



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES “ECAA”

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“Evaluación del mucílago extraído de los cladodios de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis haw*) como floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado vehicular”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERIA AMBIENTAL Y ECODESARROLLO**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

**SUBLINEA:** Ambiente y biodiversidad

**AUTORA:** MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ

**ASESORA:** DRA. MORAIMA CRISTINA MERA AGUAS

Ibarra, abril de 2022

Ibarra, 05 de abril de 2022

Dra. Moraima Cristina Mera Aguas

ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

Dra. Moraima Cristina Mera Aguas

C.C.: 1001743721

## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

Dra. Moraima Cristina Mera Aguas

C.C.: 1001743721



(f).....

PhD Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494



(f).....

MSc. Edwin del Pozo Villacís

C.C.: 1001756566

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 05 de abril de 2022



f): .....

MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ

C.C.: 1003651120

## AUTORÍA

Yo, MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ, portador de la cédula de ciudadanía N° 1003651120, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f):  .....

MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ

C.C.: 1003651120

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ, con C.C.: 1003651120, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN DEL MUCÍLAGO EXTRAÍDO DE LOS CLADODIOS DE PITAHAYA AMARILLA (*Cereus triangularis haw*) COMO FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO VEHICULAR, previo a la obtención del título profesional de Ciencias Ambiental y Ecodesarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 05 de abril de 2022



f): .....

MAYRA TERESA PAREDES ORTÍZ

C.C.: 1003651120

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN DEL MUCÍLAGO EXTRAÍDO DE LOS CLADODIOS DE PITAHAYA AMARILLA (*Cereus triangularis haw*) COMO FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO VEHICULAR, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 11 de julio de 2019.

Para constancia firma:



f): .....

Mayra Teresa Paredes Ortíz

C.C/ Pasaporte: 1003651120

Carrera: Ingeniería en Ciencias Ambiental y Ecodesarrollo

Ibarra, 05 de abril de 2022

## DEDICATORIA

*La obtención del presente título está dedicada a Dios Todo poderoso y a la Virgen santísima por bendecir mi vida siendo mi fuerza diaria para alcanzar mis anhelos.*

*A mi querido Padre Fausto Paredes quien durante el tiempo que me acompañó aquí en la tierra siempre busco darme un mejor futuro y hoy por hoy desde el cielo me bendice.*

*A mi querida Madre Laura Ortiz que con su esfuerzo, paciencia, experiencia y sabiduría ha guiado mi vida por el camino de los valores.*

*A mi amiga mi compañera mi confidente, la persona que ha estado en los tiempos de felicidad y tristeza sin reprocharme nunca nada, siendo paciente para corregirme cuando estoy equivocada, quien me cuida estando cerca y lejos mi amada Hermana Cinthia Paredes, porque con su ejemplo se ha convertido en mi inspiración, mi modelo a seguir y quien admiro profundamente porque cada día me enseña a ser mejor persona, hija, mujer y hermana.*

*A mis amados hermanos Mauricio Paredes y Bladimir Paredes por ser las personas que me han ayudado a levantarme cuando me ven derrotada y siempre supieron defenderme, son quienes complementan mi vida con su compañía, ejemplo y sobre todo su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Para la culminación de la presente Investigación agradezco infinitamente a Dios por guiarme en cada paso de mi vida y darme la sabiduría para cumplir mis metas.*

*De manera especial a mis Padres y Hermanos por su apoyo incondicional y por cada voto de confianza depositado en mí.*

*Mi más sincero y efusivo sentimiento de gratitud a mi tutora la Doctora Moraima Mera por su noble labor y ser mi guía a través de esta experiencia y logro importante para mi vida profesional.*

*A la empresa AGRONATURAL RESOURCES por dar apertura para el estudio del presente proyecto.*

*A todas aquellas personas que supieron extender su mano ayuda para hacer esto posible*

*Finalmente, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra y a mis profesores quienes a lo largo de 5 años supieron formarme moral y profesionalmente.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO II.....	5
OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
2.3. Hipótesis .....	5
CAPÍTULO III.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. Origen de la pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ).....	6
3.1.1. Taxonomía .....	7
3.1.2. Características Generales.....	7
3.1.3 Cladodios.....	7
3.1.4 Mucílago de cladodio de pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ) .....	8
3.3 Importancia Ecológica.....	8
3.3.1 Alternativas de utilización de residuos de la pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ).....	9
3.4. Propiedad Floculante .....	10
3.4.3 Tipos de floculación .....	12
Floculación Pericinética.....	12
Floculación Ortocinética .....	12
3.4.4 Parámetros de floculación .....	12
3.5. Floclulantes Químicos y Naturales más comunes utilizados en la clarificación del Agua.....	13
3.5.1. Floclulante Natural.....	13

3.5.2 Floculante Químico.....	15
3.6 Pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ) como agente floculante.....	15
3.7 Calidad del agua residual del lavado de autos.....	16
3.7.1 Aguas residuales .....	17
3.7.2 Principales contaminantes del agua residual del lavado de autos.....	17
3.7.3 Aguas residuales de lavado de autos .....	19
3.8 Tratamientos de aguas residuales .....	20
3.9 Teste de jarras .....	20
3.10 Ventajas y desventajas del uso de floculantes Naturales e Inorgánicos.....	21
3.10.1 Floculantes inorgánicos.....	21
3.10.2 Floculantes orgánicos.....	22
CAPÍTULO IV .....	23
MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
4.1. Materiales.....	23
4.2. Generalidades de la investigación .....	24
4.2.1. Descripción del Área de Estudio.....	24
4.2.2. Diseño experimental .....	25
4.2.3 Variables.....	25
Variable Independiente: .....	25
Dosis de mucílago concentración % (v/v).....	25
Variables dependientes .....	25
4.3. MÉTODO.....	27
4.3.1 Evaluación el agua residual proveniente del lavado vehicular mediante parámetros físico-químicos para conocer los niveles de contaminación que presenta el efluente. ....	27
Análisis físico-químicos del agua residual .....	27
4.3.2 Realización de la caracterización del mucílago extraído de los cladodios de la pitahaya amarilla por medio de técnicas analíticas.....	29
Extracción del mucílago del cladodio pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ) .....	29
Análisis físico químico de la materia prima .....	30
4.3.3 Evaluación del mucílago de los cladodios de pitahaya como floculante en el agua residual utilizando JAR TEST (Ensayo de jarras) para recomendar su posible uso.....	32
CAPÍTULO V.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34

5.1. Evaluación el agua residual proveniente del lavado vehicular mediante parámetros físico-químicos para conocer los niveles de contaminación que presenta el efluente. ....	34
5.2. Caracterización del mucílago extraído de los cladodios de pitahaya amarilla por medio de técnicas analíticas.....	36
5.3. Evaluación del mucílago obtenido de los cladodios de pitahaya como floculante en el agua residual utilizando JAR TEST (Ensayo de jarras) para recomendar su posible uso.....	37
5.3.1 Sólidos disueltos Totales (STD) .....	38
5.3.2 Turbiedad.....	40
5.3.3 Color .....	42
5.3.4 Comparativa entre mucílago de pitahaya y floculante comercial .....	45
CAPÍTULO VI .....	46
CONCLUSIONES.....	46
CAPÍTULO VII .....	47
RECOMENDACIONES.....	47
CAPÍTULO VIII .....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
ANEXOS 1.....	51
ANEXO 2 .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla .....	7
Tabla 2 Parámetros de caracterización del agua residual .....	18
Tabla 3 Descripción de variables dependientes.....	25
Tabla 4 Análisis físico químico del agua residual del lavado de autos .....	28
Tabla 5 Análisis físico químico del mucílago de pitahaya .....	31
Tabla 6 Análisis del agua residual .....	35
Tabla 7 Análisis del tejido vegetal de pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ) .....	36
Tabla 8 Condiciones del agua residual tratada con mucílago de pitahaya .....	37
Tabla 9 Análisis de varianza para solidos totales disueltos (STD).....	38
Tabla 10 Análisis de varianza de turbiedad.....	39
Tabla 11 Análisis de varianza de color .....	40
Tabla 12 Resultados de los parámetros del agua residual con relación y la aplicación del mucílago de pitahaya al 0.18 mg/L.....	41
Tabla 13 Comparativa del agua residual inicial y el agua residual tratada con mucílago de pitahaya, analizando el parámetro de color. ....	43
Tabla 14 Análisis de varianza de color .....	43
Tabla 15 Comparativa de resultados entre dosis de mucílago de pitahaya y floculante comercial.....	45
Tabla 16 Resultados de los ensayos del agua residual tratada mucílago de pitahaya. ....	54
Tabla 17 Resultados de solidos totales disueltos, turbiedad y color después de ser tratada con mucílago de pitahaya ( <i>Cereus triangularis haw</i> ). ....	55
Tabla 18 Resultados de porcentajes de remoción de solidos totales disueltos, turbiedad y color usando mucílago de pitahaya como floculante.....	55
Tabla 19 Comparativa de porcentajes de remoción en los resultados entre dosis de mucílago de pitahaya y floculante comercial .....	55

**ÍNDICE DE FIGURAS**

*Figura 1.* Diagrama de flujo de la obtención del mucílago de cladodio de pitahaya.....30

*Figura 2.* Remoción de Solidos Totales Disueltos del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante.....39

*Figura 3.* Remoción Turbidez del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante. ....41

*Figura 4.* Remoción Color del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante. ....44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Limpieza del mucílago en el laboratorio .....	51
Anexo 2: Ensayos para la obtención de del mucílago de pitahaya.....	51
Anexo 3: Determinación de minerales en el mucílago de pitahaya.....	51
Anexo 4: Determinación de % de nitrógeno del mucílago de pitahaya .....	52
Anexo 5: Recolección de la muestra de agua residual en la lavadora de autos.....	52
Anexo 6: Primeros ensayos previos realizados en el Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.....	52
Anexo 7: Ensayos previos para encontrar las dosis de mucílago .....	53
Anexo 8: Resultados aplicación de mucílago de pitahaya como floculante en aguas residuales. .....	53
Anexo 9: Resultados de la aplicación del floculante comercial SUPFLOC PDM en aguas residuales. ....	53

## RESUMEN

Dentro de las diferentes maneras de tratar el agua residual, lo más común es que se usen una combinación de coagulantes y floculantes químicos, como el Sulfato de Aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , sin embargo, al culminar su objetivo estas sustancias persisten en el agua de modo residual, aunque los niveles de aluminio en el agua se encuentren por debajo de los límites permisibles, es importante reconocer que al pasar el tiempo se vuelve una sustancia acumulativa en el medio ambiente o las superficies provocando riesgos en la salud. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el mucílago extraído de los cladodios de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis haw*) como floculante natural en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de automotores, el tipo de metodología que se implementó fue experimental, donde se recolectaron datos en campo y en laboratorio, el mucílago de pitahaya se obtuvo después de pasar por una limpieza de los cladodios, descortezado, triturado y macerado. Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Química de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, para lo cual se usó agua residual de una lavadora de autos. Las pruebas comparativas desarrolladas al inicio entre diferentes concentraciones de mucílago y el agua residual, permitió definir el proceso y las dosis aplicables, dando como resultado una relación volumétrica de Mucílago – Agua. Las pruebas realizadas mediante el método de Jarras, que permitió evaluar la eficiencia del mucílago de pitahaya en el proceso de remoción de partículas suspendidas del agua residual, indicaron que logró reducir el (94%) de turbiedad, (69%) de sólidos totales disueltos y el (93%) de color estos valores se compararon con un floculante comercial (FLOC). En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el mucílago fresco de cladodios de pitahaya incide significativamente en la remoción de partículas suspendidas y puede ser usado como una visión de una alternativa sustentable.

**Palabras clave:** Pitahaya (*Cereus triangularis haw*), floculante, mucílago, cladodio, agua residual.

## ABSTRACT

Among the different ways of treating wastewater, the most common is that a combination of coagulants and chemical flocculants are used, such as Aluminum Sulfate  $Al_2(SO_4)_3$ , however, when they reach their goal, these substances persist in the water. residual mode, (Kuprat, 2020), and even if the levels of aluminum in the water are below the permissible limits, it is important to recognize that over time it becomes a cumulative substance in the environment or on surfaces, causing health risks. The present study aimed to evaluate the mucilage extracted from the cladodes of yellow pitahaya (*Cereus triangularis haw*) as a natural flocculant in the treatment of wastewater from car washing, the type of methodology that was implemented was experimental, where data were collected in the field and in the laboratory, the pitahaya mucilage was obtained after going through a cleaning of the cladodes, debarking, crushed and macerated. The tests were carried out in the Chemistry laboratory of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, for which residual water from a car washing machine was used. The comparative tests developed at the beginning between different doses of mucilage and wastewater, define the process and the applicable doses of pitahaya mucilage, resulting in a volumetric ratio of Mucilage - Water. The tests carried out using the Jarras method, which demonstrated the efficiency of pitahaya mucilage in the process of removing suspended particles from wastewater, indicated that the reduce (94%) turbidity, (69%) total dissolved solids and the (93%) of color, these values were compared with a commercial flocculant (FLOC). Based on the results obtained, it can be concluded that the fresh mucilage of pitahaya cladodes significantly affects the removal of suspended particles and the flocculant can be used as a vision of a sustainable alternative.

