toda la carga coloidal, reduciendo o eliminado a la vez todos los aspectos o características que estén presentes en ella, como el color, sabor, aspecto, materias, materiales y cuerpos presentes de todos los tamaños”.

Para la remoción de la turbidez existen distintos procesos generalmente convencionales que son usados en el tratamiento de agua para su potabilización como, por ejemplo:

- ✓ Coagulación
- ✓ Floculación
- ✓ Sedimentación

Todos ellos pertenecen al pre tratamiento de agua para la potabilización, ya que solo son cambios físicos o de aspecto aparente.

Turbidez

“La turbidez es un indicador de la presencia de materiales coloidales que se hayan en una fuente de agua, esta a su vez refleja la salubridad según las condiciones en las que se encuentre”, según comentan Espigares G. y Fernández C., (1999), citado por Marcó, Azario, Metzler, y Garcia, (2004), en su artículo publicado en la revista *Higiene y Sanidad Ambiental*, pág. 1.

“Cuando el agua tiene un mal tratamiento la turbidez suele continuar presente, esto se debe a que los coloides permanecen en suspensión o a una acción reversible de la sedimentación en el entorno de distribución, también como la presencia de uniones cruzadas. La flora bacteriana suele buscar refugio en las altas dosis de turbidez cuando se desea proceder a la desinfección, elevando el crecimiento de microorganismos y elevando el uso de desinfectantes como el cloro. En la gran mayoría de casos es difícil desintegrar los coliformes, virus, bacterias y microorganismos patógenos que se encuentran adheridos en las partículas, como es el caso los metales pesados, sales inorgánicas, gases etc. Que son compuestos químicos tóxicos”. (Marcó *et al.*, 2004, pág. 1)

“El límite permisible para la turbidez es 5 NTU, siendo este el nivel máximo de tolerancia y ningún tipo de ensayo o prueba debe ser mayor que ese valor. Por tal motivo, para que la desinfección sea efectiva la turbidez debe ser menor.” Según (OMS, 1998). De esa manera se hace menor la probabilidad de que el agua tratada se vincule con enfermedades constantes. Se debe tomar en cuenta también la presencia de planta acuática, algas entre otros tipos que puedan afectar el agua, no solo antes del tratamiento, sino también en los canales de distribución”. (Marcó *et al.*, 2004, pág. 1).

“Los materiales en suspensión son la fuente principal que provoca la turbidez del agua. El tiempo de precipitación de las partículas es muy lenta, por tal motivo es necesario un proceso para aumentar la velocidad. Hay partículas que precipitan por su peso forma natural, mientras que otras necesitan una desestabilización de sus cargas.” (Marcó *et al.*, 2004, pág. 2).

Mecanismo de coagulación y floculación.

“Toda masa posee un peso específico, cuando los coloides del agua a tratar tienen menor peso, estos se encuentran en suspensión, y sólo cuando superan el valor específico del agua pueden ser aglomeradas, a este proceso se le denomina coagulación floculación, este mecanismo ayuda a”:

- ✓ Catalizar las impurezas que provocan la turbidez del agua de manera más rápida.
- ✓ Retirar los posibles y reales causantes de la turbidez.
- ✓ Reducción y/o eliminación de toda flora bacteriana y microorganismos que puedan ser disociados mediante los procesos.
- ✓ Eliminación de todo tipo de algas.
- ✓ Reducción y/o eliminación de todo aspecto organoléptico que provocan el desagrado.

Todo ello lo menciona “(Arboleda, 1991).” Citado en (Guzmán *et al.*, 2013, pág. 3)

“El colóide posee una doble capa una con carga negativa y la otra con carga positiva, el proceso de coagulación tiene un efecto en los coloides donde la fuerza de repulsión de las mismas cargas se neutraliza y forman cuerpos más grandes llamados flóculos”. “(Matilainen *et al.* 2010).” Citados en (Guzmán *et al.*, 2013, pág. 3)

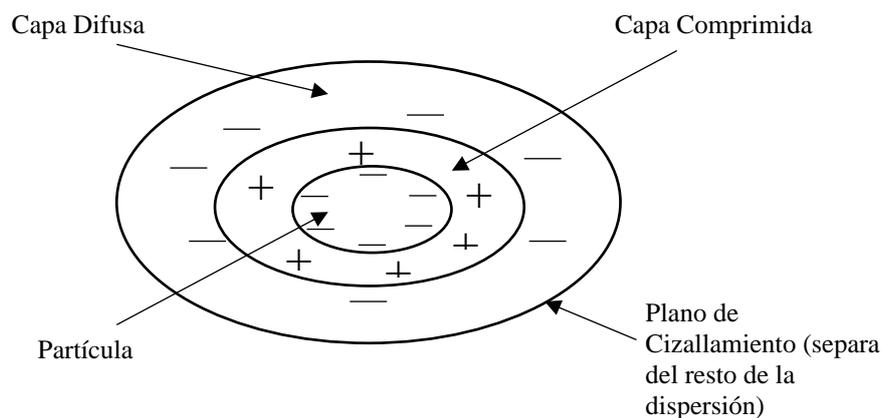


Figura5 doble capa eléctrica de una partícula coloidal (fuente propia)

Estabilidad Coloidal

“Se dice que un coloide tiene estabilidad cuando esta se encuentra junto a otras de las mismas especies con la misma carga, esto hace que entre todas creen una fuerza de repulsión haciendo más complicada su aglomeración esto se le denomina suspensión estable, las definiciones estabilidad y coagulación son contradictorios, debido a que si un coloide con gran volumen posee estabilidad, es más difícil su atracción y con ella se complica la precipitación”.

“Los coloides se dividen en dos grupos: Reversibles e Irreversibles (Kruyt, 1952).”

“Coloides reversible, son las que en su estructura poseen hidróxidos como los detergentes, jabones y otros como harinas almidones, etc. También se puede decir que son termodinámicamente estables.”

“Coloides irreversible, son casi insolubles como gravas, piedras, arena, minerales, son termodinámicamente inestables.”

“Estos segundos, o sea los irreversibles se dividen en dos grupos más, estos son diuturnales y caducos (Mysels, 1951).” Citados en (Aguilar *et al.*, 2002, pág. 12)

Características y tipos de los coloides

“Los cuerpos coloidales se clasifican en dos aspectos: *liofóbicos* que en contacto con el agua se le llama *hidrofóbicos* y los *liofílicos* que en contacto con el agua se le llama *hidrofílicos*. El primero que fue mencionado no tiene reacción en presencia de agua, mientras que los hidrofílicos si tienen reacción. Se debe tener presente que en la potabilización los coagulantes tienden a reaccionar de manera química pero sólo con los coloides hidrofílicos. Por tal motivo se necesitaría de una mayor dosis de coagulantes para la remoción de los coloides hidrofílicos y para los hidrofóbicos una menor dosis”. “(Beltrán, 1980; Hutchison y Healy, 1990; Nemerow, 1991).” Citados en (Aguilar *et al.*, 2002, pág. 14)

Tabla 3*Clasificación de los coloides*

Característica	Liofóbico (Hidrofóbico)	Liofílico (Hidrofílico)
Tensión superficial	Similar al medio.	Menor que el medio.
Viscosidad	Es muy similar a la de la fase dispersante sola.	Mayor que la fase dispersante sola.
Reacción a los electrolitos	Adición de pequeñas cantidades de electrolito pueden producir la agregación	Se requiere de mayor cantidad de electrolito para producir la agregación
Aplicación de un campo eléctrico	Las partículas migran en una dirección bajo la acción de un campo eléctrico	Pueden migrar en ambas direcciones o no bajo la acción de un campo eléctrico
Ejemplos	Óxidos metálicos, otros tipos de metales, plata, sulfuros.	Virus, bacterias, proteínas, gomas, etc.

Fuente: Aguilar *et al.*, 2002

2.2.7 Pre tratamiento para la potabilización de agua

“Generalmente la fuente de abastecimiento para la satisfacción del recurso hídrico de las ciudades son las fuentes superficiales, como cuencas, ríos, lagunas y todo recurso hídrico que es encuentre en la superficie, es relevante que para abastecer el agua a las personas de cualquier ciudad, esta debe contar con un adecuado tratamiento, ya que existen parámetros el cual indican que el agua es de buen calidad para que las personas puedan consumirla sin ningún perjuicio a la salud”. “(Guerrero 1962).” Citados en (Solís , *et al.*, 2012, pág. 2)

“Para clarificar o tratar el agua esta debe pasar por etapas, como la coagulación floculación y sedimentación, las etapas antedichas ayudan a la reducción y eliminación de carga coloidal. Para que esto suceda es necesario adicionarles coadyuvantes que

desestabilicen las cargas, generalmente se usan sales sintéticas, pero requieren de altas concentraciones para una mejor actuación”.

Proceso de coagulación

“Los cuerpos coloidales generalmente poseen cargas negativas, es por eso que se repelen entre sí de manera electrostática. La ecuación de Van der Waals, que indica que los cuerpos poseen una fuerza de afinidad pero este modelo es insignificante frente a la repulsión que ejercen estos coloides, es por eso que se torna difícil su aglutinación y no logran sedimentar”. Según el “Programa regional OPS/CEPIS, 1992” & “Jan, Samia A.A., 1990” citados en (Lorenzo 2006, pág. 3).

“La coagulación es un proceso en el que se desestabiliza la carga de los coloides inhibiendo la reacción de repulsión electrostática de ellas, las sales férricas o alúminas son las que realizan la acción de neutralización, de tal manera los coloides que poseen capas en su alrededor que están negativamente cargadas suspendidas en el agua, resultan ser neutralizadas por estas sales”. (Lorenzo 2006, pág. 3)

“El mecanismo de coagulación va en sentido de serie con la floculación o sea de manera secuencial, por ese motivo después que las partículas coloidales se neutralizan, el choque entre ellos hace que los microcuerpos adquieran mayor tamaño formando los floculos pero sigue siendo poco perceptible a la vista humana, en caso sea necesario la adición de más coagulante se debería agregar, hasta observar que el agua comience a tomar un aspecto cristalino o clarificado que es por la misma acción de este mecanismo, si el agua continúa turbia o ligeramente turbia, es porque los coloides no lograron su desestabilización completamente”. (Lorenzo 2006, pág. 3)

“Los coloides después de su neutralización chocan entre sí dando lugar a la agrupación de nuevos cuerpos conocido como flóculos, estas también son consecuencia de choques entre partículas, ya que los bordes sólidos al estar tan apegados, es ahí donde interviene las fuerzas

de Van der Waals influyendo frente a la fuerza de repulsión, motivo el cual la carga eléctrica de las partículas disminuyó, que arrastra consigo la minimización de la repulsión electrostática”. (Lorenzo 2006, pág. 4)

“Para causar la floculación tiene dos formas, ortocinética y pericinéctica, esta primera se origina mediante equipos como motores o bombas ocasionando un esfuerzo, provocando la agitación del fluido que se desea tratar desde el exterior introduciendo aspas o paletas a su interior. La segunda forma que es la pericinéctica tiene movimiento por la gravedad, el peso del fluido realiza el movimiento logrando que las partículas coloidales choquen entre sí, haciendo juntar provocando su precipitación”. (Lorenzo 2006, pág. 4)

“Para apreciarla el crecimiento de los flóculos se debe adicionar un coagulante ya que este da paso a su formación. Para incrementar el tamaño de los flóculos se debe tener en cuenta la dosis, la cantidad o caudal del fluido a tratar y su cohesión, otro factor crucial es la velocidad de agitación, ya que este factor permite una mezcla uniforme de todas las partículas provocando que cada una de ellas choquen entre sí, aumentando la probabilidad de aglomerarle unas a otras”. (Lorenzo 2006, pág. 4)

Etapas del proceso de coagulación

“Al añadir coagulante a una reserva hídrica se realiza la hidrólisis y esta logra la neutralización o desestabilización de toda materia en suspensión mediante adsorción, los hidrolizantes que en lo general poseen carga eléctrica positiva, abrazan la segunda capa superior del coloide, desestabilizándolo por interacción química en conjuntos ionizables de superficie”, esta tiene 5 fases las cuales son: (Lorenzo 2006, pág. 4)

Fase 1: “Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas existentes.”

Fase 2: “Precipitación y formación de componentes químicos que se polimerizan.”

Fase 3: “Adsorción de las cadenas poliméricas en la superficie de los coloides.”

Fase 4: “Adsorción mutua entre los coloides.”

Fase 5: “Acción de barrido.”

Potencial Z

“Es la variación de potencial presente en el borde o los alrededores de la zona estática y movable con el centro del fluido que lo contiene, también se reconoce como el potencial que se encuentra presente en parte llana del contorno cargado y la sustancia electrolito”.

“Cuando en electrolito posee una mayor dosis, el potencial Z se hace menor, porque en la zona estática de la capa doble es donde sucede la disminución de potencial con más intensidad. Las materias suspendidas al colisionar logran juntarse formando agregados mayores, pero solo se unen cuando el potencial Z llega a estar en un rango de 10 a 20 mV, estos agregados debido a que tienen voltaje minúsculo rompen la tensión superficial de la repulsión electrostática logrando su formación”. Según “Fontanills Seisdedos & Luis Antonio, 1998” citados en (Lorenzo 2006, pág. 4)

“Cuando es potencial Z es nulo (igual a cero), los materiales en suspensión que se encuentran presentes en el agua están inmóviles, a pesar que se induzca una tensión eléctrica esta no tiene atracción a ningún polo ya sea positivo o negativo, al movimiento que tiene las partículas se le conoce como electroforesis. A todo el fenómeno mencionado se le denomina punto isoeléctrico y es donde entra a actuar el mecanismo de floculación, irrumpiendo la suspensión de los coloides que se encontraban en equilibrio”.

“El pH es un parámetro significativo en el potencial Z de los sistemas coloidales ya que los coloides son dependientes de ese factor, cuando el punto isoeléctrico llega su objetivo el pH logra optimizarse”. Según “Fontanills Seisdedos & Luis Antonio, 1998” citados en (Lorenzo 2006, pág. 4)

Proceso de sedimentación

“Es cuando la impureza presente en un fluido precipita mediante gravedad, esto ocurre de forma espontánea debido a que las partículas logran tener mayor peso específico que el fluido que lo contiene”. (Pérez, 2005, pág. 2)

“Esta carga impura puede hallarse presentes en las aguas en diferentes tamaños formas y estados como se observa en los siguientes puntos”. (Pérez, 2005, pág. 2)

Suspensiones con valor máximo a 10^{-4} cm.

Coloides 10^{-4} a 10^{-6} cm.

Soluciones para diámetros no menores a 10^{-6}

“Para remover estos diferentes tipos de cargas se realizan procedimientos diferentes, ya que presentan distintas características”.

“Mediante la sedimentación simple se logra remover las cargar que comprenden el primer punto que son para valores que no sobre pases los 10^{-4} cm”.

“Para el punto dos, es necesario lograr una desestabilización para la formación de cuerpos más grandes llamados floc”.

“Por último, para el punto número tres es necesario solubilizar la carga o compuestos insolubles para su posterior aglomeración, elevar su peso específico y lograra así la sedimentación”. (Pérez, 2005, pág. 2)

La siguiente tabla muestra datos de la “velocidad de sedimentación” con parametros de 2.649 kg/dm³ y a una temperatura de 10° C a una longitud de sedimentacion de 0.3 metros.

Tabla 4

Velocidad de sedimentación según el diámetro

Diámetro (mm)	Clasificación	velocidad de sedimentación (mm/s)	tiempo para sedimentar (30 cm)
10.0	Grava	1000.0	0.3 seg.
1.0	Grava	100.0	3.0 seg.
0.1	Arena Gruesa	8.0	38 seg.
0.01	Arena Fina	0.154	33 min.
0.001	Bacterias	0.00154	35 horas
0.001	Coloides	0.0000154	230 días
0.0001	Coloides	0.000000154	63 años

Fuente: Pérez, 2005, pág. 2

2.2.8 Extracción de colorantes con el equipo soxhlet.

“Para adicionar un coagulante de origen natural se debe tener en cuenta que la planta posee esencias propias como su clorofila o el pigmento propio de los vegetales, para ello es necesario retirar o extraer estos colorantes porque pueden causar un efecto secundario en el agua a tratar.”

A nivel industrial o de laboratorio la extracción es una operación que nos ayuda a fraccionar o separar sustancias presentes en un cuerpo o sistema, esta separación se puede realizar en combinación de los tres estados, como lo es:

Sólido – líquido

Líquido – líquido

Gas – líquido

“En este punto nos enfocaremos en la extracción sólido – líquido ya que es el principio físico para el uso del equipo Soxhlet, la extracción de un sólido con un líquido aparentemente parece tan simple como adicionar el solvente a la muestra, realizar una filtración, recepcionar la extracción y queda; Pero se debe prever las condiciones óptimas, ya que las operaciones de este tipo no resultan ser eficientes en malas condiciones, por ejemplo si se desea extraer un producto se adiciona el solvente, una vez extraído en producto deseado se debe cambiar de absolvedor renovándolo ya que se satura generando más gasto, para evitar el adiconamiento de más solvente resulta factible evaporarlo, recuperarlo y volver a adicionarlo, La función principal del Extractor Soxhlet es un reflujo continuo del solvente, exactamente como lo mencionado anteriormente pero en un solo sistema, ya que se evapora generando el solvente puro, se condensa mediante el refrigerante, extrae según la naturaleza del caso y llega a un nivel donde retorna desde el punto de inicio”. (Nuñez, 2008, pág. 1)



Figura 6 Equipo Soxhlet
Fuente: Propia del autor

Detalles de uso de la operación de Soxhlet

Como toda operación esta conlleva pasos a seguir para su correcto uso, en breve se presentas los siguientes pasos:

- a) Se adiciona una cierta cantidad de solvente en un matraz o balón.
- b) Esperar que el solvente llegue a su punto de burbuja para su posterior condensación.
- c) Todo el condensado retorna al cartucho que posee la muestra para ser extraída.
- d) Se deposita todo el condensado en el cartucho hasta cierto nivel donde ocurre el reflujo.
- e) Una vez que se llega al nivel, comienza un nuevo ciclo que se llama reflujo.

“Luego de haber instalado el equipo, dar paso al grifo para el refrigerante, introducir la muestra extraíble y añadir el solvente a utilizar, se pone en marcha la cocina o calentador que de paso a la operación, una vez que se alcanza la temperatura deseada el solvente se evapora y se condensa, gota a gota cae sobre el cartucho”. (Nuñez, 2008, pág. 4).

Para la extracción se utilizan algunos solventes la cual observaremos en la siguiente tabla.

Tabla 5*Solventes y punto de burbuja*

Punto de burbuja de solventes (°C)	
Éter	35
Éter de petróleo	35 – 50
Metanol	65
Etanol – Benceno	65
Hexano	59
Etanol tolueno	73
Etanol	78
Ciclo hexano	81
Ácido fórmico	101
Dioxano	102
Tolueno	111

Fuente: Nuñez, 2008, pág. 2

Uno de los puntos que se resalta en este cuadro es que a menor sea el punto de ebullición el solvente, este logrará realizar más reflujo; o sea en comparación a otro solvente de mayor punto de ebullición, el de menor resultó ser más eficiente.

2.2.9 Prueba de Jarra

La prueba o análisis de jara es un método el cual ayuda a caracterizar el agua que se hade tratar baja algunos parámetros como la conductividad, turbidez, potencial de hidrógeno, y la coloración, para esta prueba se procede a los siguientes pasos: 1. Racionalizar de manera equitativa un lito de agua en Baker según la cantidad de corridas que se desee realizar. 2: Se procede a mover o agilar a una velocidad de 80 RPM para homogenizar. 3: dentro de los 60 segundos de la primera agitación se agrega el, o los coagulantes que se pretenden analizar. 4: a los 60 segundos adicionales, se reduce la velocidad a 20 RPM durante 15 minutos para que los polímeros actúen creando los flocs. 5: esperar 30 minutos para la sedimentación. 6: realizar los análisis correspondientes para la determinación del accionar del coagulante.

“APHA-AWWA-WEF (1998)” citado en (Romero *et al.*, 2007, pág. 4).

“Para dosificar los compuestos agregados de un tratamiento generalmente se utiliza la prueba de jarra, esta ayuda a saber los factores necesarios para el proceso, también ayuda a simular y optimizar a nivel laboratorios los procesos que corresponden para el tratamiento de agua.” (Lorenzo 2006, pág. 6)

Los modelos y tipos del instrumento de pruebas de jarras son muchas, pero todo ello radica en el modo de uso de las jarras en un mismo momento y la rapidez de agitación en un tiempo determinado (RPM).

Los parámetros que predominan en estos procesos son los químicos e hidráulicos como los son:

- a) pH
- b) temperatura
- c) concentración del coagulante
- d) secuencia de la aplicación de las sustancias
- e) grado de agitación
- f) tiempo de sedimentación

“Para el pre tratamiento de agua el factor más crucial es el potencial de hidrógeno (pH), y los iones hidroxilos suelen ser atraídos por la carga coloidal, es ahí cuando parte de ella queda desintegrado por la incrementación de iones hidronios (H_3O). Y como resultado genera la desestabilidad de la carga coloidal. El pH debe estar en el área de solubilidad mínima que pertenece a los iones de coagulantes”. Según “Walter Poll, 1983” citado en (Lorenzo 2006, pág. 6)

Gradiente de agitación o gradiente de mezclado

“Para caracterizar los diferentes estudios referente al tratamiento de agua, es importante tener en cuenta la gradiente de mezcla. Entonces se puede priorizar este punto como iniciativa para trabajos del mismo género o referente a ellos.” (Lorenzo 2006, pág. 7)

En la revisión bibliográfica encontramos fuentes de todo tipo para la prueba de jarra, tanto para pruebas de 1 como de 2 litros.

La ecuación que permitió calcular la gradiente está definida de la siguiente manera:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V * u}}$$

Dónde:

G: gradiente de mezcla.

P: potencia.

V: volumen del líquido.

u: viscosidad de mezcla.

Por otra parte la potencia (P) se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$P = C * n^3$$

Dónde:

n: velocidad con la que gira el agitador.

C: miscelánea de factores dependientes de la propiedad del líquido.

Condiciones de pruebas de jarra

“Para la parte macro el proceso debe asumir ciertos parámetros ya que las pruebas de jarra solo son simuladores, entre los parámetros tenemos:”

“Gradiente hidráulico y tiempo de mezclado lento y rápido.”

a. Mezcla rápida

“Su principio es alterar al fluido generando una alta excitación para que los reactivos puedan juntarse o chocar con la carga coloidal del sistema hídrico, para así desestabilizar la carga, y provocar su aglomeración en un tiempo reducido. El tipo de coagulante define el tiempo de mezcla. Debido a que hay coagulantes que se mezclan de manera más rápida y fácil que otros, por lo que es necesario prolongar el tiempo”. Según (“OPS/CEPIS, 1992”) (Lorenzo 2006, pág.7-8).

Los parámetros para la mezcla rápida son:

Tiempo: de 1 a 3 minutos

Velocidad de mezcla: de 30 a 100 RPM

b. Mezcla lenta

“Normalmente el tiempo máximo es de 15 minutos. Ya que debido al movimiento se puede calentar, esto puede provocar una mejor floculación pero una pésima sedimentación por la liberación de fluidos gaseosos presentes en el agua, creando cavitaciones que pueden pegarse a los flóculos evitando su sedimentación”. (Lorenzo 2006, pág.8).

Los parámetros para la mezcla lenta son:

Tiempo: de 3 a 15 minutos

Velocidad de mezcla: de 20 a 40 RPM

c. Reposo

El reposo es el tiempo el cual los flóculos aglomerados caen o precipitan en la parte base de su recipiente, por lo general se recomienda 30 minutos. (Lorenzo 2006, pág.7-8).

2.2.10 Características para la calidad de agua

Cada país debe cumplir con un reglamento o normativa según el sector que corresponda, en caso del reglamento para la calidad del agua hay ciertos niveles límites permisibles el cual indica, la salubridad la cual el ser humano puede consumir sin perjudicar su salud, en breve indicamos los límites permisibles en las siguientes tablas N° 6 y N° 7

Tabla 6

Límites Máximos Permisibles microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límites máximos permisibles
Organismos de vida libre	N° de org./L	0
Bacterias coliformes totales	UFC/100 ml a 35°C	0
Virus	UFC/ml	0
E. coli	UFC/100 ml a 44.5°C	0
Larvas de Helmintos, Huevos, quistes, etc.	N° org./L	0
Coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 ml a 44.5°C	0
Bacterias heterotróficas	UFC/ml a 35°C	500

UFC: unidades formadoras de colonias

Fuente: DIGESA, 2011, pág. 39

Los parámetros de la tabla N° 6 comprenden los aspectos microbiológicos según se describe en dicha tabla.