**Keywords:** Pitahaya (*Cereus triangularis haw*), flocculant, mucilage, cladode, residual water.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del agua en el Ecuador es un tema muy controversial y que lleva mucho tiempo siendo una problemática. Según Rivera Ñacari, (2017) explica que una de las actividades económicas que se han incrementado en los últimos años son los establecimientos de auto lavados y lubricadoras, cuando se realiza la limpieza de un vehículo se llega a utilizar entre 50 a 380 litros de agua aproximadamente, convirtiéndose en agua residual (AR) al mezclarse con varios compuestos orgánicos peligrosos y productos petroquímicos, como por ejemplo aceites, grasas, sólidos, detergentes y otros productos de limpieza (Rivera Ñacari, 2017).

Por otra parte, Ecuador en la actualidad cuenta con 358 hectáreas de superficie sembrada de pitahaya (Beltrán Torres, 2015). El ciclo de producción de esta planta es de 25 años, durante todo ese periodo se realizan podas de cladodios (tallos) y esencialmente se hace esta labor por motivos de limpieza y formación en la planta de pitahaya. De allí que esta investigación busca aprovechar el excedente de la materia prima producto de la poda, para la obtención de mucílago, que puede ser usado en la clarificación de aguas residuales provenientes del lavado de autos. En contraste también se debe considerar el costo y el efecto a largo plazo del uso del mucílago (Beltrán Torres, 2015).

El presente estudio cobra relevancia en la actualidad por cuanto se fundamenta en el uso de un polímero orgánico natural que se produce en provincias de clima subtropical húmedo, para clarificar el agua residual (Zamudio Piñeres et al., 2015).

Los cladodios contienen una principal ventaja y radica en la riqueza de mucílago, debido a que es una sustancia viscosa, permite atrapar y suspender partículas o residuos presentes en el agua, sus propiedades en conjunto con otros aditivos pueden convertirse en una alternativa sostenible para obtener floculantes, bio plásticos, películas y recubrimientos (Padilla, 2012).

En Imbabura, existen un número considerable de autos lavados y lubricadores, pero hasta la fecha ninguna ha implementado algún método o técnica para reducir parcialmente la contaminación del recurso hídrico generada a diario. Esta investigación brinda una alternativa sostenible e innovadora sobre la aplicación del mucílago de cladodios de pitahaya en tratamientos de aguas residuales y servirá como precedente para posibles alternativas sostenibles en temas similares.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Evaluar el mucílago de cladodio de pitahaya (*Cereus triangularis haw*) como floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado vehicular.

#### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el agua residual proveniente del lavado vehicular mediante parámetros físico-químicos para conocer los niveles de contaminación que presenta el efluente.
- Realizar la caracterización del mucílago extraído de los cladodios de la pitahaya amarilla por medio de técnicas químicas y/o físicas.
- Evaluar el mucílago obtenido de los cladodios de pitahaya como floculante en el agua residual utilizando JAR TEST (Ensayo de jarras) para recomendar su posible uso.

#### 2.3. Hipótesis

Ho: El uso de mucílago de pitahaya como floculante, permite reducir la concentración de sólidos totales, la turbiedad y el color, presentes en el agua residual proveniente del lavado vehicular.

Ha: El uso de mucílago de pitahaya como floculante, no permite reducir la concentración de sólidos totales, la turbiedad y el color, presentes en el agua residual proveniente del lavado vehicular.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Origen de la pitahaya (*Cereus triangularis haw*)

La pitahaya es una planta rústica de la familia de las Cactáceas, se incluyen géneros como: *Cereus*, *Selenicereus*, *Hylocereus*, *Escontria*, *Myrtilloactos*, *Leptocereus*, *Stenocereus* y *Opuntia*. La Planta de pitahaya es originaria de las regiones boscosas del trópico y subtrópico de México, centro y Sur América, en Ecuador la mayor parte de producción de cultivos se encuentran en el Cantón de Palora en la provincia de Morona Santiago y la variedad de más demanda y exportación es la pitahaya amarilla (Montesino, J., Larramendi, L., Ortiz, R., Fonseca, M., Ruiz, G. y Guevara, F. et al., 2015).

Es conocida en diferentes lugares del mundo con distintos nombres, en Brasil se conoce como Cardo Ananaz, en Guatemala como pitaya, mientras que en Chile la llaman pitajaña o fruta del dragón (dragon fruit). Es una fruta exótica descubierta de manera silvestre en la época de la conquista, de la cual se tiene las primeras fuentes documentadas de su aparición en climas subtropicales de Centroamérica y América del sur (Beltrán Torres, 2015).

Fue un símbolo religioso muy importante para los pueblos indígenas primitivos de América Central, la consideraban un fruto caído del cielo, derivándose de allí el nombre de una importante región Mexicana, Sinaloa que significa “pitahaya redonda” además fue muy valorada por sus propiedades curativas para ciertas enfermedades como el mal de loanda o escorbuto (hemorragias ocasionadas por carencia de vitamina C y empobrecimiento de la sangre), también considerada como un efectivo laxante y diurético. Por su forma y características peculiares fue denominada originalmente “pitaya”, que significa fruta escamosa o espinosa; nombre que fue otorgado por su forma alargada y redondeada cubierta por una piel o cascará escamosa (Beltrán Torres, 2015).

### 3.1.1. Taxonomía

La pitahaya amarilla pertenece a la Familia Cactáceas, nombre científico *cereus sp.*, con su variante *Cereus triangularis haw* en Ecuador. La altitud óptima para este tipo de plantas se encuentra entre los 800 - 1850 msnm, con temperaturas que fluctúan entre 18 °C y 25 °C, se adapta a suelos bien drenados con pH ligeramente ácido de 5.5 - 6.5, se desarrolla en ambientes cálidos húmedos y reacciona positivamente a la intensidad lumínica (Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M., Coronel, D., Verdugo, K. & Coba, P. et al., 2015).

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla*

---

<b>Nombre científico:</b>	Cereus triangularis haw
<b>Nombre común:</b>	Pitaya amarilla, pitahaya
<b>Clase:</b>	Equisetopsida C. Agardh
<b>Subclase:</b>	Magnoliidae Novák ex Takht.
<b>Orden:</b>	Caryophyllales Juss. ex Bercht & J. Presl
<b>Familia:</b>	Cactaceae juss.
<b>Género:</b>	Selenicereus (A. Berger) Britton & Rose

---

*Fuente:* Medina S *et al.*, (2013)

### 3.1.2. Características Generales

Es una cactácea trepadora, perenne, de tipo arbustivo puede llegar a medir 2 m, la misma que se presenta en aureolas y sus cladodios se extienden entre 0.50 y 1.50 m de largo y de ancho 0.03 - 0.06 m, su margen es dentado y en sus terminales se disponen coronas de espinas que miden 0.01 metros (Huachi et al., 2015).

### 3.1.3 Cladodios

Los tallos o cladodios de la pitahaya son suculentos y contienen mucha agua; estas características son propias de las plantas adaptadas a los climas secos. La epidermis o capa

exterior de los tallos es gruesa, con estomas o pequeños agujeros hundidos (Olvera Gonzalez et al., 2013). Los tallos son triangulares verdes y a veces más o menos glaucos, este tipo de tallos son extremadamente suculentos la epidermis es gruesa con estomas presentes o pequeños agujeros hundidos, mucílago y otras sustancias regulan la pérdida de agua en época de sequía, en las horas más calientes los estomas se cierran y la planta pierde menos agua, areolas ambientales de filtro lanoso distantes entre sí de 3-4 cm, espinas pequeñas de 4-6 mm (Carrea, 2011).

### **3.1.4 Mucílago de cladodio de pitahaya (*Cereus triangularis haw*)**

El mucílago secretado por cactáceas es una sustancia polimérica compleja compuesta por carbohidratos con una estructura altamente ramificada, también se considera un hidrocoloide que forma redes moleculares capaces de retener gran cantidad de agua.

Según Padilla (2012) en el estudio sobre la caracterización química y física de la pared celular de los polisacáridos del tallo de la pitahaya (*Hylocereus spp*) empleados para su potencial uso industrial como espesante, revela que contiene componentes como carbohidratos en un 9,55%, fibra dietética 6,66% cenizas 2,03%, también lípidos y contenido proteico, pero en menor cantidad, esto indicaría que el tallo es una buena fuente de fibra y apropiado para procesos de retención de partículas.

Las propiedades físicas y químicas del mucílago de pitahaya (*Hylocereus undatus*) no han sido estudiadas y es posible aprovechar su disponibilidad y potenciar su uso en aplicaciones análogas a las del mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) o desarrollar otros usos, más aún si se prolonga su vida útil por medio del proceso de secado (García, 2011).

### **3.3 Importancia Ecológica**

La pitahaya (*Cereus triangularis haw*) es una planta con múltiples beneficios económicos y para la salud. Su destacada importancia nutricional, curativa y otros usos derivados, la llevaron a formar parte importante en el comercio a través del intercambio de productos.

El consumo de pitahaya a nivel mundial es altamente cotizado, principalmente en países orientales como Tailandia, Indonesia y Vietnam. Los principales mercados importadores de

pitahaya a nivel mundial, lo constituyen países como China, Hong Kong, Singapur, la Unión Europea y Estados Unidos. También Ecuador participa con la producción comercialización y exportación de pitahaya hacia el mercado internacional, produciendo una variedad de pitahaya amarilla de excelente calidad, a partir del 2003 Ecuador empezó a exportar esta fruta, la primera exportación de pitahaya fue de 0.3 toneladas, las exportaciones de pitahaya se han ido incrementando año tras año, en el 2010 Ecuador exportó 98.54 toneladas métricas; también su cuota de participación en el mercado internacional se ha incrementado. Actualmente Ecuador exporta a países como: Holanda, Singapur, Hong Kong, España, Estados Unidos, Canadá y Alemania. El precio internacional de la pitahaya es de hasta 22 euros el kilo (USD 28) en Europa (Beltrán, 2015).

En la provincia de Morona Santiago, principalmente en el Cantón Palora, presenta el índice más alto de producción de pitahaya con 290 hectáreas de superficie sembrada de las cuales cuenta con 232 hectáreas cosechadas, lo que representa una participación del 69% del mercado; la cual cuenta con 58 hectáreas de superficie sembrada que representa 53 hectáreas de superficie cosechada (Beltrán, 2015).

La pitahaya es un medio importante para la economía del Cantón Palora, porque genera fuentes de empleo para sus habitantes, debido a su clima variado que va desde el clima tropical húmedo de la Amazonía hasta el clima frío húmedo de las zonas andinas del volcán Sangay, favorece la propagación y producción en volumen de plantas de pitahaya, porque es una zona húmeda que cuenta con fuentes constantes de agua y a su vez las características del suelo de la localidad es un tipo de suelo Inceptisol, lo que garantiza su uso para diversos y variados cultivos, también es idóneo para la reforestación (Beltrán, 2015).

### **3.3.1 Alternativas de utilización de residuos de la pitahaya (*Cereus triangularis haw*)**

Existen varios procedimientos que se puede desarrollar con los residuos procedentes de la labor de la poda.

- Δ Uso como composta y materia orgánica, los remanentes de cladodios producto de la poda de formación, y poda de raleo se pueden reintegrar al suelo porque son cladodios sanos y con nutrientes que puede ser utilizado nuevamente por la planta, pero antes

debe ser cortada finamente en trozos pequeños. El producto de esta acción genera abundante biomasa, eficiente reciclaje de nutrientes, cobertura orgánica del suelo evitando erosión y reteniendo humedad y fomenta la actividad de los microorganismos del suelo (Castillo, R., Ebel, R., Calix de Dios, H., Ferral, Jhibran y Nava, R. 2016).

- Δ Fuente de alimento, se reporta el consumo de las flores como legumbre y recientemente se propuso el uso de los brotes de los cladodios como verdura para la elaboración de numerosos guisos. Los brotes de pitahaya tienen propiedades alimenticias similares a la de los cladodios tiernos del nopal (*Opuntia sp.*), que en algunas regiones de México son componentes tradicionales e importantes de la dieta. De acuerdo con análisis realizados a brotes y tallos maduros de pitahaya roja de pulpa blanca los carbohidratos son mayores en los tallos maduros, pero los brotes tienen más proteínas (Santacruz, C., Santacruz, V. y Huerta, V. 2009).
- Δ Cobertura vegetal y espesante natural, estudios realizados en la Universidad de Costa Rica en donde realizaron la caracterización química y física de la pared celular de los tallos de pitahaya (*Hylocereus sp.*) demostraron que tiene un 18 % de pectina con respecto a tallos secos de pitahaya, este valor se encuentra dentro del rango de pectina de pulpa de manzana, materia prima utilizada tradicionalmente como fuente de pectina (Padilla, 2012).

### **3.4. Propiedad Floculante**

Los floculantes son el tratamiento más eficaz y el más usado para la potabilización de todo tipo de agua, ya sea que se implemente sustancias químicas o naturales, no obstante existen desventajas asociadas al uso de estos floculantes, como por ejemplo los costos elevados de adquisición, porque se emplean estas sustancias en gran cantidad, la producción de grandes volúmenes de lodos, los cuales son muy complejo de tratar (Choque, D., Choque, Y., Solano, A. y Ramos. 2018). El proceso de floculación cuando es mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas (Acoua tecnologia, 2007).

Coagulante: es el proceso en el cual al adicionar sustancias naturales o químicas se neutralizan las cargas eléctricas que se encuentran en la superficie de las partículas coloidales presentes en el agua residual, esto permite que las partículas puedan formar o adherirse a otras partículas y formar flóculos que al ser más pesado se decantará.

Floculante: es un proceso consecuente de la coagulación, y su función es aglomerar las partículas desestabilizadas primero en microflóculos y en seguida en aglomerados voluminosos llamados flóculos.

Estos polímeros son complejos en su composición química, están constituidos principalmente por varios tipos de polisacáridos y proteínas. Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes y en muchos lugares son usados en forma empírica para aclarar el agua turbia con resultados satisfactorios (Choque-Quispe et al., 2018).

Citando a Garnica et al., (2019) en su investigación compara dos especies que pertenecen a la familia Cactaceae que son la sábila y la pitahaya en aguas del estero San Camilo del Cantón Duran en Guayaquil, el cual habla sobre niveles muy altos de contaminación, catalogándola como agua residual. En las plantas extraen dos biopolímeros, el aloe vera y el mucílago del fruto de la pitahaya, con el objetivo de comprobar cuál de estas dos sustancias tiene mayor eficiencia en remoción de turbidez y sólidos totales y como resultado se observó que las dos especies son excelentes alternativas como coagulante natural. El aloe vera tuvo una eficiencia del 81.40% y la pitahaya un 82.70% en sólidos totales disueltos en adelante (STD) y turbidez.

Según Fuentes et al., (2011) experimentaron con la especie (*Stenocereus griseus Haw.*) que pertenece a la familia Cactaceae para comprobar la efectividad como coagulante en la potabilización del agua. Prepararon aguas diluidas con diferentes turbiedades y al adicionar dosis del coagulante y evaluar los parámetros como pH, turbidez, color y alcalinidad, dieron como resultados porcentajes de remoción entre 14,50 y 80,42% antes de la simulación de la filtración y entre 69,27 y 96,46% luego de ello. Esto demostró la efectividad del coagulante extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.).

Es necesario tener en cuenta que existen factores que influyen en la floculación como:

- ✓ pH.
- ✓ Turbiedad.
- ✓ Sales disueltas.
- ✓ Temperatura del agua.
- ✓ Tipo de coagulante utilizado.
- ✓ Condiciones de Mezcla.
- ✓ Sistemas de aplicación de los floculantes.
- ✓ Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permite predecir cuáles son las cantidades de los floculantes a adicionar al agua.

### **3.4.3 Tipos de floculación**

#### **Floculación Pericinética**

Es producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y está inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano (Silva Casas, 2015).

#### **Floculación Ortocinética**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación Pericinética luego se produce la floculación Ortocinética (Silva Casas, 2015).

### **3.4.4 Parámetros de floculación**

- Δ Floculación Ortocinética (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).

- Δ Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Δ Número de colisiones (choque entre microfloculos).
- Δ Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- Δ Densidad y tamaño de floculo.
- Δ Volumen de lodos (los floculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación) (Silva Casas, 2015).

### **3.5. Floculantes Químicos y Naturales más comunes utilizados en la clarificación del Agua.**

#### **3.5.1. Floculante Natural**

El uso de floculantes naturales extraídos de plantas, para el tratamiento de aguas data de varios milenios y a medida que se hacen estudios para tratar el agua cruda, para modificar sus características microbiológicas, físicas y químicas, surge la necesidad de buscar alternativas que reemplacen en esta etapa el uso de dicha sustancia por otras no convencionales de origen natural, pues algunos estudios asocian el aluminio, componente mayoritario de algunos floculantes, como influyente en el desarrollo de enfermedades, como: Encefalopatías y Alzheimer (Jurado, 2014).

En el estudio de Choque et al., (2018) presentan la capacidad floculante de coagulantes naturales y sus aplicaciones en los tratamientos de agua. Él extrae mucílago de las 3 variedades de Cactáceas *Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipensis* y *Opuntia ficus* y aplica dosis del 1%, 2% y 3% del coagulante extraído y lo disuelve en agua residual artificial, y observó que la actividad floculante mejora en remoción obteniendo valores de  $48.580 \pm 0.063\%$  y  $99.329 \pm 0.060\%$  respectivamente, por otra parte la DBO del agua residual artificial tratada muestra diferencia significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ) incrementándose con el porcentaje de aplicación del coagulante de 0.57 mg O<sub>2</sub>/l inicial hasta valores de  $3.66 \pm 0.05$  mg O<sub>2</sub>/L.

Olivero et al., (2014) comprobó la efectividad de coagulación de un polímero natural extraído de las pencas de *Opuntia cochinellifera* (planta nativa de Centroamérica) en aguas superficiales, otros autores, propusieron la mezcla de un polímero natural basado en almidón

extraído de la yuca (*Manihot esculenta crantz*) con sulfato de aluminio comercial, comparando la eficiencia de remoción de partículas suspendidas con la eficiencia alcanzada con solamente sulfato de aluminio grado comercial, logrando rendimientos de remoción del 97.9 % a 98.7% para agua superficial de un río (Quezada, 2004).

Por lo anterior la investigación busca determinar el potencial del tallo de la pitahaya (*Cereus triangularis haw*), como materia prima para la producción de un floculante natural en la remoción de diversos componentes contaminantes que se encuentra en aguas de las actividades de lavado de autos, para ello, se requiere la estandarización de los métodos que permitan la extracción del floculante y otros procesos necesarios a desarrollar en el laboratorio, los cuales contienen paso a paso el proceso, materiales, equipos y métodos de análisis. Tales protocolos son requeridos en etapas posteriores para finalmente, evaluar el floculante a base de pitahaya (*Cereus triangularis haw*) y estimar su eficiencia en la remoción de turbiedad y color a escala laboratorio (Jurado, 2014). El proceso guía de este estudio se fundamenta principalmente de la tesis de (Morejón Díaz, 2017), se replica su técnica de extracción de mucílago del nopal de la tuna y se aplica a esta investigación, obteniendo mucílago de los cladodios de pitahaya, de todos los estudios que ya se han mencionado anteriormente para la obtención de floculante natural, se optó por ese proceso porque plantea claramente su técnica, es asequible en sus equipos y materiales y puede aplicarse en otras investigaciones posteriores.

Para Morejón (2017), el mucílago fresco de nopal (*Opuntia ficus-indica*) funcionó muy bien como coagulante y floculante natural, en el tratamiento de clarificación del agua para la planta potabilizadora que se usa para consumo humano en la comunidad de Pusir Grande del cantón Bolívar, probó con diferentes concentraciones para saber cuál es la más óptima y concluyó que en una relación volumétrica de 25% de mucílago-75% agua se vuelve efectiva en el proceso de coagulación y floculación, mantuvo el pH, turbidez, dureza, color, y sólidos totales con niveles aceptables según la Norma Técnica Ecuatoriana (Agua Potable Requisitos, NTE INEN 1 108:2011). El investigador demostró que la planta de la familia Cactaceae representa una alternativa natural al proceso de coagulación y floculación de todo tipo de agua con presencia de contaminación.

### 3.5.2 Floculante Químico

Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante (Acquatecnologia® s.a.c, 2006).

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.
- g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

Siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados (Acquatecnologia® s.a.c, 2006).

### 3.6 Pitahaya (*Cereus triangularis haw*) como agente floculante

En consecuencia y como repuestas a los problemas ambientales más frecuentes, siempre se trata de investigar y analizar los productos naturales que se producen en el país, en varios estudios analizan como punto de partida los efectos floculantes de las variedades de la pitahaya para establecer procesos de coagulación que permitan descontaminar diferentes tipos de aguas.

Estos procedimientos no son nuevos y se han realizado específicamente más en el área de los sistemas de tratamientos de aguas para mejorar su calidad, y sus resultados han sido satisfactorios, en especial porque los productos naturales logran reducir la remoción de material suspendido en aguas.

Investigadores del municipio de Fusagasugá, Bogotá, realizaron un estudio sobre el desarrollo de un floculante natural para el tratamiento de aguas superficiales en hogares, para ello experimentaron con componentes naturales como: cristales de sábila, nuez de semilla de mango dulce, cascara de mandarina, fruto de guatila, semilla de tamarindo, hojas y corteza de moringa oleífera, fruto de pitahaya. Los resultados reflejaron que los compuestos que mostraron mayor IRT% (indicador de remoción de turbiedad) fueron los cristales de sábila, la nuez de la semilla de mango y la pitahaya. No obstante, la pitahaya presentó muy buen comportamiento, mostrando valores constantes no solo entre las diferentes dosis, sino también con la transferencia de especies iónicas, indicando que presentan las mejores condiciones como coagulantes naturales.

### **3.7 Calidad del agua residual del lavado de autos**

Con el paso del tiempo, el hombre diversificó sus máquinas e incremento la demanda de recursos para elaborar numerosos artículos con el propósito de procurarse una vida más cómoda y segura, lo que generó a su vez una enorme cantidad de desechos que actualmente es muy difícil de cuantificar y catalogar con precisión. Su permanencia en el ambiente se divide en dos grandes grupos: los contaminantes biodegradables y los no biodegradables (Coronel & Vera, 2015).

Por lo que los biodegradables son aquellos materiales que pueden ser descompuestos por la acción de organismos vivos, como lombrices, hongos y bacterias. Los contaminantes no biodegradables, son aquellos que no pueden desintegrarse naturalmente, o bien, si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta, este factor lo hace más peligroso que los anteriores, ya que su acumulación en la naturaleza es progresiva (Coronel & Vera, 2015).

### 3.7.1 Aguas residuales

En el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental define el concepto de aguas residuales como “Es el agua de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, p.2).

Según su procedencia se diferencian en:

- Δ Agua residual industrial: agua de desecho generada en las operaciones o procesos de los establecimientos industriales.
- Δ Agua residual municipal: mezcla de: (a) desechos líquidos evacuados de residencias, locales públicos, educacionales y comerciales; (b) desechos líquidos evacuados de locales industriales; y, (c) agua freática, superficial y de lluvia que entra al alcantarillado como infiltración.
- Δ Agua residual tratada: agua que, al descargar en un cuerpo receptor, cumple con los objetivos de calidad.
- Δ Agua subterránea: es toda agua del subsuelo, especialmente la que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).
- Δ Aguas estuarinas: son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde la concentración de cloruros es de 250 mg/L o mayor durante los caudales de estiaje (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).
- Δ Agua residual doméstica: mezcla de: desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales (Registro Oficial Suplemento, 2016).

### 3.7.2 Principales contaminantes del agua residual del lavado de autos

Para determinar los efectos o impactos del agua residual hacia un cuerpo receptor o a la salud pública, se debe realizar una caracterización del agua. De acuerdo con el inciso 4.2.1.19 del

Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en adelante (TULSMA), la entidad ambiental de control establecerá los parámetros a ser regulados para cada tipo de actividad económica, especificando la frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si los parámetros cumplen o no con los límites permisibles fijados en la Tabla 11 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA.

Los siguientes parámetros son ordenados por la Autoridad Competente GPI para la actividad de lavados de autos:

**Tabla 2**

*Parámetros de Caracterización del Agua Residual*

<b>Parámetros</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Contaminante considerado</b>	<b>Efectos</b>
pH	6 - 9	Acidez	Acides en el agua
Turbidez	n/a	Patógenos o partículas diversas	Sedimentación
Aceites y Grasas	70 mg/L	Grasas y aceites	Acumulación en drenaje y cuerpos de agua. Reducen la transferencia de oxígeno a los cuerpos de agua
STD	1600 mg/L	Sales inorgánicas	Restringen el uso de agua tratada
DQO	500 mg/L	Materia orgánica total	Acumulación en cuerpo receptor
DBO	250 mg/L	Materia orgánica biodegradable	Abatimiento del oxígeno disuelto en cuerpo receptor. Crecimiento de microorganismo
Hidrocarburos totales de petróleo	20 mg/L		Acumulación de lodos. Contaminación visual
Conductividad	n/a		

*Nota.*(Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

### **3.7.3 Aguas residuales de lavado de autos**

Según el visualizador de estadísticas empresariales de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2019 se crearon 3.175 empresas que ofrecen servicios de mantenimiento y lavado de autos en la provincia de Imbabura.