Tabla 7

Límites máximos permisibles de parámetros organolépticos

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	NTU	5
pH	valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad	umho/cm	1500
sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Cloruros	mg Cl-/L	250
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500
Hierro	mg Fe/L	0.3
Manganeso	mg Mn/L	0.4
Aluminio	mg Al/L	0.2
Cobre	mg Cu/L	2.0
Sodio	mg Na/L	200

UCV = Unidad de color verdadero

NTU = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: (DIGESA, 2011, pág. 40)

La tabla N° 7 representa los parámetros organolépticos que se encuentran presentes en el agua y nos ayuda a comparar el rango en el cual se debe encontrar.

2.3 Bases filosóficas

De acuerdo a lo que menciona Eddgar M. Hernández (2016), de la Universidad Luis Gonzaga de Ica, el consumo de agua ha llevado a reflexiones y actitudes filosóficas sobre su valor vital como elemento para la salud, la alimentación y el saneamiento ambiental, por lo

que “ecológicamente, el agua forma parte del medio ambiente en que vivimos y de nuestras emociones y sentimientos, así como de nuestros recuerdos de infancia, de nuestra naturaleza, de nuestros paisajes, de nuestra cultura, de nuestros ríos y de nuestros pueblos. Esta interacción agua – hombre va asociada al sentido de la belleza, al sentido de la armonía de nuestra tierra, de nuestro pueblo y de nuestra calidad de vida”.

Todos los sistemas ecológicos y toda biodiversidad dependen de la calidad del agua, elemento esencial para la vida, lo cual la eleva a la condición de eje transversal para el desarrollo socio económico y cultural de los pueblos.

Es imprescindible observar los ciclos de la naturaleza, incluyendo el ciclo del agua, que constituye un mecanismo de purificación y regulación de la misma, lo cual muestra el equilibrio que siempre intenta mantener la Tierra, y la renovación inherente.

La investigación da una respuesta a un problema social de saneamiento de las aguas de consumo doméstico, por lo que la concepción filosófica está enmarcada dentro de las explicaciones del para qué de este trabajo.

Es necesario considerar que uno de los aspectos sustanciales de la investigación de contribuir a la forma de pensar y ver las cosas.

Es muy significativo que se mejoren las condiciones de abastecimiento de agua al centro poblado APROPENSA, que va a permitir que la vida y evolución de los pobladores sea acorde a las aspiraciones naturales y a los derechos inherentes a una vida digna.

¿Hacia dónde se proyecta? Se puede decir que se orienta al desarrollo humano integral y saludable, y el contar con un servicio básico, otorga una satisfacción existencial acorde con los estándares de vida civilizada.

2.4 Definición de términos básicos

Coagulante: Son diferentes tipos de sustancias que en contacto con un medio acuoso logra la desestabilización de la carga eléctrica para dar paso a la formación de flóculos (Glosario de términos en Aguas, p. 13).

Coagulantes naturales: Es toda sustancia que provoca la desestabilización de cuerpos contaminantes pero con el detalle que proviene de fuentes naturales, como plantas y diversas vegetaciones (Glosario de términos en Aguas, p. 13).

Coagulo: Es la unión entrelazada de varios fragmentos particulados a través de sustancias viscosas, de modo que resulte un cuerpo de mayor volumen o tamaño (Glosario de términos en Aguas, p. 13).

Coloides: son partículas en suspensión presentes en las aguas contaminadas, por lo que resulta complicado su sedimentación de manera natural, son sustancias responsables de la turbiedad y coloración del agua (Glosario de términos en Aguas, p. 13).

Contaminación: Es la acción de alterar el estado un medio ocasionando que algún peligro en este; lo cual genera un cambio negativo del entorno ambiental (Glosario de términos utilizaos por el ANA, p. 8).

Floculante: Es una secuencia de acciones químicas que consiste en la adición de partículas llamadas floculantes, para la aglomeración de compuestos o sustancia contaminantes presentes en el agua (Glosario de términos en Aguas, p. 23).

Flóculos: Son cuerpos adheridos unos a otros debido a la desestabilización su carga eléctrica, son grumos de residuos orgánicos e inorgánicos producidos por la aglomeración de sólidos en suspensión (Glosario de términos en Aguas, p. 23).

Remoción: Es la acción de separar algún objeto, cuerpo o partícula de un lugar determinado, esta acción puede darse en diferentes sistemas y también depende del tiempo.

Solvente: Es un sistema que se encarga de disolver uno o más compuestos miscibles de manera uniforme (Glosario de términos en Aguas, p. 44).

Suspensión: es una miscelánea formada de diferentes clases o elementos de sustancias insolubles, distribuidas en un cuerpo líquido (Glosario de términos en Aguas, p. 45).

2.5 Formulación de la Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- El alumbre y la penca de tuna remueven la turbidez del agua del centro poblado Agropensa a tal nivel que cumpla con el reglamento de calidad de agua de DIGESA.

2.5.2 Hipótesis específicas

- La dosis óptima de sulfato de aluminio remueve la turbidez del agua a un valor menor a 5 UNT.
- La dosis óptima de penca de tuna remueve la turbidez del agua a un valor menor 5 UNT.

2.5.3 Operacionalización de variables

Tabla 8 Operacionalización de variables : “*Estudio Comparativo Del Alumbre Y Coagulantes Naturales Para Remover La Turbidez Del Agua En El Centro Poblado Agropensa Barranca, 2019*”

Estudio comparativo del Alumbre y coagulantes naturales para la remoción de Turbidez del agua en el centro poblado Agropensa – Barranca, 2019.	Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
	<p>Variable independiente: Estudio comparativo de coagulantes</p> <p>Variable dependiente: Remoción de turbidez del agua</p>	<p>“Existen diferentes tipos de coagulantes el pre tratamiento de agua potable, haciendo posible la reducción de contaminantes, pero estos agentes sintéticos ocasionan un impacto ambiental agresivo para los cultivos y la salud, por ello se buscan alternativas para sustituir o aminorar el uso de coagulantes minerales siendo reemplazados por coagulantes extraídos de la vegetación; según los estudios realizados los coagulantes no convencionales tendrían un menor impacto ambiental ya que son de procedencia orgánica”.</p> <p>“Entonces podemos decir que la reducción o la remoción de la turbidez es toda acción que con ayuda de un factor coagulante ayude a eliminar o remover toda la carga coloidal, reduciendo o eliminado a la vez todos los aspectos o características que estén presentes en ella, como el color, sabor, aspecto, materias, materiales y cuerpos presentes de todos los tamaños”.</p>	<p>Coagulantes Naturales</p> <p>Coagulante sintético</p> <p>Caracterización fisicoquímica</p> <p>Materia en suspensión</p> <p>Concentración de coagulantes</p>	<p>Penca de tuna</p> <p>Sulfato de aluminio</p> <p>pH</p> <p>Turbidez</p> <p>Conductividad</p> <p>Coloides</p> <p>Solidos totales disueltos</p> <p>Residuos sólidos</p> <p>Prueba de jarra</p> <p>Dosis de coagulante</p> <p>Porcentaje de remoción</p>

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Aplicada, ya que el proyecto está orientado a solucionar problemas, interrogantes y dudas; basándose en la recopilación de conocimientos existentes.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación que se estudia es preexperimental de pre post test, ya que nos permite aplicar métodos que ayuden a realizar ajustes y/o modificaciones a la variable dependiente, buscando un beneficio y mejora de la idea central del estudio que se realiza.

3.1.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es empírico y se basa en análisis de pre prueba (O_1) -pos prueba (O_2), ya que se realizarán mediciones para caracterizar inicialmente a un grupo (G_i) que será sometida a un tratamiento (X), para finalmente evaluar sus resultados también mediante mediciones para así poder identificar los cambios que han ocurrido (pos prueba).

$$G_i \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Dónde:

G_i = Variable medible o dependiente, sujeto de estudio (turbidez de agua)

O_1 = Pre análisis o medición antes de ser sometido al tratamiento

X = intervención o tratamiento de la variable manipulada (coagulantes)

O_2 = Pos análisis o medición después de haber sido sometido al tratamiento.

Para medir las características de la variable dependiente se utilizarán instrumentos y equipos del laboratorio de: Química general y química orgánica N° 105 con código: SL01LA43 de la escuela profesional de química de la universidad nacional “José Faustino Sánchez Carrión”.

Para manipular la variable dependiente mediante operaciones y procesos se requerirá del laboratorio de análisis instrumental N° 101 con código: SL01LA45 de la escuela profesional de química de la universidad nacional “José Faustino Sánchez Carrión”.

El procedimiento de para la manipulación de la variable independiente se muestra en el proceso diagrama de bloques (PDB).

Pasos para la obtención de coagulantes naturales:

- ✓ Recepción de la materia prima (Agave, Nopal, Sábila)
- ✓ Lavado para la remoción de impurezas (tierra, excreta de aves, etc.)
- ✓ Pelado de cascara (remoción de espinas y piel de la M.P.)
- ✓ Corte de la pula en cubos rectangulares de 0.5 a 2.0 centímetros
- ✓ Reducción de la humedad durante 12 horas a una temperatura de 60°C
- ✓ Trituración de la materia prima seca para reducción de tamaño
- ✓ Extracción de clorofila y pigmentos naturales con 200ml de etanol a 60°C
- ✓ Secado del etanol presente después de la extracción a 78°C durante 1 hora.
- ✓ Agitación con agua para la activación del coagulante a 600 RPM durante 1 hora.
- ✓ Filtración para separar la masa del líquido activo con el coagulante.
- ✓ Centrifugación para acelerar el proceso de precipitación del coagulante.
- ✓ Separación del precipitado y líquido (solvente).
- ✓ Obtención de coagulante natural.

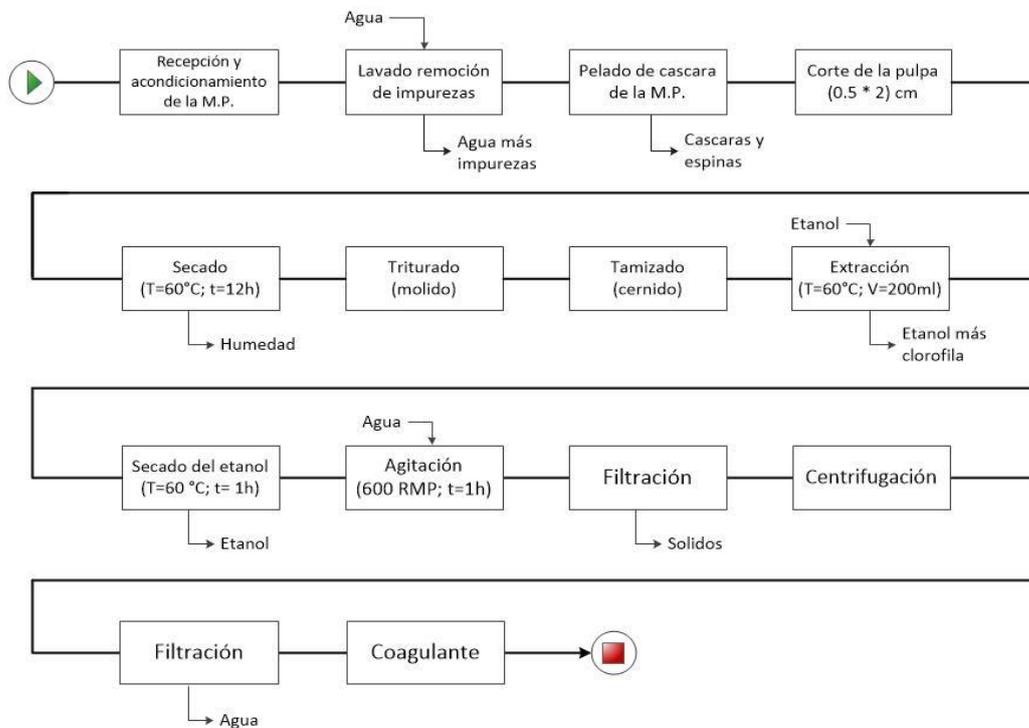


Figura 7 Diagrama de bloques

Fuente: Propia del autor

3.1.4 Enfoque

El proyecto propone una alternativa para el uso coagulantes naturales a base de plantas de la misma zona de estudio, para reducir la turbidez del agua mejorando su calidad por ende realizamos un enfoque aplicativo

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población es canal de agua proveniente del rio Pativilca que recorre la frontera del centro poblado Agropensa, el cual tienen contacto directo con los moradores ya que son consumidores de este recurso hídrico proveniente de uno de los canales del río.

3.2.2 Muestra

La muestra es 20 Litros el agua turbia proveniente del canal del río Pativilca, que se recolectará aleatoriamente en diferentes puntos para las pruebas de jarra y su respectivo pre y post análisis en el trayecto de la investigación.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas de lectura

Este tipo de técnica nos permite vislumbrar y analizar las diferentes fuentes de información, desarrollando nuestra habilidad de procesar las distintas informaciones y así tener un conocimiento más amplio para el enfoque del trabajo de investigación.

a. Técnica de lectura analítica

Esta técnica nos permitió analizar de manera acompañada los párrafos e información que se requerían necesarios para fines de la investigación.

3.3.2 Técnicas de observación.

Una de las técnicas empleadas en la investigación es la observación experimental, ya que a medida que se iban ampliando los conocimientos teóricos y explorativos, estos buscaban una relación lógica para unir a las variables a investigar, tanto la independiente como la dependiente.

Observación experimental.

Con esta técnica observaremos los cambios o variaciones de conducta de la variable medible respecto a la acción de la variable manipulada, con la finalidad de recopilar información y/o datos.

Observación de laboratorio.

En el trayecto experimental se tiene suma ligereza en la observación de las lecturas que los distintos equipos y/o instrumentos miden para los diferentes análisis.

Observación de campo.-

La observación de campo nos ayuda a explorar de manera visual el terreno para buscar alternativas que relacione de manera directa la variable manipulada con la variable medida.

3.3.3 Medios de observación.

Uno de los medios más usados en el trabajo de investigación fue la cámara fotográfica y la cámara filmadora, ya que ayudaron a validar mediante evidencias probatorias que los datos obtenidos son reales y verídicas.

El cuaderno de apuntes o fichas son otro de los medios el cual se usaron para la recolección de datos.

3.3.4 Descripción de los instrumentos

Equipos e instrumentos de medición electrónicos

Tabla 9

Características de los equipos electrónicos a usar

Instrumentos	Modelo, marca y característica
Balanza digital	La balanza de bolsillo modelo Pocket Scale MH - 200 de 200g/0.01g de capacidad; unidad de medida: gramos (g), libras (lb).
Conductímetro	Modelo JENWY 4510 conductivity meter; unidad de medida: micro siemens (uS), con termómetro incorporado (°C).
Potenciómetro	Marca SI Analytics, modelo HandyLab 100; unidad de medida: potencial de hidrógeno (pH); termómetro incorporado (°C).
Potenciómetro	pH-metro de mano, modelo AD 11 pH meter; marca Adwa, con termómetro incorporado; unidades de medida: (pH), (°C)
Turbidímetros	Modelo 2100 Q, marca Hach; medición en: unidades nefométrica de turbidez (NTU); capacidad: (0-999)NTU
Refractómetro	Refractómetro de bolsillo, modelo PAL - 07S, marca Pocket

Fuente: Elaboración propia.

Instrumentos y materiales de vidrio de laboratorio

Tabla 10

Descripción de materiales de vidrio

Instrumentos	Descripción y uso
placa Petri	Se procederá a utilizar este material para deshidratar de las muestras en el secador de bandejas.
Matraz	En este material se colocará el solvente el cual extraerá en gran nivel la clorofila de la planta para el coagulante.
Soxhlet	Es donde ocurre el fenómeno físico de la extracción de un compuesto mediante un solvente.
tubo de refrigerante	Este material se encarga de condensar el solvente para la extracción de la clorofila.
tubo de centrífuga	Se utilizará para colocar las muestras para la precipitación del coagulante mediante fuerza centrífuga.
vaso de precipitado	Es para fraccionar la muestra de agua y caracterizar los respectivos parámetros que esta posee.
Beaker de 1000ml	En el beaker se coloca la muestra de agua general para posteriormente separar en muestras distintas.
Bagueta	Ayuda a mover las muestras que necesiten de dicha acción.

Fuente: Elaboración propia.

Materiales generales empleados en los ensayos

Tabla 11

Descripción de materiales generales

Materiales generales	Descripción y empleo
Cuchillo	Uso para el corte y remoción de cascara de la materia prima.
Pizzeta	Frasco que contiene agua para el lavado según la necesidad.
papel filtro	El papel filtro se utilizar para formar los cartucho e introducir al equipo soxhlet.
guantes de látex	

Toca tipo tira	Se utiliza para la protección de las manos y evitar contaminar la materia prima. Para sujetar el cabello y evitar contaminantes que provengan de la cabeza.
----------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Insumos y reactivos

Tabla 12

Insumos utilizados en la obtención de coagulante natural

Insumos	Formula	modo de uso
Agua destilada	H_2O	Para el lavador de materiales según la necesidad.
Etanol	C_2H_5OH	Se utilizará como solvente etanol de puro.
alumbre	$Al_2(SO_4)_3$	Uso comparativo frente al coagulante natural.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el análisis y/o procesamiento de datos la investigación se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft Excel, apoyados de suite ofimática Microsoft Office, programa estadístico SPSS.

CAPITULO IV RESULTADOS

En esta sección, se muestran los datos y resultados que se obtuvieron para el desarrollo de la parte experimental.

4.1 Análisis de resultado

4.1.1 Análisis fisicoquímicos de las muestras de agua cruda.

Se tomaron muestras de agua de distintos puntos del canal Agropensa para los análisis iniciales en el laboratorio de Química general y química orgánica N° 105 con código: SL01LA4

Tabla 13

Análisis inicial de agua cruda - pre tratamiento

PRUEBA	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	pH	conductividad	Aspecto
1	41.0	7,99	594	turbio
2	42.2	8,02	612	turbio
3	41.7	8,08	633	turbio
4	41.3	7,91	586	turbio
5	42.3	7,96	624	turbio
6	41.9	8,12	642	turbio
7	42.0	7,92	589	turbio
8	42.1	7,98	608	turbio
9	41.4	8,01	619	turbio
10	41,5	7,88	572	turbio

Fuente: Elaboración propia.

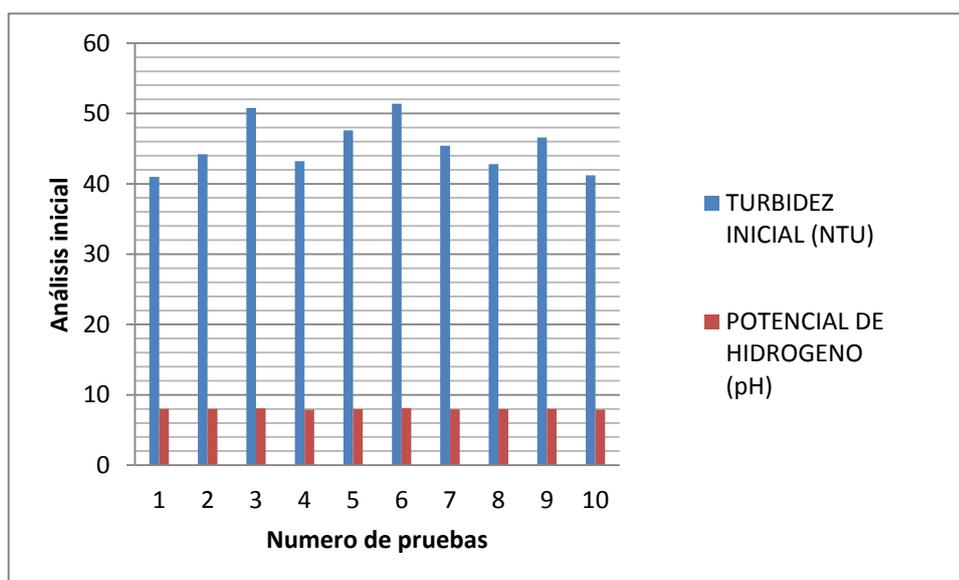


Gráfico 1. Turbidez y pH inicial

4.1.2 Preparación de Sulfato de aluminio

Se pesa 0.175 gramos de alumbre en una fiola de 25 ml y se afora con agua destilada.

Tabla 14

Solución madre de alumbre

Alumbre	agua	concentración
0,175 g	25 ml	7000 ppm

Fuente: elaboración propia

Se extrae 5 alícuotas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15

Disolución de sol. madre

volumen en mililitros	concentración (ppm)
1	280
3	840
5	1400
7	1960
10	2800

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se dosificará en la misma proporción a muestras de 200 ml de agua cruda quedando una concentración final de:

Tabla 16

Dosis a las muestras de agua cruda

volumen en mililitros	concentración (ppm)
1	1,4
3	12,6
5	35,0
7	68,6
10	140,0

Fuente: elaboración propia

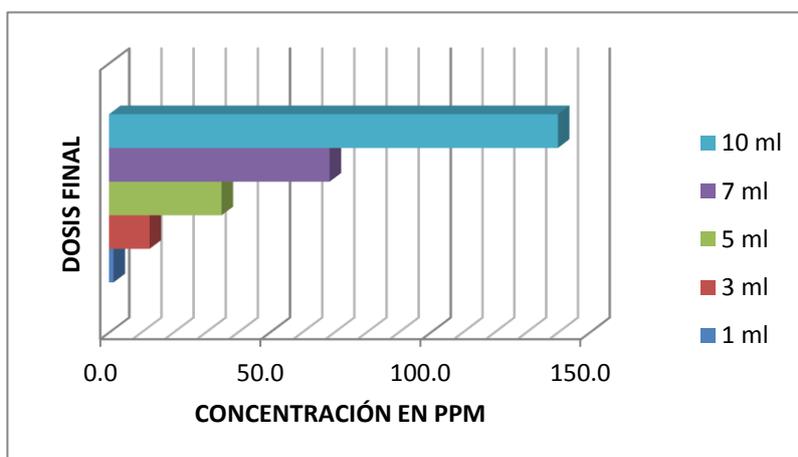


Gráfico 2 Concentración de muestras de agua tratada

4.1.3 Aplicación de sulfato de aluminio

Este punto se desarrolló de la siguiente manera:

Se separa 5 vasos de precipitado para ser aforados con una muestra inicial que ya fue analizado de manera física y química (tabla 13).

a. *Turbidez del agua tratada con Alumbre*

Luego se dosifica cada vaso como especifica la tabla 17 cuyos resultados constatan que hay una remoción de la turbidez.

Tabla 17

Análisis de turbidez post-prueba con alumbre

PRUEBA	TURBIDEZ INICIAL	TURBIDEZ				
		1 ml	3 ml	5 ml	7 ml	10 ml
1	41.0	6,79	5,51	4,41	3,07	1,04
2	42.2	6,83	5,73	4,56	3,11	1,06
3	41.7	7,19	5,64	4,64	3,02	1,01
4	41.3	6,67	5,76	4,58	3,08	1,05
5	42.3	6,84	5,57	5,01	3,09	1,05
6	41.9	7,23	5,77	4,89	3,12	1,11
7	42.0	6,65	5,55	4,71	3,05	1,02
8	42.1	6,80	5,61	4,78	3,09	1,03
9	41.4	6,93	5,64	4,47	3,11	1,09
10	41,5	6,71	5,83	4,74	3,13	1,06

Fuente: elaboración propia

Con la tabla podemos determinar que con una dosis de 5 ml (35ppm) o mayor a ella el agua tratada cumple con la especificación del reglamento de calidad ya que indica que tiene que ser menor a 5 UNT.

Por otro lado Analizando gráficamente (grafica N° 3) el comportamiento de cada corrida observamos que a partir de la dosis de 7 ml (68.6 ppm) de Sulfato de aluminio los datos tienen un comportamiento lineal lo cual indica que a esta concentración hay una mejor estabilidad durante el tratamiento.