En los centros de lavado vehicular hacen uso de varios recursos hídricos, dependiendo de la ubicación del negocio, la fuente de agua puede ser recolectada de ojos de agua, riachuelos y agua potable. Para realizar la actividad de lavado de vehículos frecuentemente emplean productos químicos como detergentes, desinfectantes líquidos, aceites para llantas y motor dando como resultado la producción de aguas residuales las cuales tienen una carga contaminante de aceites, grasas, sólidos, detergentes y otros productos de limpieza dañando la red de alcantarillado, implicando altos costos para su posterior reparación.

En la ciudad de Ibarra se replica el mismo problema en el tratamiento de aguas que se ejecuta en lavadoras de vehículos; por lo general el agua usada para esta actividad es tratada en trampas de grasa, que cumple la función de retener sólidos, tensoactivos, grasas y aceites, las cuales por efecto de gravedad llegan a reducir su carga y al finalizar este proceso el agua residual se une al sistema de drenaje municipal. En algunos comercios, las trampas de grasa cumplen con su función, pero existen negocios que descargan contaminantes con niveles no permisibles.

Con base en la experiencia laboral de quien desarrolla esta tesis se puede mencionar que, en las inspecciones desarrolladas durante asesoramientos ambientales, se logró observar procesos irregulares, en donde se toman medidas correctivas temporales (incluso a veces ilegales) únicamente para cumplir con los parámetros técnicos aceptables durante auditorías que ejecuta la autoridad competente. Al concluir dichas auditorías se reanudan las actividades laborales sin mantener en ejecución las precauciones y operaciones necesarias, no obstante, se ha realizado recomendaciones a los propietarios para suprimir estas prácticas inadecuadas, ya que ética, como ambientalmente no son correctas esas acciones.

No existe documentación que respalde esta afirmación debido a que los resultados de los análisis de agua siempre han sido favorables gracias a los malos procesos antes mencionados.

### 3.8 Tratamientos de aguas residuales

Tiene como objetivo la remoción del material contaminante tanto orgánico como inorgánico, los que pueden estar en forma de partículas suspendidas y/o disueltas; para ello se integran operaciones físicas y procesos químicos o biológicos, los cuales serán aplicados dependiendo de las características del agua residual para cumplir con las normativas aplicables o según su disposición como su posible reutilización.

La “Ley de la Conservación de la Materia” debe estar presente en un sistema de tratamiento, debido a que, descartando el material presente en el agua, se convertirá en residuos como lodos y generación de gases. Las características del agua residual están relacionadas con la cantidad de residuos generados (Rivera, 2017).

Las etapas fundamentales para tratar aguas residuales son:

1. Pre tratamiento: separación de los objetos dimensionados físicamente.
2. Deposición primaria: las partículas visibles y contaminantes adheridas se precipitan por gravedad.
3. Tratamiento secundario: Además de utilizar los lodos activados para fomentar el crecimiento de microorganismo también es factible el uso de los filtros de goteo.

Normalmente todas las actividades laborales que hagan uso del recurso hídrico y lo expongan a mezclas con sustancias inorgánicas, deben tener una trampa de grasas donde se cumpla con eficiencia cada una de las etapas anteriormente mencionadas.

### 3.9 Teste de jarras

Es una técnica extensamente usada, para simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor.

Para el proceso es necesario determinar la cantidad del floculante a agregar al agua, para ello se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras. La prueba de jarras es un procedimiento común de laboratorio para determinar las condiciones óptimas. Este

método permite realizar ajustes en las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado a pequeña escala, con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a mayor escala de tratamiento (Morejón, 2017).

La correcta ejecución de un Jar-test permite la comparación y evaluación de la efectividad de una serie de coagulantes y floculantes, aplicados a un agua concreta (a potabilizar o a depurar) y en unas condiciones experimentales dadas y perfectamente acotadas.

Los dispositivos más comunes incluyen mezcladores mecánicos e hidráulicos, mezcladores estáticos y mecánicos en línea, y chorros de agua presurizados. Para mezcla rápida en la coagulación por adsorción o desestabilización, los que son usados a escala de laboratorio usan rangos que van desde 50 a 1000 rpm (Rivera, 2017).

### **3.10 Ventajas y desventajas del uso de floculantes Naturales e Inorgánicos**

Los floculantes tienen un uso muy amplio en las industrias, porque se utilizan para mejorar la sedimentación y clarificación de aguas contaminadas. Según la naturaleza química, los floculantes se clasifican en inorgánicos o electrolíticos, naturales y sintéticos. A continuación, se explica sus principales características.

#### **3.10.1 Floculantes inorgánicos**

Los floculantes inorgánicos o electrolíticos fueron los primeros floculantes usados. Estos disminuyen las fuerzas de repulsión entre las partículas como consecuencia de la reducción de la doble capa y del potencial electrocinético.

#### **Ventajas e inconvenientes**

El empleo de estos agentes de floculación, aunque poseen la ventaja de tener un precio comparativamente inferior que la del resto de los floculantes, tiene el inconveniente de las grandes dosis que hay que usar para conseguir resultados semejantes a los obtenidos con los floculantes orgánicos. La necesidad de emplear dosis elevadas trae consigo mayores costos de instalación, tales como sistemas de almacenamiento, consumo de agua, alteración de las propiedades físico-químicas del agua, etc., además de afectar las propiedades combustibles de los sólidos y tener un intervalo reducido de pH de efectividad.

Los flóculos generalmente obtenidos son pequeños, rígidos, compactos, tienen alta resistencia a la compresión y el sedimento es muy permeable (García & Rojas, 2006).

### **3.10.2 Floculantes orgánicos**

Estos son compuestos orgánicos y están formados por polisacáridos. Su principal representante es el almidón.

Los floculantes del tipo almidón siguen a los electrólitos en el orden histórico, y su introducción constituyó uno de los más importantes desarrollos en la floculación.

#### **Ventajas e inconvenientes**

Poseen ventajas sobre los floculantes inorgánicos, porque las dosis que se emplean son menores, y reduce los costos de instalación. Son más efectivos en el rango más amplio de pH, floculan una amplia gama de suspensiones, como por ejemplo la gelatina; son baratos y fácilmente accesibles en el mercado. Sin embargo, poseen ciertos inconvenientes tales como que añaden sustancias insolubles en los lodos y modifican las propiedades físico-químicas del agua clarificada que se va a reciclar; el almidón cáustico es efectivo para partículas no mayores de malla 200, los reactivos de almidón preservados en solución durante algún tiempo tienden a perder efectividad (García & Rojas, 2006).

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. Materiales**

En este capítulo se especifica desde los materiales y/o equipos utilizados en cada etapa del trabajo, así como detalles experimentales desde la extracción y caracterización del mucilago hasta su aplicación en la remoción de turbidez de las aguas residuales.

#### **Equipos**

- ✓ Potenciómetro (LAQUA pH1200-S)
- ✓ Conductímetro (HANNA HI 8733)
- ✓ Colorímetro (SMART3)
- ✓ Turbidímetro (EXTECH TB400)
- ✓ Espectrofotómetro (NOVA 60)
- ✓ Balanza desecadora (AE ADAM)
- ✓ Extractor de Proteína (INKJEL M)
- ✓ Horno Mufla (THERMOLYNE FB1410M-33)
- ✓ Equipo de Jarras (VELP SCIENTIFIC)
- ✓ Molino (Retsch GM 200)

#### **Materiales**

- ✓ Matraces
- ✓ Jarra de recolección
- ✓ Vasos de precipitación de (50, 100, 500, 100)
- ✓ Cladodios de pitahaya
- ✓ Crisoles
- ✓ Pipetas de 1-5-10 ml
- ✓ Bureta digital
- ✓ Succionador de tres vías

## **Reactivos e Insumos**

- ✓ Ácido sulfúrico
- ✓ Peróxido
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Ácido bórico
- ✓ Rojo Tashiro
- ✓ Ácido clorhídrico
- ✓ Éter de petróleo
- ✓ SUPFLOC PDM
- ✓ Mucílago de pitahaya
- ✓ Kit de potasio, fosfato, magnesio, hierro, calcio, manganeso, cobre, zinc.

## **4.2. Generalidades de la investigación**

Se aplicó en este estudio la investigación experimental, que se refiere al uso del método cuantitativo, se realizaron varios ensayos para obtener las dosis tiempos y procesos idóneos, siempre observando la causa y efecto que tuvo la sustancia en estudio, es decir el mucílago de pitahaya frente al agua residual, y los cambios posteriores que sucedieron al comparar con el floculante SUPFLOC PDM Comercial. Para desarrollar este estudio en condiciones científicamente aceptables, se realizaron los ensayos en laboratorio de Química, suelos y aguas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

### **4.2.1. Descripción del Área de Estudio**

El área de investigación se encuentra en la Parroquia Sagrario, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. El centro del lavado vehicular de nombre SERVIEXPRESS JG, se encuentra en una zona rural en la calle Benjamín Carrión 4-42 y Av. José Miguel Vacas (Anexo 3).

El establecimiento cuenta con una trampa de grasas, realizan la limpieza y mantenimiento del sistema primario una vez cada mes. Los residuos provenientes de la limpieza son

colocados en el área de desechos peligrosos, después son entregados a un gestor calificado, para el manejo ambiental adecuado.

#### 4.2.2. Diseño experimental

En este proyecto se realizó el Diseño Experimental Completamente al Azar con quince unidades experimentales, tres tratamientos y cinco repeticiones, aplicando diferentes dosis de mucílago para reducir el Color, Turbidez y STD.

Para obtener la normalidad de los resultados se realizó la prueba de Shapiro y de encontrarse diferencia significativa se aplicará una prueba de Tukey al 5 %.

#### 4.2.3 Variables

##### Variable Independiente:

Dosis de mucílago concentración % (v/v)

- dosis 1      0,12
- dosis 2      0,14
- dosis 3      0,16

##### Variables dependientes

Se evaluaron tres variables dependientes (sólidos totales, turbiedad y color) que se detallan a continuación.

#### Tabla 3

*Descripción de variables dependientes*

<b>Variabes dependientes</b>	<b>Unidades</b>
Sólidos totales	mg/L
Turbiedad	NTU
Color	UC

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

## **Técnicas para la determinación de las Variables Dependientes**

- **Sólidos totales**

Se realizó a través del Método Gravimétrico. El procedimiento se inició lavando 5 crisoles, se dejó en la mufla por 20 minutos y se colocó en el desecador por 30 minutos, posteriormente se procedió a realizar el proceso de obtención de resultados mediante técnica gravimétrica (Walter, 1961a).

- **Turbiedad**

Para medir este parámetro se hizo uso del equipo Turbidímetro EXTECH TB400 método de referencia Absorptometric Method Adapted, con una pipeta de 5ml se tomó una muestra de 3 ml que se depositó en el frasco de medición, inmediatamente se tomó lectura. El límite máximo permitido fue de 1057 UNT para el agua residual (Clesceri et al., 1999).

- **Color**

Para conocer el color inicial del agua residual del lavado vehicular, se hizo uso del equipo colorímetro SMART3, se tomó como referencia el método APHA Platinum-Cobalt Standart Method, con una pipeta de 10ml, se llenó el frasco con 3 ml de la muestra y se realizó la lectura (Walter, 1961b).

### **4.3. MÉTODO**

#### **4.3.1 Evaluación el agua residual proveniente del lavado vehicular mediante parámetros físico-químicos para conocer los niveles de contaminación que presenta el efluente**

Para el desarrollo del objetivo se realizó el muestreo en horas de la mañana, se recolectó la muestra del segundo compartimento de la trampa de grasa. Se procedió de acuerdo a los Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013.

La toma de muestra se realizó manualmente, con ayuda de una jarra se extrajo el agua residual, se procedió a colocar dentro de un botellón de 2 litros, seguido se homogenizó el recipiente, se desechó la primera toma y subsiguientemente se llenó el botellón de la muestra. Al finalizar el muestreo, se trasladó al laboratorio de Química para continuar con la realización de los análisis correspondientes y conservar el restante del agua residual en refrigeración (Anexo 4).