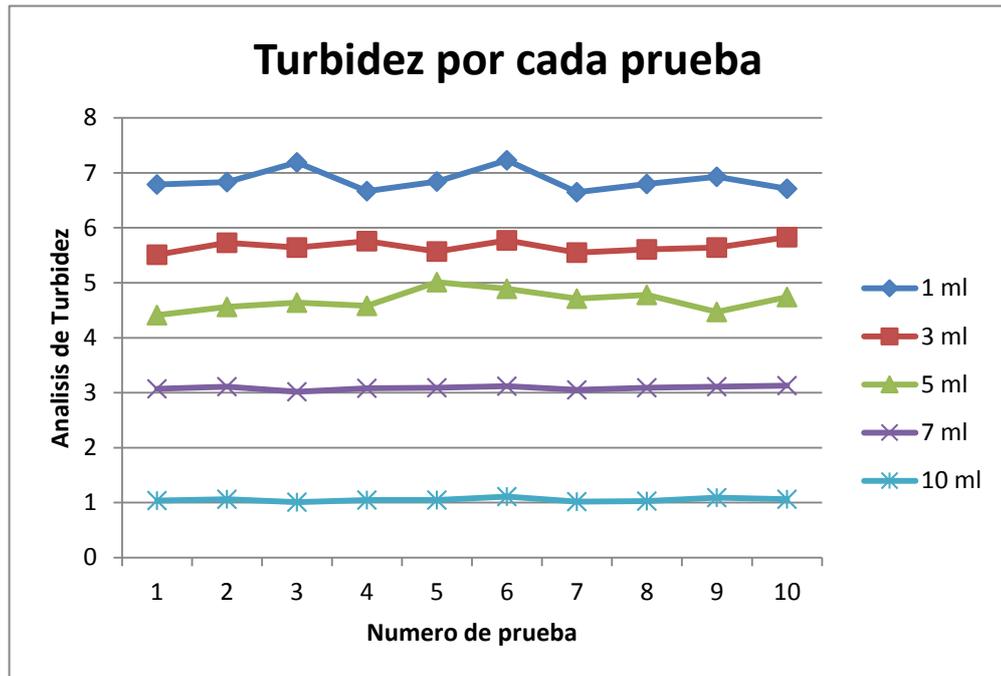


Gráfico 3. Turbidez individual por cada prueba

Adicional se observa una curva que muestra el comportamiento de cada dosis promediando todas las corridas, también vemos su grafica de regresión lineal que nos ayudará a proyectar posibles tendencia que se requiera estudiar.

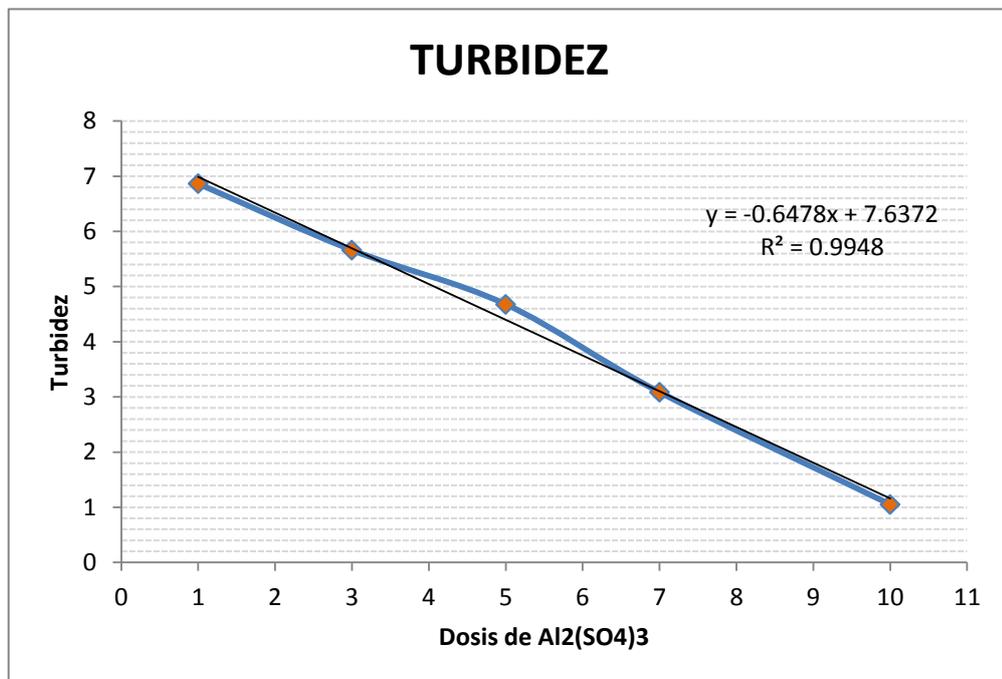


Gráfico 4 regresión lineal de turbidez con alumbre

b. Potencial de Hidrogeno del agua tratada con Alumbre

De manera seguida observamos también el comportamiento del potencial de hidrogeno lo cual nos indica que el sulfato de aluminio tiende a acidificar la muestra ya que disminuye el valor de acidez, a mayor dosis menor acidez.

Tabla 18
Análisis de pH con alumbre post-prueba

PRUEBA	pH INICIAL	POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)				
		1 ml	3 ml	5 ml	7 ml	10 ml
1	8,01	7,28	7,03	6,92	6,73	6,64
2	8,02	7,29	7,08	7,01	6,88	6,79
3	7,97	7,31	7,04	6,99	6,76	6,74
4	8,00	7,30	7,10	6,98	6,79	6,71
5	8,02	7,30	7,05	7,01	6,83	6,77
6	8,01	7,34	7,07	6,99	6,77	6,68
7	7,99	7,27	7,04	6,94	6,81	6,75
8	7,94	7,28	7,06	6,96	6,85	6,79
9	8,01	7,30	7,12	6,91	6,88	6,73
10	7,96	7,26	7,09	6,94	6,81	6,69

Fuente: Elaboración propia

La muestra inicial parte de un pH alcalino esto puede ser por la carga de los coloides y otras materias presentes en el agua cruda, según se va dosificando el alumbre esta presenta un comportamiento inversamente proporcional al pH quiere decir que a mayor dosis menor es el valor de pH.

El límite de permisibilidad varía entre 6.5 a 8.5 de pH para consumo humano y según lo observado con ninguna de las dosis trabajadas pasa el rango especificado, además a turbidez el pH no presenta comportamiento estable.

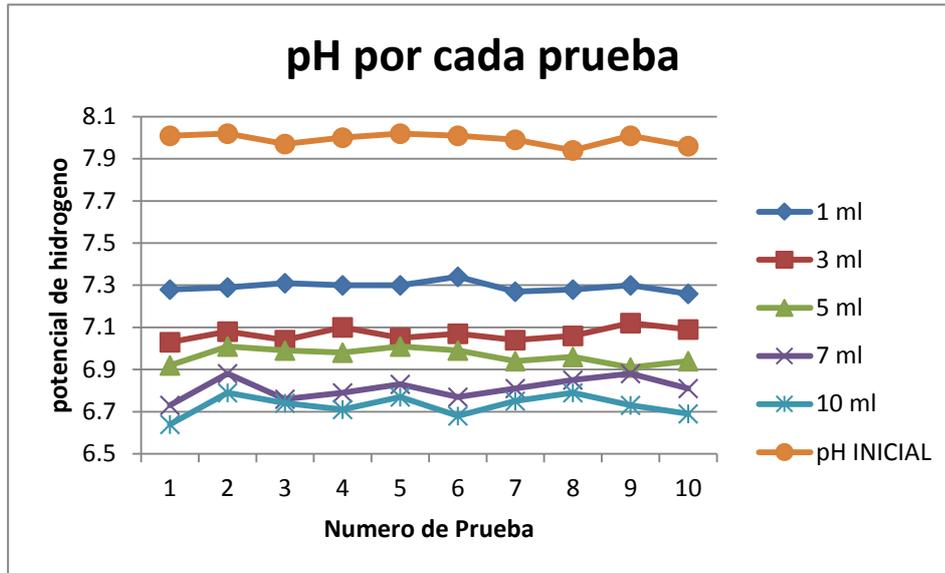


Gráfico 5. pH por prueba individual prueba

En el grafico observamos que a diferencia de la Turbidez el pH tiene un R^2 menor esto se debe a la dispersión de sus datos, el pH tiene una caída notoria en sus dos primeras dosis (1 ml – 3 ml) y luego es ligeramente lineal

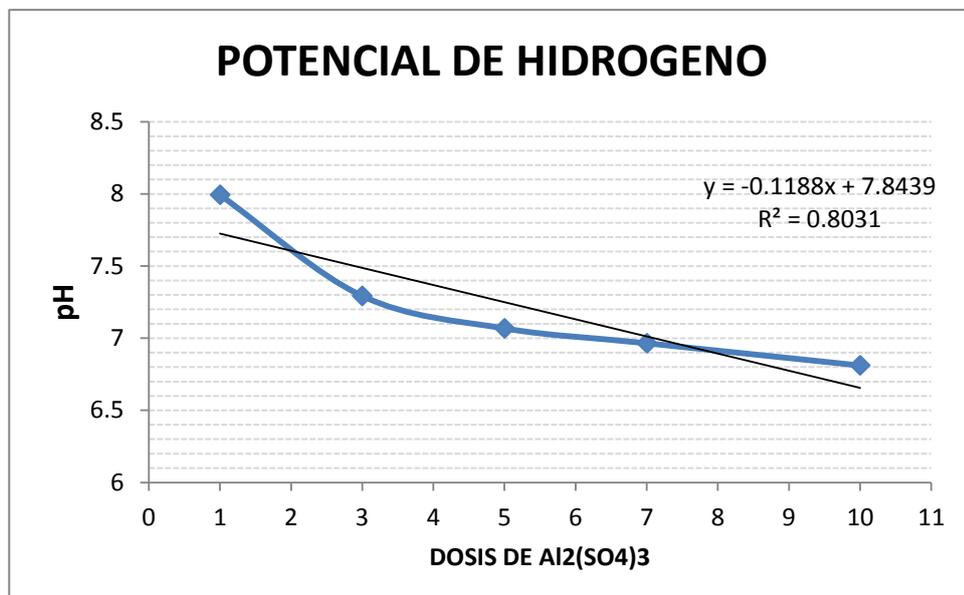


Gráfico 6. Regresión lineal de pH con alumbre

c. Conductividad del agua tratada con Alumbre

La conductividad a diferencia del pH tiene comportamiento directamente proporcional, quiere decir que a mayor dosis más alta es la conductividad esto puede ser ocasionado por la disolución de las sales del alumbre

Tabla 19
Análisis de Conductividad post-prueba

PRUEBA	CONDUCTIVIDAD INICIAL	CONDUCTIVIDAD				
		1 ml	3 ml	5 ml	7 ml	10 ml
1	594	611	624	649	661	691
2	612	621	631	642	671	689
3	603	619	628	647	668	698
4	586	611	639	659	676	694
5	604	621	634	655	674	688
6	599	619	638	647	665	692
7	589	614	627	654	672	685
8	601	612	623	641	661	695
9	602	613	625	647	663	690
10	592	615	629	638	675	692

Fuente: elaboración propia

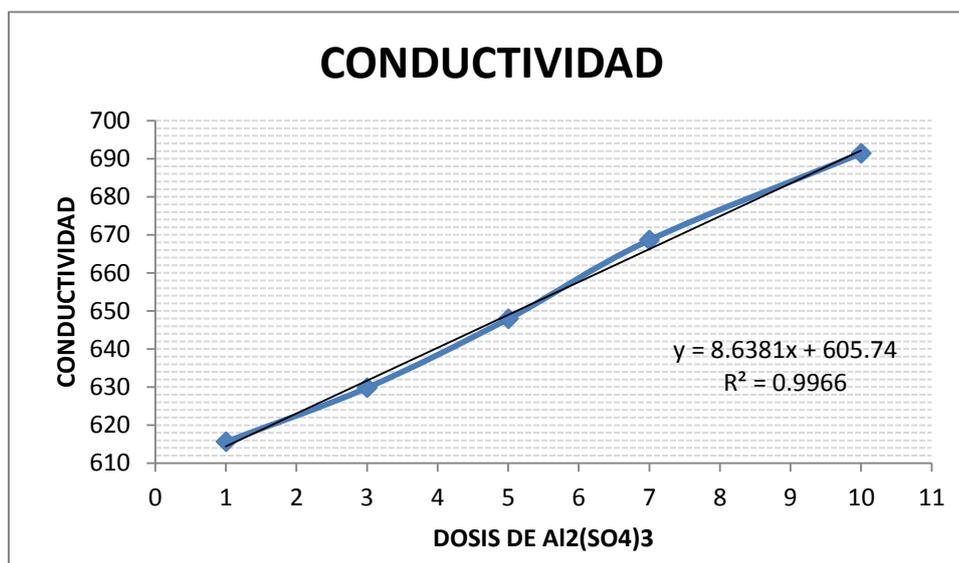


Gráfico 7 Regresión lineal de conductividad con alumbre

4.1.4 Preparación de coagulante de la penca de tuna

Posterior al acondicionamiento de la materia prima se realiza un balance de perdida de humedad.