#### **Análisis físico-químicos del agua residual**

Los métodos utilizados en el presente apartado son del Standard Methods For The Examination Of The Water And Wastewater (SMEWW), American Public Health Association (APHA), Association Of Water And Wastewater Analytical (AWWA). Los métodos de referencia se detallan a continuación:

**Tabla 4.***Análisis físico químico del agua residual del lavado de autos*

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EQUIPO UTILIZADO</b>	<b>MÉTODO DE REFERENCIA</b>
<b>pH</b>	pH (LAQUA)	Método electroquímico, Método 4500-H Método SM2310B APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
<b>Conductividad</b>	(Meter HANNA HI 8333)	Método 2510 y 2-48, Método 2520. APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
<b>Color</b>	(SMART3)	Método 2120 B COLOR, APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
<b>Turbiedad</b>	(EXTECH TB400)	Método 2130 B. APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
<b>Sólidos totales</b>	Horno Mufla	Método 2540 B, APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
<b>Aceites y Grasas</b>	Horno Mufla	Methods 5520 – B Partition-Gravimetric Method Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

*Fuente:* (Alberto et al., 2016)

### **4.3.2 Realización de la caracterización del mucílago extraído de los cladodios de la pitahaya amarilla por medio de técnicas analíticas**

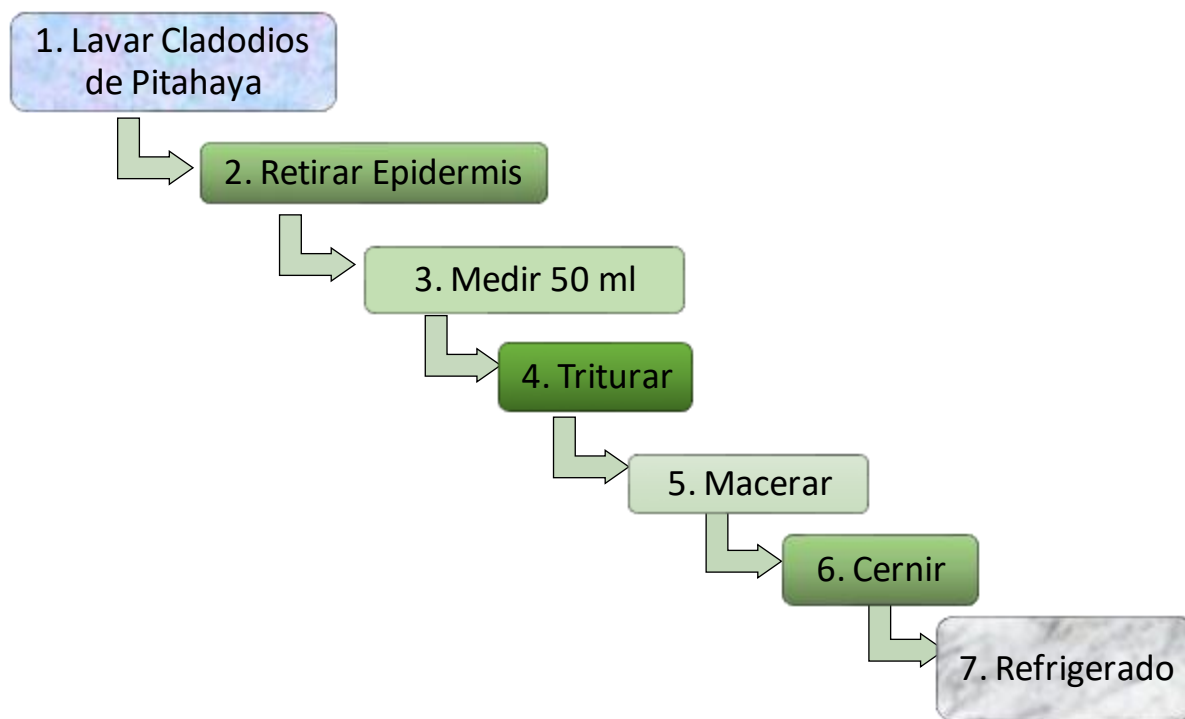
#### **Recolección de los cladodios de pitahaya**

La Empresa Agro Natural Resources, cuenta con una finca ubicada en Pomona, Se realizó la recolección de la materia prima (Tallos o cladodios) y fueron enviados a la ciudad de Ibarra, 8 cladodios jóvenes de 1 año y medio de vida, cada uno aproximadamente tenía 30 cm de largo. Se seleccionaron los cladodios de manera manual en función del grosor y aspecto saludable. Se transportaron al laboratorio de química, suelos y aguas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, luego se realizó una nueva clasificación, se escogió 4 cladodios para todo el uso en el transcurso de la investigación.

#### **Extracción del mucílago del cladodio pitahaya (*Cereus triangularis haw*)**

Alrededor de la especie (*Cereus triangularis haw*) se han realizado varios estudios donde aprovecha la parte más asequible que son sus frutos, sin embargo, en esta investigación se enfocó en sus cladodios que realizan el trabajo más importante y donde guarda sustancias tendentes a usarse como floculante natural. Existen varios métodos que se emplean para esta rama de investigación, sin embargo como es experimental se realizó varios ensayos variando el tiempo de reposo la cantidad volumétrica de cladodio de pitahaya – agua (Morejón, 2017).

El procedimiento fue el siguiente: se realiza la limpieza de los cladodios, después se retira la epidermis con un bisturí, trocear el mucílago y pesar, un cladodio de 30 cm de altura posee un peso sin epidermis de 61 gr (**Anexo 1**), a continuación se coloca los trozos en una licuadora, se añade 50 ml de agua destilada, y se deja macerar en un vaso de 100 ml durante 12 horas (**Anexo 2**), después se guardó el mucílago líquido en refrigeración para poder usarlo en la fase experimental durante el test de jarra (Morejón, 2017).



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la obtención del mucílago de cladodio de pitahaya.

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

La materia prima con las mejores características se procedió a retirar las espinas de sus areolas, con mucho cuidado se limpió cada uno de los cladodios y fueron dejados en agua para que durante el tiempo de experimentación no perdiesen sus propiedades y se mantuviesen frescos. Al cladodio seleccionado después de ser retirado su epidermis, se cortó en pequeños fragmentos de 3 a 5 cm, se verificó el peso y se trasladó a una licuadora donde se añadió 50 ml de agua destilada, para el resultado final se observó que esté bien troceados, después se vertieron en un vaso de 500 ml y se dejaron macerar (Morejón, 2017).

### **Análisis físico químico de la materia prima**

Se procedió a realizar los análisis físicos químicos del mucílago extraído de la pitahaya en el Laboratorio de Química (**Anexo 7 y 8**) y se determinaron los siguientes parámetros:

**Tabla 5***Análisis físico químico del mucílago de pitahaya*

<b>Parámetros</b>	<b>Equipo Utilizado</b>	<b>Método de Referencia</b>
	Estufa	Método AOAC 950.27 (2005)
<b>Humedad</b>	Balanza analítica (AE ADAM)	Método estándar oficial gravimetría
<b>Ceniza</b>	Balanza analítica (AE ADAM) Mufla	Método AOAC 940.26 Ash of Fruits and Fruit Products
<b>Nitrógeno</b>	Cabina extractora LABCONCO	AOAC 2.062 Método Kjeldahl número (AOAC 1984) 101739
<b>Manganeso</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Test Manganeso Método fotométrico 0.005 - 2.00 mg/L Mn Spectroquant® - Find MSDS or SDS, a COA, data sheets and more information. 100615
<b>Potasio</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Potassium Cell Test Method: photometric 30 - 300 mg/L K Spectroquant® 100798
<b>Fosfatos</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Phosphate Test (o-phosphate) Method: photometric, PMB 1.0 - 100.0 mg/L PO <sub>4</sub> -P 3 - 307 mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 2 - 229 mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Spectroquant® 100815
<b>Magnesio</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Method: photometric 5.0 - 75.0 mg/L Mg Spectroquant

<b>Hierro</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	114761 Test hierro Method: photometric 0.0025 - 5.00 mg/L Fe Spectroquant® 114815 SQ Calcium Test
<b>Calcio</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Method: photometric 1.0 - 160 mg/L Ca 1.4 - 224 mg/L CaO 2.5 - 400 mg/L CaCO <sub>3</sub> Spectroquant® 114767
<b>Cobre</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Copper Test Method: photometric 0.02 - 6.00 mg/L Cu Spectroquant® 114832
<b>Zinc</b>	Espectrofotómetro (NOVA 60)	Zinc Test Method: photometric 0.05 - 2.50 mg/L Zn Spectroquant®

---

*Fuente:* (Alberto et al., 2016)

#### **4.3.3 Evaluación del mucílago de los cladodios de pitahaya como floculante en el agua residual utilizando JAR TEST (Ensayo de jarras) para recomendar su posible uso**

El test de jarra es un equipo que permite establecer dosificaciones óptimas a escala laboratorio, con lo cual al momento de montar un sistema macro, su proceso funcione de manera óptima y a menor costo. Su principal función es mostrar la suspensión de sólidos totales, coloides y otras partículas que no pueden ser sedimentables por acción de la gravedad ((ISA), 2020).

Para iniciar con el proceso de floculación, se usó el método denominado “prueba de jarras”. Se realizó una toma de muestra de 2 litros de agua residual después se transportó al laboratorio de Química de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, donde se mantuvo en refrigeración. A medida que se iba realizando los ensayos, fue necesario realizar varias recolecciones de agua residual. En el laboratorio se continuó con el proceso, se colocó 4 vasos de precipitación de 1000 ml de capacidad c/u y se añadió 500 ml de agua

residual a todos los vasos de precipitación, al inicio se programó a 5rpm, posteriormente se adicionó el mucílago en dosis 1 (0,12) dosis 2 (0,14) dosis 3 (0,16) y el testigo (agua residual), inmediatamente se cambió a 100 rpm y se mantuvo durante 1hora, concluido esta etapa del ensayo, se dejó en reposo durante 30 minutos y al finalizar se realizó mediante técnicas analíticas los análisis de STD, turbiedad y color (Morejón, 2017).

### **Análisis del Floculante comercial**

Los ensayos realizados en el agua, están dentro de las normas y técnicas de la APHA / AWWA / WEF, ASTM, EPA, DIN, INEN con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los resultados y cumplir con las normas de control de calidad en los análisis y ofrecer resultados técnicamente confiables, por lo que se usó el método analítico.

Se realizaron diferentes pruebas del floculante comercial para determinar la dosis adecuada y usarlo en el agua residual. En un vaso de precipitación de 1 litro, se colocó 500 ml de agua residual, se ajustó a 5rpm, luego se adicionó 1 gr de FLOC y 0,7 ml de coagulante (3 gotas), seguido se ubicó en 100 rpm y se mantuvo por 1 hora, para finalizar se dejó en reposo 30 minutos y se procedió con los análisis de STD, turbiedad y color.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentará los resultados de los análisis obtenidos en la experimentación. Estos datos muestran los niveles de clarificación que logra el mucílago de cladodio de pitahaya en aguas residuales y a su vez se compara con un floculante comercial. Los parámetros evaluados fueron STD, Turbiedad y Color; se analizó además las variables que han influido significativamente en el agua residual.

Durante los ensayos de laboratorio se llegó a determinar las concentraciones volumétricas de floculantes (mucílago) de pitahaya *Cereus triangularis haw* para tratar el agua residual y medir su eficiencia a través del método de jarras.

#### **5.1. Evaluación el agua residual proveniente del lavado vehicular mediante parámetros físico-químicos para conocer los niveles de contaminación que presenta el efluente.**

El agua residual recolectada del auto lavado se llevó al Laboratorio de Química para preservar la muestra y realizar los análisis correspondientes. Los resultados de las tomas de muestra proporcionaron evidencia del grado de polución que presentan las aguas por consecuencia de las actividades que generan estos sectores de trabajos.

La Tabla 6 da a conocer las condiciones iniciales de los valores obtenidos del agua residual del centro de lavado vehicular, los cuáles se compararon con los Valores Máximos Admisibles la Tabla 11 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA. Según este análisis se observa que los componentes ST, turbiedad, color, conductividad, aceites y grasas y pH presentan valores superiores a los establecidos por la norma, lo que no permite la descarga de este tipo de aguas a la red de alcantarillado público.

Las aguas residuales de establecimientos económicos como las lavadoras de autos, deben ser sometidas a un tratamiento para generar condiciones óptimas que permitan su descarga.

**Tabla 6***Caracterización parámetros físico-químicos del agua residual*

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA*
pH	Unidades de pH	7	6-9
Conductividad	uS/cm	340	-
Color	UC	5518	-
Turbiedad	N.T.U.	1057	-
Sólidos Totales disueltos	mg/L	1401	1600
Aceites y Grasas	mg/L	1025	70

\* Valores Máximos Admisibles de la Tabla 11 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA.

Fuente: Paredes, T. (2021)

Las aguas residuales provenientes del lavado vehicular son aguas con carga considerable de contaminantes, caracterizadas por su contenido de STD, Aceites y Grasas, turbiedad y color oscuro. Estas características varían significativamente dependiendo del tamaño y número de vehículos que realicen la actividad de lavado. Al respecto, Inca & Ortiz, (2018) presentaron las características de un agua residual de una lavadora y lubricadora, ubicado en Riobamba, reportando valores de parámetros como Aceites y Grasas: 503.77mg/L; pH: 8; DQO: 3.964 mg/L. Todos los parámetros al igual que en esta investigación, superaron la Normativa Vigente para descargas a la red de alcantarillado en Ecuador. Mientras que, Collaguazo Guerra, (2021) trabajaron con aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora ubicada en el cantón Antonio Ante y reportaron concentraciones promedio de los parámetros tales como Aceites y Grasas: 93,40 mg/L; Sólidos Totales Disueltos (STD) en Suspensión: 9646 mg/L; pH: 7.86. Los valores obtenidos en este estudio se encuentran en el rango de concentraciones reportadas por estos investigadores durante la caracterización de aguas residuales de lavado de autos.