Tabla 20
Porcentaje de Remoción de agua de penca de tuna

Muestras	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Remoción de humedad
1	30,01	2,416	91,95%
2	30,05	2,395	92,03%
3	30,03	2,444	91,86%
4	30,01	2,377	92,08%
5	30,07	2,415	91,97%
6	30,04	2,406	91,99%
7	30,06	2,438	91,89%
8	30,03	2,399	92,01%
9	30,1	2,391	92,05%
10	30,09	2,425	91,94%

Fuente: elaboración propia

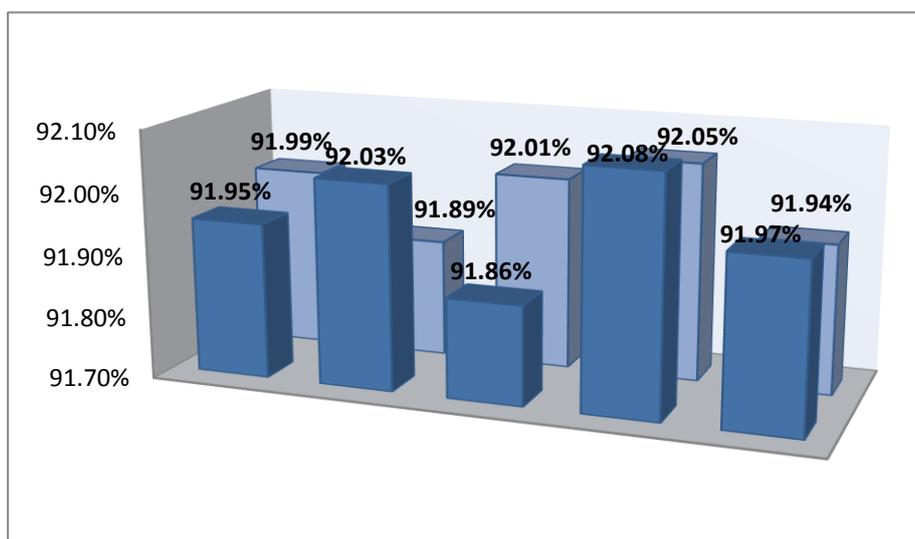


Gráfico 8 Remoción de agua de la penca de tuna

Luego del secado se extrajo los pigmentos con el equipo soxhlet para evitar que estas se solubilicen, esto ayuda a evitar que el agua tratada tome un aspecto verdoso o no cumpla con el parámetro que se especifica en el reglamento de calidad de agua para consumo humano.

a. Turbidez del agua tratada con penca de tuna

Se realiza 5 pruebas dosificando de manera directa el coagulante natural como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 21

Dosis para las muestras de agua cruda

masa en miligramos	concentración (ppm)
25 mg	25,0
50 mg	50,0
75 mg	75,0
90 mg	90,0
100 mg	100,0

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la turbidez obtenida junto con la remoción se expresan en las siguientes tablas.

Tabla 22

Análisis de turbidez post-prueba con penca

PRUEBA	TURBIDEZ INICIAL	TURBIDEZ				
		25mg	50mg	75mg	90mg	100mg
1	41,0	7,52	6,71	5,97	4,63	3,92
2	44,2	7,21	6,83	5,99	4,57	4,01
3	50,8	7,37	6,63	6,02	4,81	4,11
4	43,2	7,39	6,79	5,91	4,74	3,99
5	47,6	7,25	6,87	5,87	4,71	4,06
6	51,4	7,29	6,62	6,05	4,67	3,98
7	45,4	7,30	6,83	5,95	4,69	4,02
8	42,8	7,43	6,75	6,14	4,89	4,12
9	46,6	7,39	6,93	5,81	4,59	4,01
10	41,2	7,52	7,07	6,03	4,81	3,81

Fuente: elaboración propia

Observamos que para obtener una turbidez dentro de lo especificado se necesita una dosis de 90 mg alcanzando un promedio de 4.711 UNT. Sin embargo estos valores están al límite de lo permitido, pero con una dosis de 100 mg observamos que la turbidez en promedio es de 4.00 UNT. Y este valor vendría a ser más aceptable.

El Porcentaje de remoción lo visualizamos en la siguiente tabla, de tal manera que podamos observar en qué punto se encuentra una mejor remoción de turbidez.

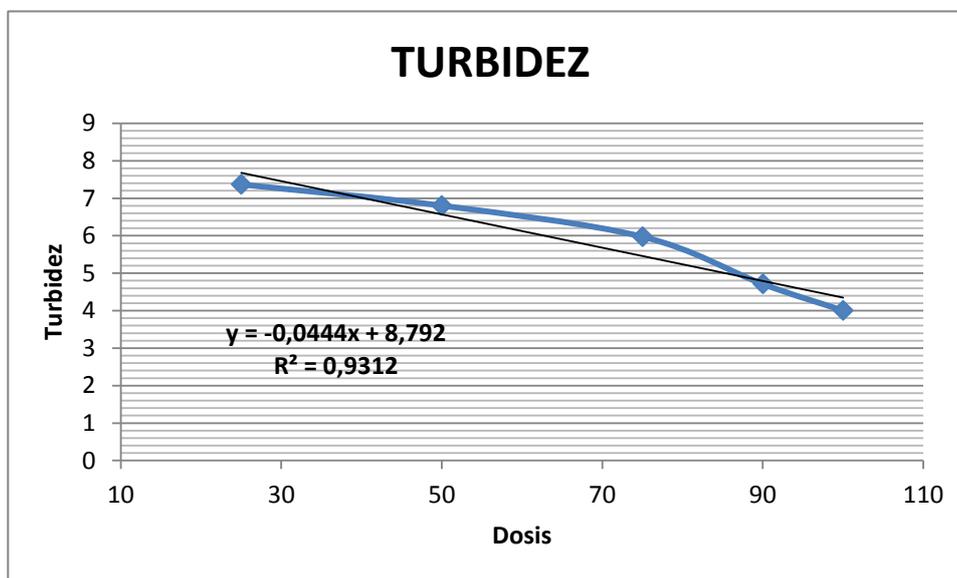
Tabla 23*Remoción de turbidez tratada con penca de tuna*

TURBIDEZ INICIAL	REMOCION DE TURBIDEZ				
	25 mg/L	50 mg/L	75 mg/L	90 mg/L	100 mg/L
41.0	81.7	83.6	85.4	88.7	90.4
42.2	82.9	83.8	85.8	89.2	90.5
41.7	82.3	84.1	85.6	88.5	90.1
41.3	82.1	83.6	85.7	88.5	90.3
42.3	82.9	83.8	86.1	88.9	90.4
41.9	82.6	84.2	85.6	88.9	90.5
42.0	82.6	83.7	85.8	88.8	90.4
42.1	82.4	84.0	85.4	88.4	90.2
41.4	82.1	83.3	86.0	88.9	90.3
41,5	81.9	83.0	85.5	88.4	90.8

Fuente: elaboración propia

Con una Dosis de 100 mg logramos obtener una remoción de 92.3 % y en promedio de todas las corridas se obtuvo una remoción de 91.1 %

De manera gráfica la turbidez lo expresamos así:

*Gráfico 9 Regresión lineal de turbidez con penca de tuna*

b. Potencial de Hidrogeno del agua tratada con penca de tuna

El pH tratado con la penca de Tuna tiene una menor variación a diferencia del pH con Alumbre, esto se debe a la poca liberación de iones hidrógenos, sin embargo, a mayor dosis el pH tiende a formar in medio de mayor acidez

Tabla 24
Análisis de pH con alumbre post-prueba

PRUEBA	pH INICIAL	Dosis de penca de tuna				
		25	50	75	90	100
1	8,01	7,93	7,82	7,54	7,35	7,27
2	8,02	7,91	7,75	7,48	7,39	7,31
3	7,97	7,90	7,79	7,61	7,42	7,38
4	8,00	7,95	7,86	7,51	7,41	7,35
5	8,02	7,96	7,88	7,49	7,27	7,12
6	8,01	7,88	7,79	7,38	7,32	7,21
7	7,99	7,91	7,79	7,51	7,4	7,33
8	7,94	7,89	7,68	7,44	7,31	7,18
9	8,01	7,97	7,81	7,47	7,39	7,16
10	7,96	7,87	7,77	7,42	7,36	7,22

Fuente: elaboración propia

El comportamiento del pH con penca de tuna a distintas dosis representa una tendencia con mayor linealidad con un R^2 : 0.98

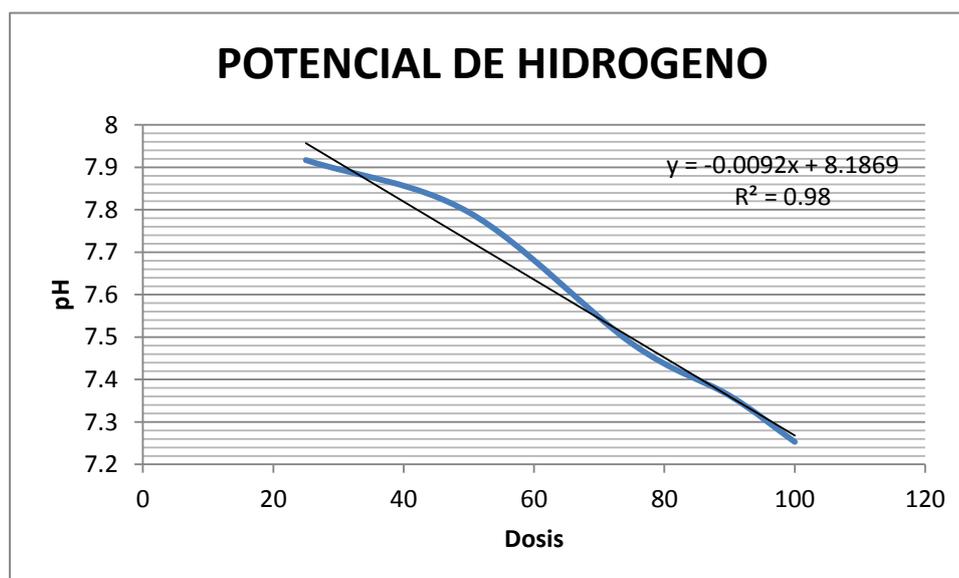


Gráfico 10 Regresión lineal de pH con penca de tuna

c. Conductividad del agua tratada con penca de tuna

El comportamiento de la conductividad tratada con penca de tuna es directamente proporcional a la dosis, esta conducta es semejante al tratamiento con alumbre y su proyección lineal tiene un R^2 : 0.9858 de manera ascendente.

Tabla 25
Análisis de conductividad con penca post test

PRUEBA	CONDUCTIVIDAD INICIAL	CONDUCTIVIDAD				
		25mg	50mg	75mg	90mg	100mg
1	594	609	616	621	639	644
2	612	617	623	632	638	648
3	603	613	627	639	641	650
4	586	619	623	633	639	649
5	604	612	624	639	642	650
6	599	611	617	623	631	640
7	589	606	613	624	636	642
8	601	611	621	629	638	641
9	602	611	621	629	639	644
10	592	593	609	621	628	633

Fuente: elaboración propia

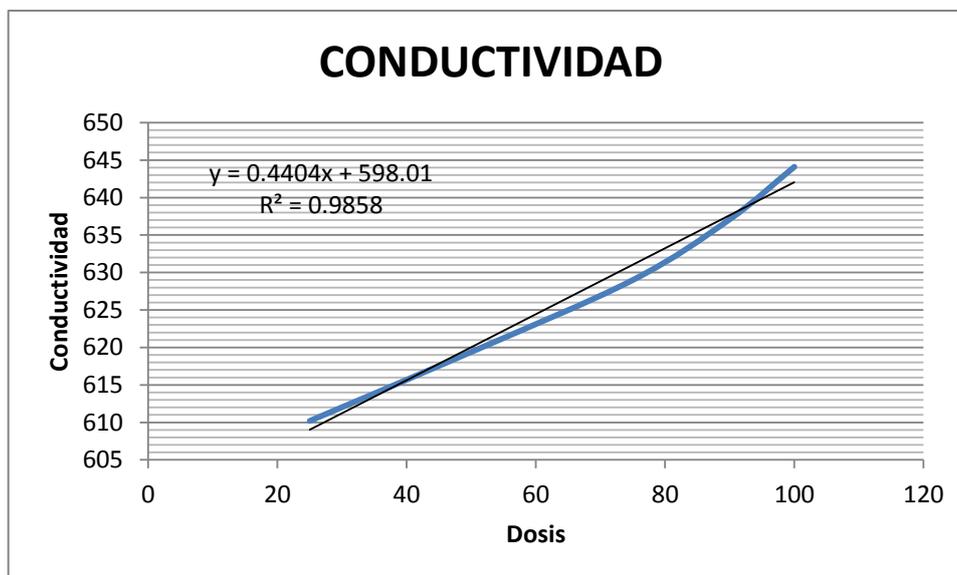


Gráfico 11 Regresión lineal de conductividad con penca post test

4.2 Contraste de la Hipótesis

4.2.1 Resultados de análisis de varianza (ANOVA DE UN FACTOR)

Si el nivel de significancia es menor a 0.05 se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la

Alternativa en este caso.