## 5.2. Caracterización del mucílago extraído de los cladodios de pitahaya amarilla por medio de técnicas analíticas.

Los cladodios de pitahaya se seleccionaron los de mejor aspecto y se realizó el proceso de obtención del mucílago. En el Laboratorio de Química se usaron los Kits de potasio, fosfato, magnesio, hierro, calcio, manganeso, cobre, zinc para determinar la concentración de los elementos presentes en el mucílago.

La presencia de estos elementos en la planta de pitahaya mostró un gran poder de la relación del intercambio catiónico entre el suelo y las raíces de las plantas (Morejón Díaz, 2017).

**Tabla 7**

*Análisis del tejido vegetal de pitahaya (Cereus triangularis haw)*

COMPONENTES	RESULTADOS
	mg/L
<i>Humedad</i>	67,69
<i>Ceniza</i>	3,25
<i>N</i>	1,27
<i>Ca</i>	175,00
<i>k</i>	28,90
<i>P</i>	109,50
<i>Mg</i>	24,80
<i>Fe</i>	0,91
<i>Mn</i>	0,34
<i>Cu</i>	0,10
<i>Zn</i>	0,92

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

Como se observa en la Tabla 7, el mucílago posee alto contenido de nitrógeno (N), Fosforo (P), calcio (Ca), y bajo contenido de manganeso (Mn) hierro (Fe) cobre (Cu) zinc (Zn). Respectivamente Garnica Ruiz, (2019) en su investigación caracterizaron la composición química de 3 distintas especies de pitahaya y en la pitahaya amarilla presentaron valores diferentes a la de esta investigación como: P:30.2mg/L; Mg: 11.43mg/L; K: 74.88mg/L; Ca:

3.47mg/L; Fe 0.55mg/L. La composición de pitahaya en el propósito de este estudio va a variar dependiendo la especie de pitahaya amarilla que se utilice.

### 5.3. Evaluación del mucílago obtenido de los cladodios de pitahaya como floculante en el agua residual utilizando JAR TEST (Ensayo de jarras) para recomendar su posible uso

Los resultados del análisis del agua tratada con mucílago de pitahaya reflejaron los niveles de depuración al que puede llegar si se usa el mucílago como floculante en aguas de auto lavados. Los datos obtenidos se compararon con la Tabla 11 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA 1 que indican los valores máximos permisibles que debe tener el agua residual.

#### Tabla 8

*Resultados de solidos totales disueltos, turbiedad y color después de ser tratada con mucílago de pitahaya (Cereus triangularis haw).*

<i>Dosis</i> (ml)	<b>SOLIDOS TOTALES</b> <b>DISUELTOS</b> (mg/L)	<b>TURBIEDAD</b> (NTU)	<b>COLOR</b> (UC)
<b>T1 : 0,12</b>	1280	358,2	3929,4
<b>T2 : 0,14</b>	713	228,8	2052,2
<b>T3 : 0,16</b>	436	66,64	399,4

*\*El análisis fue realizado a 100rpm. Fuente: Paredes, T. (2021)*

Los datos expuestos representan las medias de los resultados obtenidos luego de haber realizado 5 repeticiones, en las que se utilizó 3 dosis con valores específicos de 0.12ml, 0.14ml, 0.16ml para cada una de las repeticiones.

Al analizar el comportamiento de la dosis 0.16 mg/L del mucilago de pitahaya aplicado en el en la quinta repetición, se observó una tendencia a disminuir los valores de STD, turbiedad y color (Tabla 8). Por su parte Garnica Ruiz, (2019), mediante una investigación realizada en Guayaquil resalta el uso de dos especies de la familia cactácea, el aloe vera y pitahaya

como floculantes en la clarificación de aguas. En general observan que el floculante de aloe vera tiene un porcentaje de remoción de STD, turbidez y color de 90.39 % y usando pitahaya tiene 96.82 % de remoción de STD, turbiedad y color.

### 5.3.1 Sólidos disueltos Totales (STD)

Los sólidos disueltos totales se refieren a la materia suspendida y disuelta en el agua. La suma de los dos se conoce como totales y es un parámetro que afectan a la calidad del agua de efluentes de diversas formas. Como se observa en la tabla 9 se toma como referencia a los valores del agua residual analizados después de haber realizado la toma de muestra de las trampas de grasa y el resultado después de ser tratado con mucílago de pitahaya.

**Tabla 9**

*Comparativa del agua residual inicial y el agua residual tratada con mucílago de pitahaya, analizando el parámetro de STD.*

Dosis (ml)	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	MUESTRA DE AGUA TRATADA CON MUCÍLAGO	VALOR DE REFERENCIA
T3 : 0,16	Sólidos Totales disueltos	mg/L	1401	395	1600

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

Los resultados de las pruebas con las dosis de mucílago de pitahaya (0.12ml; 0.14ml; 0,16ml) para el análisis de sólidos totales disueltos (STD) se muestran en la Tabla 10 y Figura 2. El análisis de varianza señaló alta significancia para los tratamientos y se realizó análisis Tukey al 5%.

**Tabla 10**

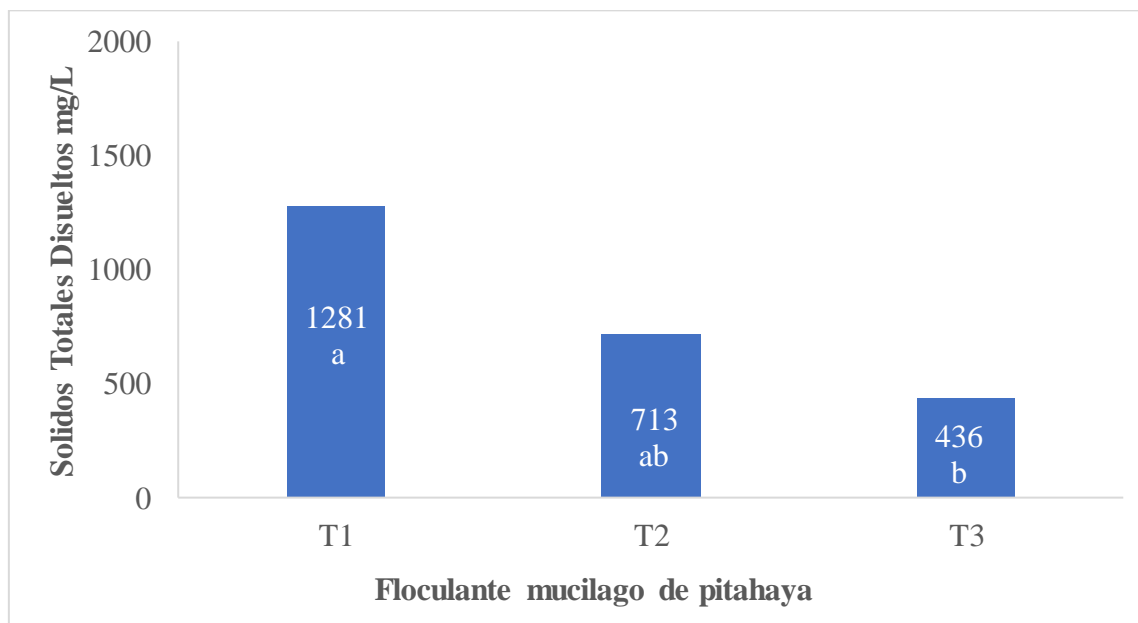
*Análisis de varianza para Sólidos Totales Disueltos (STD)*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>P.C</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad Valor de F</i>	
					<i>0.05</i>	<i>0.01</i>
<b>Tratamientos</b>	1855630	2	927815	127,94507	0,000000008	3,885293835 **
<b>Error</b>	87020	12	7251,66667			
<b>Total</b>	1942650	14				

*Nota: \*\* Diferencia altamente significativa.*

*Fuente: Paredes, T. (2021)*

Después de realizar la prueba Tukey al 5 %, se determinó tres rangos, ubicando en primer rango el (T1: 0,12 mg/L) el segundo rango a (T2:0,14 mg/L) y en el tercer rango al tratamiento (T3:0,16 mg/L) de mucílago de pitahaya aplicando a la muestra de agua residual de la lavadora de vehículos (Figura 2).



**Figura 2.** Remoción de Sólidos Totales Disueltos del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante.

*Fuente: Paredes, T. (2021)*

Como se muestra en la Figura 2, se determinó como el mejor tratamiento al T3 dosis 0,16 mg/L, logra el 69 % de remoción de sólidos totales disueltos dentro del proceso de Test de jarra, aplicando mucilago de pitahaya como floculante. Este valor estuvo en el rango reportado por otros investigadores, el mucilago de pitahaya como floculante tiene un porcentaje de remoción de 96.82 % (Garnica Ruiz, 2019).

### 5.3.2 Turbiedad

La turbiedad mide el nivel de transmisión de luz en el agua, y sirve como una medida de la calidad del agua en relación a materia suspendida coloidal y residual. La turbiedad varía de acuerdo a la fuente de luz y el método de medición (Pacheco & Herrera., 2014).

Para el parámetro de turbidez, se debe recordar que en la Tabla 8 y 11 se presentan los tratamientos que demuestran los resultados de reducción en el parámetro de turbiedad. Se toma como comparación al T3: 0,16 ml y el valor de turbiedad inicial.

**Tabla 11**

*Comparativa del agua residual inicial y el agua residual tratada con mucílago de pitahaya, analizando el parámetro de Turbiedad*

Dosis (ml)	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	MUESTRA DE AGUA TRATADA CON MUCÍLAGO	VALOR DE REFERENCIA
T3 : 0,16	Turbiedad	N.T.U	1057	59,7	---

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

Los resultados obtenidos de los análisis de varianza en los tratamientos con la dosificación del mucilago de pitahaya, señaló una alta significancia, es decir, el comportamiento de cada uno de ellos fueron diferentes (Tabla 12) por lo que el análisis de la prueba Tukey al 5% determinó que en el T3: 0,16 obtuvo un aclaramiento notable en el proceso de floculación.

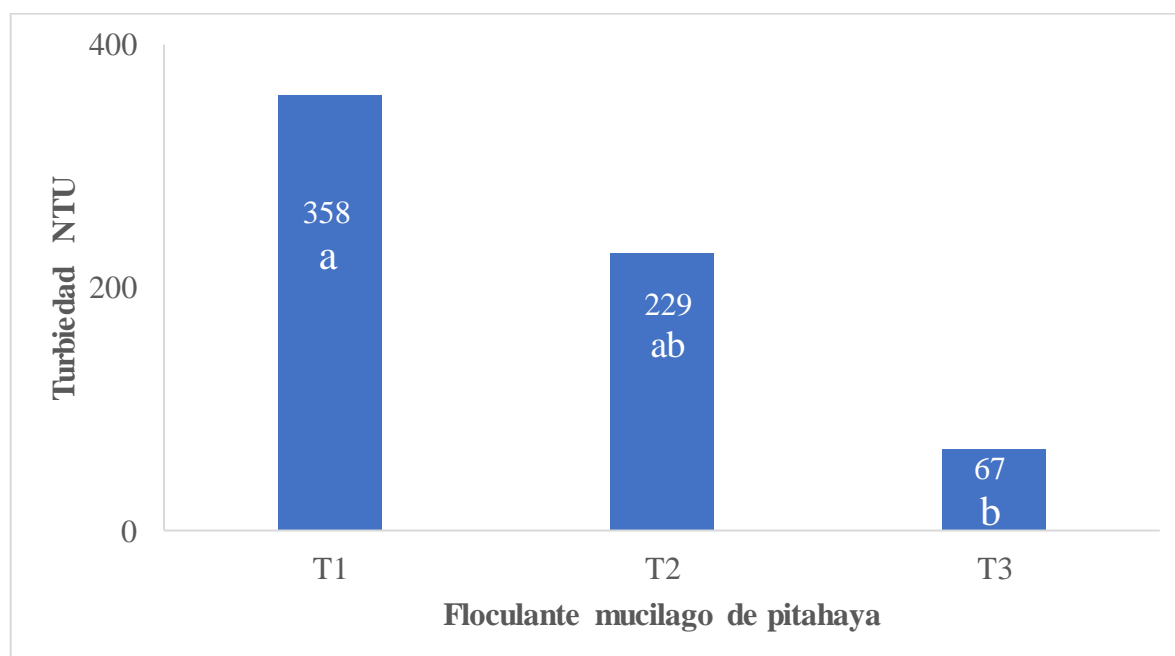
**Tabla 12***Análisis de varianza de Turbiedad*

<i>Fuente</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>P.C</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad Valor de F</i>	
					<i>0.05</i>	<i>0.01</i>
<b>Tratamientos</b>	213412,432	2	106706,216	84,5397968	0,00000008	3,885293835 **
<b>Error</b>	15146,412	12	1262,201			
<b>Total</b>	228558,844	14				

*Nota: \*\* Diferencia altamente significativa.*

*Fuente: Paredes, T. (2021)*

La aplicación del método Tukey al 5% a los datos promedios, (Figura 3) determinó tres rangos, ubicando en el primer rango (a) T1, segundo rango (ab) T2 y tercer rango (b) T3. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y el límite máximo permitido para turbiedad se recomendaría el tratamiento con T3: 0,16 mg/L de mucílago de pitahaya como floculante (Figura 3).