H_0 : No existe diferencia significativa entre las dosis

H_1 : Existe diferencia significativa entre las dosis

- Para la turbidez en el tratamiento con sulfato de aluminio tenemos los siguientes resultados.

Descriptivos

TURBIDEZ UNT

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1 ml	10	6,8640	,20084	,06351	6,7203	7,0077	6,65	7,23
3 ml	10	5,6610	,10640	,03365	5,5849	5,7371	5,51	5,83
5 ml	10	4,6790	,18574	,05874	4,5461	4,8119	4,41	5,01
7 ml	10	3,0870	,03368	,01065	3,0629	3,1111	3,02	3,13
10 ml	10	1,0520	,03048	,00964	1,0302	1,0738	1,01	1,11
Total	50	4,2686	2,05364	,29043	3,6850	4,8522	1,01	7,23

Prueba de homogeneidad de varianzas

TURBIDEZ UNT	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	6,883	4	45	,000
	4,961	4	45	,002
	4,961	4	20,672	,006
	6,431	4	45	,000

ANOVA

TURBIDEZ UNT

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	205,860	4	51,465	2916,819	,0106
Dentro de grupos	,794	45	,018		
Total	206,654	49			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TURBIDEZ UNT

HSD Tukey

(I) DOSIS DE ALUMBRE	(J) DOSIS DE ALUMBRE	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1 ml	3 ml	1,20300*	,05940	,00012	1,0342	1,3718
	5 ml	2,18500*	,05940	,00010	2,0162	2,3538
	7 ml	3,77700*	,05940	,00008	3,6082	3,9458
	10 ml	5,81200*	,05940	,00017	5,6432	5,9808
3 ml	1 ml	-1,20300*	,05940	,00018	-1,3718	-1,0342
	5 ml	,98200*	,05940	,00017	,8132	1,1508
	7 ml	2,57400*	,05940	,00016	2,4052	2,7428
	10 ml	4,60900*	,05940	,00017	4,4402	4,7778
5 ml	1 ml	-2,18500*	,05940	,00016	-2,3538	-2,0162
	3 ml	-,98200*	,05940	,00015	-1,1508	-,8132
	7 ml	1,59200*	,05940	,00014	1,4232	1,7608
	10 ml	3,62700*	,05940	,00010	3,4582	3,7958
7 ml	1 ml	-3,77700*	,05940	,00016	-3,9458	-3,6082
	3 ml	-2,57400*	,05940	,00014	-2,7428	-2,4052
	5 ml	-1,59200*	,05940	,00015	-1,7608	-1,4232
	10 ml	2,03500*	,05940	,00023	1,8662	2,2038
10 ml	1 ml	-5,81200*	,05940	,00008	-5,9808	-5,6432
	3 ml	-4,60900*	,05940	,00015	-4,7778	-4,4402
	5 ml	-3,62700*	,05940	,00013	-3,7958	-3,4582
	7 ml	-2,03500*	,05940	,00014	-2,2038	-1,8662

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05

Como se observa la significancia es menor a 0.05 por ende rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, quiere decir que existe diferencia significativa en cada dosis de los distintos tratamientos.

- Para la turbidez en el tratamiento con penca de tuna tenemos los siguientes resultados.

Descriptivos

TURBIDEZ UNT

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre- componente
						Límite inferior	Límite superior			
0 mg		10	41,7400	,42999	,13597	41,4324	42,0476	41,00	42,30	
25 mg		10	7,3670	,10573	,03343	7,2914	7,4426	7,21	7,52	
50 mg		10	6,8030	,13679	,04326	6,7051	6,9009	6,62	7,07	
75 mg		10	5,9740	,09501	,03004	5,9060	6,0420	5,81	6,14	
90 mg		10	4,7110	,10311	,03261	4,6372	4,7848	4,57	4,89	
100 mg		10	4,0030	,09044	,02860	3,9383	4,0677	3,81	4,12	
Total		60	11,7663	13,56857	1,75169	8,2612	15,2715	3,81	42,30	
Modelo	Efectos fijos			,20109	,02596	11,7143	11,8184			
	Efectos aleatorios				6,01666	-3,7000	27,2327			217,19750

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
TURBIDEZ UNT	Se basa en la media	12,855	5	54	,000146
	Se basa en la mediana	11,970	5	54	,000207
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	11,970	5	18,776	,000195
	Se basa en la media recortada	12,814	5	54	,000184

ANOVA

TURBIDEZ UNT

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10860,077	5	2172,015	53714,499	,000138
Dentro de grupos	2,184	54	,040		
Total	10862,261	59			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TURBIDEZ UNT

HSD Tukey		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) DOSIS DE PENCA DE TUNA	(J) DOSIS DE PENCA DE TUNA				Límite inferior	Límite superior
0 mg	25 mg	34,37300 ⁺	,08993	,000175	34,1073	34,6387
	50 mg	34,93700 ⁺	,08993	,000144	34,6713	35,2027
	75 mg	35,76600 ⁺	,08993	,000126	35,5003	36,0317
	90 mg	37,02900 ⁺	,08993	,000102	36,7633	37,2947
	100 mg	37,73700 ⁺	,08993	,000089	37,4713	38,0027
25 mg	0 mg	-34,37300 ⁺	,08993	,000175	-34,6387	-34,1073
	50 mg	,56400 ⁺	,08993	,000183	,2983	,8297
	75 mg	1,39300 ⁺	,08993	,000171	1,1273	1,6587
	90 mg	2,65600 ⁺	,08993	,000164	2,3903	2,9217
	100 mg	3,36400 ⁺	,08993	,000152	3,0983	3,6297
50 mg	0 mg	-34,93700 ⁺	,08993	,000144	-35,2027	-34,6713
	25 mg	-,56400 ⁺	,08993	,000183	-,8297	-,2983
	75 mg	,82900 ⁺	,08993	,000166	,5633	1,0947
	90 mg	2,09200 ⁺	,08993	,000142	1,8263	2,3577
	100 mg	2,80000 ⁺	,08993	,000137	2,5343	3,0657
75 mg	0 mg	-35,76600 ⁺	,08993	,000126	-36,0317	-35,5003
	25 mg	-1,39300 ⁺	,08993	,000171	-1,6587	-1,1273
	50 mg	-,82900 ⁺	,08993	,000166	-1,0947	-,5633
	90 mg	1,26300 ⁺	,08993	,000155	,9973	1,5287
	100 mg	1,97100 ⁺	,08993	,000141	1,7053	2,2367
90 mg	0 mg	-37,02900 ⁺	,08993	,000102	-37,2947	-36,7633
	25 mg	-2,65600 ⁺	,08993	,000164	-2,9217	-2,3903
	50 mg	-2,09200 ⁺	,08993	,000142	-2,3577	-1,8263
	75 mg	-1,26300 ⁺	,08993	,000155	-1,5287	-,9973
	100 mg	,70800 ⁺	,08993	,000232	,4423	,9737
100 mg	0 mg	-37,73700 ⁺	,08993	,000089	-38,0027	-37,4713
	25 mg	-3,36400 ⁺	,08993	,000152	-3,6297	-3,0983
	50 mg	-2,80000 ⁺	,08993	,000137	-3,0657	-2,5343
	75 mg	-1,97100 ⁺	,08993	,000141	-2,2367	-1,7053
	90 mg	-,70800 ⁺	,08993	,000232	-,9737	-,4423

CAPITULO V. DISCUSIÓN

5.1 Discusión De Resultados

- “De acuerdo con Oteiza P. (1997) y Solorzano H. (2004).” “El uso de Sulfato de Aluminio continúa siendo popular en muchos lugares, esto se debe a su gran poder de desestabilización para tratar aguas turbias, como tal lo demuestra los análisis fisicoquímicos obtenidos en nuestros resultados.”
- “De acuerdo con Almendárez, 2004 y Vásquez, 1994.” “existe una relación promedio en la remoción de Humedad de la penca de tuna, con un valor de 91.98 % según los datos obtenido.”

CAPITULO VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

6.1 Conclusiones

- Los análisis Físicoquímicos iniciales del agua a tratar, tomados del canal del centro poblado agropensa fue de turbidez promedio 45.42 UNT un pH inicial promedio de 7.99 y una conductividad promedio 607.9 uS/cm^3 esto nos brinda un aspecto notoriamente turbio.
- Los análisis físicoquímicos con un primer tipo de coagulante que es el sulfato de aluminio, dieron resultados muy dentro de las especificaciones que nos recomienda el reglamento de calidad de agua para consumo humano.
- La dosis de sulfato de aluminio y sus resultados físicoquímicos fueron de 1ml (1.4 ppm) turbidez promedio de 6.86 UNT y una remoción de 84.83%, pH promedio de 7.29 y conductividad de 615.6 uS/cm^3 ; 3 ml (12.6 ppm) turbidez promedio de 5.66 UNT y una remoción de 87.5%, pH promedio de 7.07 y conductividad de 629.8 uS/cm^3 ; 5ml (35 ppm); turbidez promedio de 4.68 UNT y una remoción de 89.7%, pH promedio de 6.97 y conductividad de 647.9 uS/cm^3 ; 7ml (68.6 ppm) turbidez promedio de 3.09 UNT y una remoción de 93.2%, pH promedio de 6.81 y conductividad de 668.6 uS/cm^3 ; 10 ml (140 ppm) turbidez promedio de 1.05 UNT y una remoción de 97.7%, pH promedio de 6.73 y conductividad de 691.4 uS/cm^3 . Siendo 5 ml una dosis aceptable, pero 10 ml la dosis con mayor eficiencia.
- La dosis utilizada de penca de tuna junto a sus resultados físicoquímicos fueron de $25 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ turbidez promedio de 7.37 UNT y una remoción de 83.7%, pH promedio de 7.92 y conductividad de 610.2 uS/cm^3 ; $50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ turbidez promedio de 6.80 UNT y una remoción de 84.9%, pH promedio de 7.79 y conductividad de 619.4 uS/cm^3 ;

$75 \frac{mg}{L}$; turbidez promedio de 5.97 UNT y una remoción de 86.8 %, pH promedio de 7.49 y conductividad de $629 \mu S/cm^3$; $90 \frac{mg}{L}$ turbidez promedio de 4.71 UNT y una remoción de 89.6%, pH promedio de 7.36 y conductividad de $637.1 \mu S/cm^3$; $100 \frac{mg}{L}$ turbidez promedio de 4.0 UNT y una remoción de 91.1%, pH promedio de 7.25 y conductividad de $644.1 \mu S/cm^3$. Siendo $90 \frac{mg}{L}$ una dosis aceptable, pero $100 \frac{mg}{L}$ la dosis con mayor eficiencia.

- Concluimos también que la penca de tuna a una dosis de 90mg/L nos brinda una turbidez menor a 5 UNT por ende sería aceptada por los límites máximos permitidos en el reglamento de acidez de agua.

6.2 Recomendación

- Se recomienda hacer un estudio de pre factibilidad de la producción a gran escala de coagulantes naturales
- Se recomienda también el estudio y aplicación de otros tipos de coagulantes naturales que puedan ayudar a remover la turbidez del agua.
- Se recomienda estudiar las condiciones óptimas del medio de trabajo tales como pH, temperatura y tiempo de agitación.
- Se recomienda realizar pruebas estadísticas que involucren la eficiencia de la obtención de coagulantes naturales.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

7.1 Fuentes documentales.

- Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Química, Facultad de Ciencias y Educación, Bogotá.
- Atupaña G., F.G. y Guacho Q., J.A., (2018 – 2019), Determinación de la eficiencia del Opuntia Ficus – Indica como biocoagulante para el tratamiento de aguas superficiales del río BuluBulu, trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Olivero, R. E., Mercado, I. D., & Montes, L. E. (01 de 06 de 2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal Opuntia ficus-indica. *Producción + Limpia*, 8(1), 19-27. Bolívar, Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>
- Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón, A., Pacheco, S., & Herrera, O. F. (06 de 05 de 2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *rev.ion.*, 27(1), 17 - 34. Bucaramanga, Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v27n1/v27n1a03.pdf>
- Silva Casas, M. N. (2017). *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, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Lima.
- Quispe Barreto, M. Á., & Rondoño Chávez, R. Y. (2018). *Estimación de la calidad del agua de Río Chucchun - Carhuaz, Empleando insumos orgánicos “Agave Americano (Penca) y el Triricum vulgare(Trigo)” con proceso modificado de filtración lenta en el año 2016*. Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ciencias del Ambiente, Huaraz.
- Morales Osorio, J. A. (2019). *Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa - 2018*. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Cerro de Pasco.

7.2. Fuentes bibliográficas

- Degremont, (1979), *Manual técnico del agua*, edición española, editorial Grafo S.A., Bilbao, España.

Bravo G., M.A., (2017), *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*, Universidad distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, Bogotá, Colombia.

7.3. Fuentes hemerográficas

García P., A. y Rojas V., A., (2006), *Comparación de los floculantes CHEMADD A – 41, 42 y 43 de la firma CHEMATEK, el IP – 600 de la firma ZAR Cía y el Percol, versión canadiense del MAGNAFLOC R – 155*, Tecnología Química, vol XXVI, núm. 3, septiembre – diciembre, 2006, pp. 41 – 47, Universidad del Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

7.4. Fuentes electrónicas

Aguilar, M. I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. F. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales coagulación - floculación*. (1, Ed.) Mucia.

Bravo Gallardo, M. A. (2017). *COAGULANTES Y FLOCULANTES NATURALES USADOS EN LA REDUCCIÓN DE TURBIDEZ, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, COLORANTES Y METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES*. QUÍMICA, FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN, Bogotá.

Contreras Sanabria, K. L., & Gutierrez Mayta, T. M. (2015). “*REMOCION DE PLOMO DE LAS AGUAS DEL EFLUENTE MINERO DE YAULI LA OROYA UTILIZANDO EL COAGULANTE DE MAGUEY (Agave Americana L.) A NIVEL DE LABORATORIO*”. Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU, Facultad de Ingeniería química, Huancayo.

Dirección General de Salud Ambiental. (2011). *Reglamento de la Calidad del agua para consumo humano*. Lima: J.B. GRAFIC E.I.R.L.

Dorea. (2006). *Use of Moringa spp. seeds for coagulation: a review of a sustainable option*.

- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & Rafael, G. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN. *Artículo Técnico*, 16, 1, 253-262.
- Lorenzo, Acosta, Y. (Agosto de 2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. 40(2), 10-17. Habana, Cuba: ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & Garcia, M. d. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82.
- Morales Osorio, J. A. (2019). *Determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano – Oxapampa - 2018*. INGENIERÍA AMBIENTAL, FACULTAD DE INGENIERÍA, Cerro de Pasco.
- Nobel, P., Cavelier, J., & Andrade, J. (1992). Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations.
- Nuñez, C. E. (2008). Extracción con equipo soxhlet.
- Olivero Verbel, R., Flores Vergara, A., Vega Fellizola, L., & Villegas de Aguas, G. (25 de 09 de 2017). Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 12(2), 71 - 79. Atlantico, Colombia.
- Olivero, R. E., Mercado, I. D., & Montes, L. E. (01 de 06 de 2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. *Producción + Limpia*, 8(1), 19-27. Bolívar, Colombia.
- Pérez Farrás, L. E. (2005). *teoría de la sedimentación*. catedra hidráulica aplicada a la ingeniería sanitaria, instituto de ingeniería sanitaria y ambiental.

- Quispe Barreto, M. Á., & Rondoño Chávez, R. Y. (2018). *Estimación de la calidad del agua de Río Chucchun - Carhuaz, Empleando insumos orgánicos “Agave Americano (Penca) y el Triricum vulgare(Trigo)” con proceso modificado de filtración lenta en el año 2016*. INGENIERÍA SANITARIA, FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE, Huaraz.
- Reyes Agüero, A., Aguirre Rivera, R., & Hernández, H. (Abril de 2005). Systematic notes and a Detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE). *Agrociencia*, 39(4), 395 - 408. Texcoco, México.
- Romero, C., Solórzano, R., Abreu, O., Brizuela, L., & Pérez, Z. (Diciembre de 2007). Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua. *Revista INGENIERÍA UC*, 14(3), 16-23. Valencia, Venezuela.
- Sandoval Arreola, M., & Linare Canepa, J. (12 de Agosto de 2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 17(2), 93-101. Mérida, México.
- Silva Casas, M. N. (2017). *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, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA, Lima.
- Solís Silvan, R., Laines Canepa, J., & Hernández Barajas, J. (03 de 2012). MEZCLAS CON POTENCIAL COAGULANTE PARA CLARIFICAR AGUAS SUPERFICIALES. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 28(3), 229 - 236. Tabasco, México.
- Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., Rincón, A., Pacheco, S., & Herrera, O. F. (06 de 05 de 2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante

coagulación/floculación usando almidón de plátano. *rev.ion.*, 27(1), 17 - 34.

Bucaramanga, Colombia.

Villabona Ortiz, Á., Paz Astudillo, I. C., & Martínez García, J. (15 de Junio de 2013).

Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural.

revista colombiana biotecnológica, 15(1), 137 - 144. Colómbia.

ZAMUDIO PIÑERES, J., REINEL MORENO, J., IBARRA CHAMORRO, D., SOLAQUE,

Ó., CAFIERO MONROY, A., & EDUARDO GARZÓN PALOMINO, E. (15 de

Agosto de 2015). Desarrollo de un floculante natural para el tratamiento de aguas

superficiales en hogares del sector rural del municipio de Fusagasugá. *1, 1*, 71-83.

Fusagasugá, Colombia.

<https://www.google.com/search?client=firefox-b->

[d&q=Coagulantes+qu%C3%ADmiicos+y+naturales+pdf](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Coagulantes+qu%C3%ADmiicos+y+naturales+pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra de agua a tratar

El canal se encuentra ubicado en la parte baja de Agropensa, los pobladores succionan el agua hacia sus tanques con bomba



Figura 8 Canal del centro poblado Agropensa

Luego de tomar una muestra de 20 L se dividen en distintos vasos para la repetitividad de los análisis



Figura 9 Muestras de agua cruda para tratamiento

Anexo 2. Análisis inicial de agua cruda



Figura 10 Turbidez de agua cruda



Figura 11 pH de agua cruda



Figura 12 Conductividad de agua cruda

Anexo 3. Preparación de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - Alumbre)

Se pesa el sulfato de aluminio 0.1750 gramos en una fiola de 25 ml, y se enrasa con agua destilada (solución madre)



Figura 13 Sulfato de aluminio (alumbre)



Figura 14 Peso de sulfato de aluminio

Anexo 4. Extracción de coagulante de penca de tuna

Como se describe en el procedimiento para la extracción de coagulante de la penca de tuna se procede a:

Recepción y lavado de la materia prima (penca de tuna)



Figura 15 Lavado de la penca de tuna (acondicionamiento)

Las hojas de penca de se cortan en trozos pequeños para facilitar su deshidratación, se pesan para analizar el porcentaje de agua presentes en la muestra



Figura 16 Corte y pesaje de la penca de tuna

Toda la muestra cortada se coloca en recipientes y se lleva a la estufa a una temperatura no mayor a 60° C, de esa manera evitamos dañar la materia



Figura 17 secado y molido de la penca de tuna

Luego de obtener las muestras secas, se extrae los pigmentos de la penca seca con un solvente (etanol) en el equipo soxhlet.



Figura 18 extracción de pigmentos con equipo soxhlet

En el lado izquierdo se observa una muestra con pigmentos y en el lado derecho se observa una muestra sin pigmentación



Figura 19 Comparación de muestras con y sin pigmento

Anexo 5. Test de Jarras

Se realiza el análisis previo al tratamiento, para saber las condiciones y observar el comportamiento al ser tratado.



Figura 20 Análisis de agua - pre tratamiento

En esta parte se trata el agua cruda a diferentes dosis detalladas anteriormente, aplicando la técnica de test de jarras



Figura 21 Dosificación de sulfato de aluminio

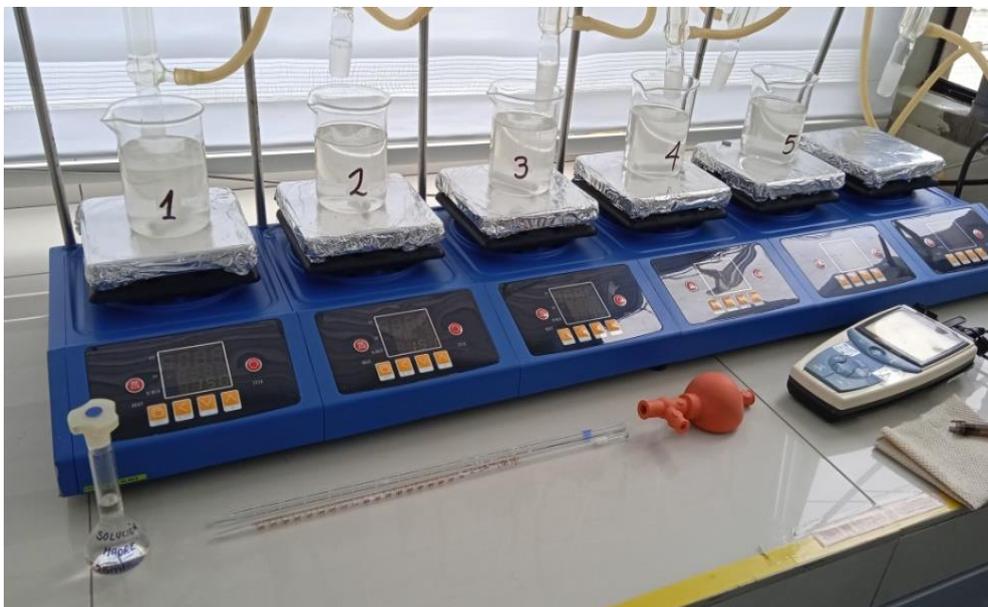


Figura 22 Medición de pH durante la prueba de jarra

Se realizó análisis de turbidez de la muestra de agua tratada con sulfato de aluminio (alumbre)

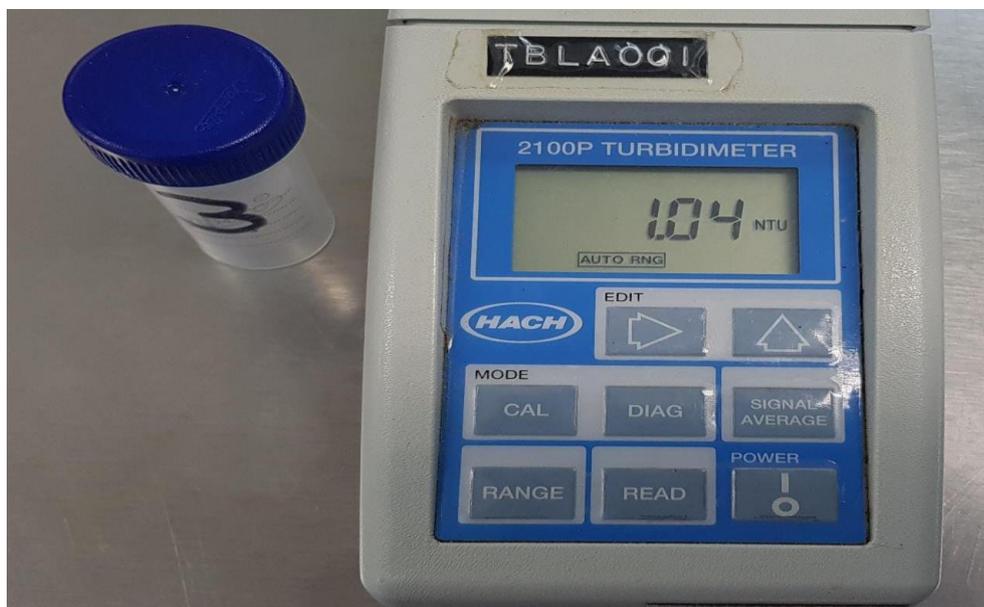


Figura 23 Turbidez de agua tratada con Alumbre (post análisis)

Se realizó análisis de turbidez de la muestra de agua tratada penca de tuna



Figura 24 Turbidez de agua tratada con penca de tuna (post análisis)