**Figura 3.** Remoción Turbidez del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante.

*Fuente: Paredes, T. (2021)*

El efecto más importante esperado mediante el tratamiento de agua residual con mucílago de pitahaya es el descenso de turbidez ya que las partículas en suspensión coloidal que interfiere en el paso de la luz a través del agua van a ser decantadas. La norma legal aplicable del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA determina los parámetros de calidad que debe cumplir el agua residual antes de realizar las descargas a un sistema de alcantarillados, en donde el parámetro de turbidez juega un papel fundamental como criterio de calidad de agua.

De acuerdo con lo antes mencionado, el tratamiento con 0,16 ml de mucílago de pitahaya se acerca a la estabilización de este parámetro para permitir la descarga de agua residual al sistema de alcantarillado. Con 94 % (59,7 NTU) de remoción presenta un margen estrecho en comparación con la utilización de floculante comercial alcanzando remover 95 % (41.8 NTU), por lo tanto, el uso de las dos opciones de floculantes reduce la turbidez en comparación con el agua residual inicial que es de 1057 NTU.

Según Morejón Díaz, (2017) indica que con el 25 % de mucílago de tuna logra la clarificación de agua cruda de la comunidad de Pusir Grande. Aunque en los hallazgos del autor haya usado diferente especie de la familia de las cactáceas, la investigación se enfoca en el uso del floculante natural para reducir la turbiedad. Estas investigaciones indican que el proceso de floculación usando dosis relativamente menores reducen las partículas que pueden estar suspendidas en el agua a tratar.

### **5.3.3 Color**

El color es uno de los parámetros organolépticos que indican la calidad del agua, en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluente del Libro VI del TULSMA, establecen criterios sobre los límites máximos permisibles de la calidad del agua y exigen como obligatorio en el análisis de control. Está relacionado con las sustancias disueltas y las partículas en suspensión que contiene. La medición del color es importante para conocer el nivel de materia orgánica natural que hay en el agua, ya que su presencia es un factor de riesgo de generación de subproductos nocivos de la desinfección del agua (Higieneambiental.com, 2019).

En contraste también se observa (Tabla 13) los resultados de las mediciones posteriores al tratamiento las mismas que son muy necesarias para realizar una comparativa entre los valores iniciales y finales.

**Tabla 13**

*Comparativa del agua residual inicial y el agua residual tratada con mucílago de pitahaya, analizando el parámetro de color*

Dosis (ml)	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	MUESTRA DE AGUA TRATADA CON MUCÍLAGO	VALOR DE REFERENCIA
T3 : 0,16	Color	UC	5518	336	---

Fuente: Paredes, T. (2021)

Cuando se aplicaron las dosis de 0,12 mg/L 0,14 mg/L 0,16 mg/L de mucílago de pitahaya en las aguas residuales de la lavadora de autos, en cinco repeticiones, el análisis de varianza para color (Tabla 14), los resultados mostraron diferencias significativas para los tratamientos.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza de color*

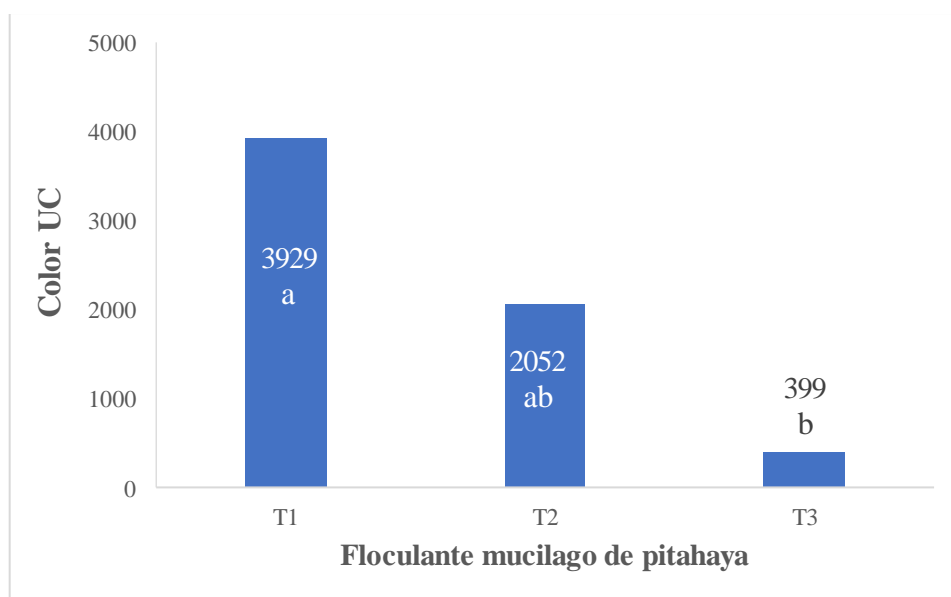
Fuente	S.C	G.L	P.C	F	Probabilidad	Valor de F
					0.05	0.01
<b>Tratamientos</b>	31194212,8	2	15597106,4	120,891152	0,00000001	3,885293835
<b>Error</b>	1548213,2	12	129017,767			
<b>Total</b>	32742426	14				

Nota: \*\* Diferencia altamente significativa

Fuente: Paredes, T. (2021)

El análisis de varianza de la Tabla 14 del ANOVA para color, señaló diferencia significativa revelando 3 rangos en la (Figura 4), ubicando en el primero rango (**a**) a los tratamientos con dosis 0,12 mg/L de mucílago de pitahaya, en segundo rango (**ab**) a los tratamientos con dosis

0,14 mg/L en el tercer rango (**b**) a los tratamientos con dosis 0,16 mg/L notando en el tratamiento T3 con rango (**b**) una reducción en la remoción de turbiedad del 93 % después de haber pasado por el proceso de floculación con el mucilago de pitahaya. Esta información confirma una alta relación entre la turbidez y el color ya que tuvieron las mismas tendencias entre estos factores, resultados que concuerdan con lo que indica Arboleda Valencia, (1992) que las aguas tratadas con soluciones ecológicas (vegetales) se consideran opciones viables para reducir contaminantes mediante la floculación.



**Figura 4.** Remoción Color del agua residual, tratada con mucílago de pitahaya como Floculante.

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

En la figura 4 indica el comportamiento del color en el procedimiento de floculación aplicando el mucilago de pitahaya y se puede constatar que incide de manera significativa en este parámetro. Por su parte Garnica Ruiz, (2019) evalúa a dos especies como floculantes y usando aloe vera con dosis de 1200 mg/L reduce 197 Pt-Co de una muestra inicial de 1460 Pt-Co, y con la especie pitahaya con dosis de 1200mg/L reduce 388 Pt-Co de una muestra inicial de 524 Pt-Co. Los análisis realizados en esta investigación son similares a los reportes encontrados en el estudio del autor antes mencionado.

### 5.3.4 Comparativa entre mucilago de pitahaya y floculante comercial

El proceso de comparar de estos dos tipos de floculantes, se realiza para conocer la efectividad de floculación en agua residual entre el mucilago extraído de la pitahaya y un floculante comercial, para este efecto se considera la dosis de mucilago de 0,16 mg/L la cual proyectó los mejores resultados de reducción, frente a la dosis de 0,8 mg/L de floculante comercial que de igual manera se toma a consideración a la dosis más eficiente.

Las dosis previamente aplicadas se usaron 500 ml de agua residual del lavado de autos, con valores iniciales de Sólidos Totales Disueltos (STD) de 1401, Turbiedad de 1057 NTU, Color de 5518 UTC. En este punto se obtiene los datos correspondientes a STD, Turbiedad y Color, usando el mucilago de pitahaya y el floculante comercial, la información obtenida para ambos casos se presenta a continuación.

**Tabla 15**

*Comparativa de resultados entre dosis de mucilago de pitahaya y floculante comercial*

<i>Tipo de Floculante</i>	<i>STD (mg/L)</i>	<i>Turbiedad (NTU)</i>	<i>Color (UC)</i>
<b>Mucilago de pitahaya</b>	395	59,7	336
<b>Floculante comercial</b>	140	41,8	220
<b>Agua residual inicial</b>	1401	1057	5518

*Fuente:* Paredes, T. (2021)

Según los datos presentados se puede determinar que los valores de remoción para turbidez y color son similares para los dos productos, en el caso del parámetro de STD, el floculante comercial se aprecia que reduce 90 % y los STD del floculante natural obtuvo una disminución de 69 %, es considerablemente notoria frente al mucilago de pitahaya con 395 mg/L y el floculante comercial 140 mg/L, en comparación con el agua residual inicial de 1401 mg/l.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- Al analizar el agua residual proveniente del lavado de automotores, se ha demostrado los niveles de contaminación alta que presenta, donde los resultados iniciales fueron: turbiedad 1057 NTU, color 5518 UC, sólidos totales disueltos 1401mg/LS.T.
- Con base en la caracterización realizada al mucílago de pitahaya y con el aporte de información de otros autores, se puede concluir que el tiempo de recolección de cladodios y el tipo de especie de pitahaya son factores importantes por considerar para la remoción en aguas residuales provenientes del lavado vehicular.
- Los resultados de la caracterización indica que el mucílago extraído de los cladodios de pitahaya presenta 67.688 % de Humedad, 3.245 % de Cenizas, 1.266 % de Nitrógeno, y en la determinación de minerales se obtuvo 38.9 mg/L y 70,6 mg/L de Fosfatos, 0.34 mg/L de Manganeso, 0.10 mg/L de Cobre, 24.8 mg/L de Magnesio, 0.91 mg/L de Hierro, 28.9 mg/L de Potasio, 175 y 317 mg/L de Calcio, 0.66 mg/L y 0,26 mg/L de Zinc.
- La concentración de 0,16 mg/L de mucílago fresco de cladodio de pitahaya, logra disminuir la turbidez en 94 %, el color en 93 % y los sólidos totales disueltos en 69 %.
- Se acepta la hipótesis alternativa, el uso del mucilago de pitahaya permite remover la turbiedad, color y sólidos totales disueltos.
- Los extractos naturales de los cladodios de pitahaya presentan propiedades como floculante, habiéndose demostrado en esta investigación la capacidad de capturar y sedimentar partículas suspendidas.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios sobre el mucílago de cladodio de pitahaya encaminado a obtener un floculante de mayor durabilidad para mantener por largos periodos en almacenamiento.
- Fomentar las prácticas técnicas del aprovechamiento de la especie (*Cereus triangularis haw*) como recurso agrícola productivo y de innovación.
- Realizar una campaña de información y educación sobre las formas de reutilización que se pueden ejecutar con el excedente de cladodios de pitahaya producto de la poda.
- El macerado de los cladodios es uno de los principales pasos que se deben de vigilar para que no sobrepase de las 12 horas a temperatura ambiente.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (ISA), I. y S. A. (2020). *Prueba de Jarras – ISA*. Soluciones Ambientales. <https://isa.ec/prueba-de-jarras/>
- Acquatecnología® s.a.c. (2006). *Coagulantes y floculantes*. Acoua Tecnología. <https://acquatecnologiaperu.com/producto/coagulantes>
- Alberto, C., Sierra, S., Castillo Bertel, M. E., Leonor, R., & Barrios, A. (2016). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias, Colombia; (eumed.net (ed.); Fundación, Issue November). <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Arboleda Valencia, J. (1992). *Teoría y práctica de la purificación del agua: Teoría de la coagulación del agua*. Colombia: Acodal. <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Beltrán Torres, V. N. (2015). *Desarrollo de un proyecto para la creación de una microempresa de producción y comercialización de pitahaya ubicada en la comunidad de chinimpí, del Cantón Palora, Provincia De Morona Santiago*. (Tesis de pregrados, Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ciencias Administrativas). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12519/1/T-UCE-0015-726.pdf>
- Carrea, A. (2011). *El desarrollo de la tecnología para la industrialización de la pitahaya (Cereus triangularis haw) y su incidencia en la baja oferta de productos en el mercado local*. (Tesis de pregrado, Universidad Técnica De Ambato). Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3101/1/PAL250.pdf>
- Castillo Martínez, R., Ebel, R., Calix de Dios, H., Ferral Piña, J., & Padilla Nava, R. (2016). *Manual para la Producción Sustentable de Pitahaya en la Península de Yucatán, Mexico*. Mexico: Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/311426001>
- Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A., & Ramos-Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 346–360. recuperado de: <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2018.2>.
- Clesceri, L., Greenberg, A., & Eaton, A. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater The Nineteenth and Earlier Editions. 20th editinon*. 1325. Recuperado de: [http://srjstaff.santarosa.edu/~oraola/Assets/APHA\\_SM\\_20.pdf](http://srjstaff.santarosa.edu/~oraola/Assets/APHA_SM_20.pdf)
- Collaguzo Guerra, A. R. (2021). *Plan de manejo de residuos automotrices generados por lavadoras y lubricadoras en el cantón antonio ante*. (Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte). Rescuperado de: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10965/2/04 MAUT 133 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10965/2/04%20MAUT%20133%20TRABAJO%20GRADO.pdf)
- Marquez, F. & Pucuna, F. (2015). *Análisis de los desechos sólidos y líquidos que generan las lavadoras de automóviles y su incidencia en el medio ambiente en el cantón milagro*. (Tesis de pregrado, Universidad estatal de milagro) Recupeado de: <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/1782>
- García, A., & Rojas, A. (2006). Comparación de los floculantes chemadd a -41, 42 y 43 de la firma chematek, el ip-600 de la firma zar cia y el percol, versión canadiense del magnafloc R-155. *Tecnología Química*, XXVI(3), pp.41–47. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543751006.pdf>

- García, E. (2011). *Optimización del secado por aspersión de mucílago de pitahaya (Hylocereus undatus) en función de sus propiedades reológicas.* (Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de: <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/15620/1/Tesis%20Elena%20Garcia.pdf>
- Garnica Ruiz, M. G. (2019). Análisis de la dinámica de la producción de hojarasca del bosque de mangle en el estero el salitral, Chiapas, México. (Tesis de pregrado, Universidad De Guayaquil). Recuperado de: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56802/1/TRABAJO\\_DE\\_TITULACION%20C3%93N\\_MONTO\\_YA\\_ROBALINO\\_JULAIIDDY\\_FINAL\\_15-10-2021\\_1.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56802/1/TRABAJO_DE_TITULACION%20C3%93N_MONTO_YA_ROBALINO_JULAIIDDY_FINAL_15-10-2021_1.pdf)
- higieneambiental.com. (2019, May 17). Color del agua, parámetro indicador de calidad. *higieneambiental.com*. Recuperado de: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>
- Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M., Coronel, D., Verdugo, K., & Coba Santamaría, P. (2015). Desarrollo De La Pitahaya (Cereus Sp.) En Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 22(2), pp.50–58. Recuperado de: <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.05>
- Inca, D., & Ortiz, N. (2018). *Evaluación Del Impacto Ambiental De Los Residuos Generados Por Lavadoras Y Lubricadoras Para La Propuesta Técnica De Una Guía De Manejo. Caso Ciudad de Riobamba.* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/10552/1/236T0411.pdf>
- Lorena Del, C., Fuentes, S., Ivan, A., Mendoza, S., Angela, M., López, M., María, F., Castro, V., Carlos, J., & Urdaneta, M. (2011). Efectividad de un coagulante extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. en la potabilización del agua. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 34(1), pp. 48–56. Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702011000100007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702011000100007)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). TULAS Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. *TULAS Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente*, 097, pp. 1–184. Recuperado de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Montesino, J., Larramendi, L., Ortiz, R., Fonseca, M., Ruiz, G., & Guevara, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) Recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, pp. 67–76. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr07s115.pdf>
- Morejón, B. (2017). *Utilización del mucílago de tuna (opuntia ficus-indica) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de Pusir Grande, Provincia Del Carchi.* (Tesis de postgrado, Universidad Técnica del Norte). Recuperado de: [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/6621/1/PG496\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/6621/1/PG496_TESIS.pdf)
- Olivero, R., Aguas, Y., Mercado, I., Casas, D., & Montes, L. (2014). Utilización de Tuna (*opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1), pp 1-6. Recuperado de: <file:///D:/Descargas/Dialnet/UtilizacionDeTunaOpuntiaFicusindicaComoCoagulanteN-6684755.pdf>
- Olvera Gonzalez, E. D., Orellana Cevallos, D. C., & Segarra Vera, K. E. (2013). *Desarrollo de estrategias para incrementar la exportación de pitahaya hacia los mercados de Holanda y España.* (Tesis de pregrado, Universidad De Guayaquil). Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17647/1/TESIS%20PIHAYA%20-%20revision%203.pdf>
- Pacheco, D., & Herrera, O. F. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*, 27(1), pp.17–34. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342031331003.pdf>

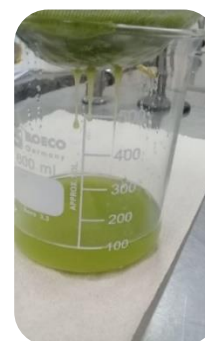
- Padilla, A. (2012). *Caracterización química y física de la pared celular de los polisacáridos del tallo de pitahaya (Hylocereus sp.) para su potencial uso industrial y evaluación de su aplicación como cobertura comestible en fresas para alargar su vida útil a temperatura de refrigeración*. (Tesis de pregrado, Universidad de Costa Rica). Recuperado de:  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2572/1/34803.pdf>
- Quezada, N. de. (2004). Comprobación de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de Managua "Piedras Azules". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), pp. 46–54. Recuperado de:  
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/2004-almendarez.pdf>
- Registro Oficial Suplemento. (2016). Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente (P. 407). Recuperado de: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Rivera Ñacari, A. (2017). *Uso de moringa oleífera y carbón activado para el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular en el distrito de San Martín de Porres – Lima 2017*. (Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo). Recuperado de:  
<https://es.scribd.com/document/523019848/Rivera-NAC>
- Santacruz Vázquez, C., Santacruz Vázquez, V., & Huerta Espinosa, V. M. (2009). *Agroindustrialización de pitaya*. Cuba. Editorial Universitaria. Recuperado de: <https://pitahayasbaleno.com/wp-content/uploads/2018/10/7-Agroindustrializaci%C3%B3n-de-pitaya-.pdf>
- Silva Casas, M. N. (2015). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor De San Marcos). Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/323351458.pdf>
- Walter, W. G. (1961a). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater (11th ed.). *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 51(6), pp.940–940. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.2105/ajph.51.6.940-a>
- Zamudio Piñeres, J., Reinel Moreno, J., Ibarra Chamorro, D., Solaque, Ó. A., Cafiero Monroy, A., & Garzón Palomino, E. (2015). Desarrollo de un floculante natural para el tratamiento de aguas superficiales en hogares del sector rural del municipio de Fusa gasugá. *Revista Tecnología y Productividad*, 1(1), pp. 71–83. Recueprado de: <https://docplayer.es/50251542-Desarrollo-de-un-floculante-natural-para-el-tratamiento-de-aguas-superficiales-en-hogares-del-sector-rural-del-municipio-de-fusa-gasuga.html>

## ANEXOS 1

### Anexo 1 Limpieza del mucílago en el laboratorio

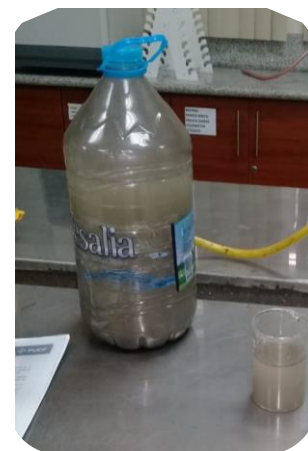


### Anexo 2: Ensayos para la obtención de del mucílago de pitahaya

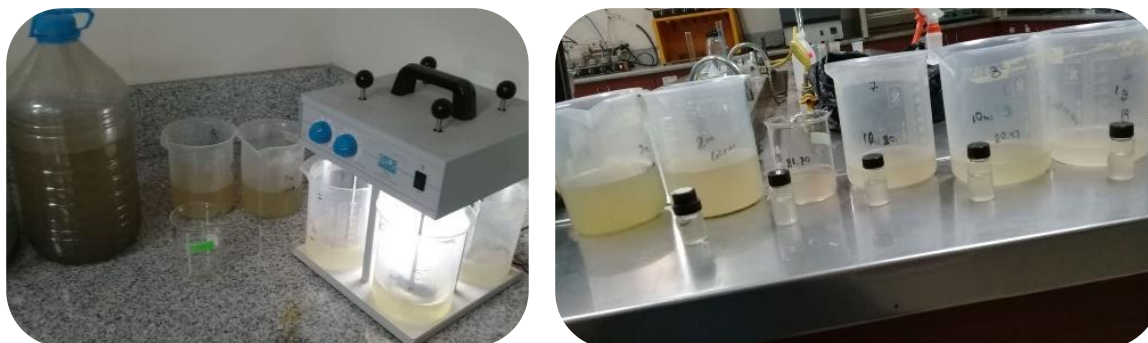


### Anexo 3: Determinación de minerales en el mucílago de pitahaya



**Anexo 4:** Determinación de % de nitrógeno del mucílago de pitahaya**Anexo 5:** Recolección de la muestra de agua residual en la lavadora de autos**Anexo 6:** Primeros ensayos previos realizados en el Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales

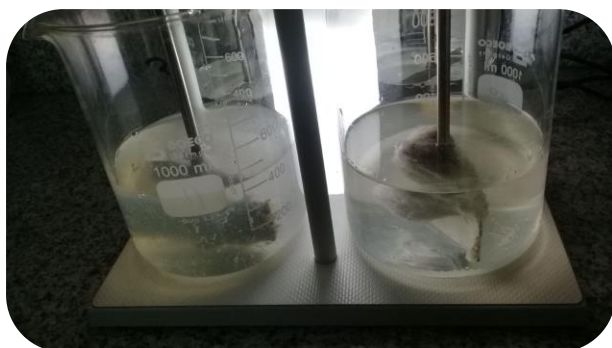
**Anexo 7:** Ensayos previos para encontrar las dosis de mucílago



**Anexo 8:** Resultados aplicación de mucílago de pitahaya como floculante en aguas residuales.



**Anexo 9:** Resultados de la aplicación del floculante comercial SUPFLOC PDM en aguas residuales.



**ANEXO 2**  
**RESULTADOS**

**Tabla 16**

*Resultados de los ensayos del agua residual tratada mucílago de pitahaya.*

	DOSIS (ml)	SOLIDOS TOTALES (mg/ls.t)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR
<b>R1</b>	T1:0,12	1285	354	4305
	T2:0,14	700	194	1701
	T3:0,16	420	61	355
<b>R2</b>	0,12	1290	368	4042
	0,14	710	247	1803
	0,16	435	62,1	392
<b>R3</b>	0,12	1410	385	4157
	0,14	750	285	2915
	0,16	470	78	509
<b>R4</b>	0,12	1375	381	3344
	0,14	715	259	1904
	0,16	460	72,4	405
<b>R5</b>	0,12	1045	303	3799
	0,14	690	159	1938
	0,16	395	59,7	336

*Fuente: Paredes, T. (2021)*

**Tabla 17**

*Resultados de solidos totales disueltos, turbiedad y color después de ser tratada con mucílago de pitahaya (Cereus triangularis haw).*

<i>Dosis</i> (ml)	<b>SOLIDOS TOTALES DISUELTOS</b> (mg/Ls.t)	<b>TURBIEDAD</b> (NTU)	<b>COLOR</b>
<b>T1 : 0,12</b>	1280	358,2	3929,4
<b>T2 : 0,14</b>	713	228,8	2052,2
<b>T3 : 0,16</b>	436	66,64	399,4

*\*El análisis fue realizado a 100rpm. Fuente: Paredes, T. (2021)*

**Tabla 18**

*Resultados de porcentajes de remoción de solidos totales disueltos, turbiedad y color usando mucílago de pitahaya como floculante.*

<i>Dosis</i> (ml)	<b>SOLIDOS TOTALES DISUELTOS</b> (mg/Ls.t)	<b>TURBIEDAD</b> (NTU)	<b>COLOR</b>
<b>T1 : 0,12</b>	7 %	66 %	29 %
<b>T2 : 0,14</b>	49 %	78 %	63 %
<b>T3 : 0,16</b>	69 %	94 %	93 %

*\*El análisis fue realizado a 100rpm. Fuente: Paredes, T. (2021)*

**Tabla 19**

*Comparativa de porcentajes de remoción en los resultados entre dosis de mucílago de pitahaya y floculante comercial*

<i>Tipo de Floculante</i>	<i>Dosis ml</i>	<i>STD mg/L</i>	<i>Turbiedad NTU</i>	<i>Color UTC</i>
<b>Mucilago de pitahaya</b>	0,16	69 %	94 %	93 %
<b>Floculante comercial</b>	0, 8	90 %	95 %	96 %
<b>Agua residual inicial</b>	500	1401	1057	5518

*Fuente: Paredes, T. (2021)*