

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y  
RECURSOS NATURALES**



**Tesis**

**Uso de harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) para remover la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao-2024**

Asesor:

Mg. Rodas Ccopa, Herbert

Autor:

Huaraca Flores, Luis Fernando

**Para optar el Título Profesional de:**

Ingeniero Ambiental

Andahuaylas – Apurímac – Perú

2025

# Acta de Sustentación



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 008

En la ciudad de Andahuaylas, a los 28 días del mes de febrero del 2025, siendo las 10:30am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Sub Directoral N° 006-2025-UTEA-FI-EPIARN/SD de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería.

Presidente:	Mag. Kristhel Jaylane Calderón Aedo
Dictaminante:	Ing. José Gabriel Barazorda Carrillo
Replicante:	Mag. Jessica Alvarado Ramos

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis       Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Uso de harina de cáscara de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) y Maracuyá (*Passiflora edulis*) para remover la turbidez en las aguas de la microcuenca del Rio Chumbao-2024.

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: Huaraca Flores Luis Fernando  
(Apellidos y Nombres)

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero ambiental  
(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Br. Huaraca Flores Luis Fernando	Aprobado

Siendo las 12:30 horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Kristhel Jaylane Calderón Aedo

(Firma)

Dictaminante: Ing. José Gabriel Barazorda Carrillo

(Firma)

Replicante: Mag. Jessica Alvarado Ramos

(Firma)

(\*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.  
(\*\*) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

## Reporte de similitud

Uso de harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) para remover la turbidez en las aguas de la Microcuenca del río Chumbao-2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>revistas.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	

## Metadatos

<b>Datos del Autor</b>		
Apellidos y nombres	:	Huaraca Flores, Luis Fernando
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Número de Documento de identidad	:	70397510
<b>Datos del Asesor</b>		
Apellidos y nombres	:	Mg. Rodas Ccopa, Herbert
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Número de Documento de identidad	:	40851862
URL ORCID (opcional)	:	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9646-2573">https://orcid.org/0000-0001-9646-2573</a>
<b>Datos de la Investigación</b>		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	:	Calidad Ambiental
Rangos de años que realizó la investigación	:	2023 - 2024
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de originalidad	:	22% con deposito
URL de OCDE	:	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a>

### **Dedicatoria**

A mi padre, por sus incesantes palabras de apoyo y por haberme enseñado valiosas lecciones de vida, dedico este logro a ti.

A mi madre, quien es mi mayor inspiración y me ha enseñado que con dedicación, esfuerzo y perseverancia se puede lograr cualquier cosa.

Agradezco a mi familia por su constante respaldo y aliento para alcanzar mi meta.

### **Agradecimiento**

Agradezco profundamente a mi familia por su constante apoyo y a todos los docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo a mi formación académica y ayudándonos a alcanzar la meta de convertirnos en profesionales competentes. Un agradecimiento especial a todos los docentes de la carrera de ingeniería ambiental y recursos naturales por su valiosa asesoría durante esta investigación.

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de turbidez del agua de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas. Para ello, se elaboraron ambas harinas mediante recepción, lavado, pelado, cortado, secado, molienda, tamizado y envasado, obteniendo 0.63 kg de harina de pitahaya y 0.83 kg de harina de maracuyá. Las pruebas experimentales se realizaron usando el método de test de jarras, aplicando dosis de 100, 120, 140, 160, 180 y 200 g/L de las harinas. Estos ensayos incluyeron una agitación rápida a 150 RPM por 15 minutos, una agitación lenta a 50 RPM por 5 minutos y un tiempo de sedimentación de 5 minutos. Los resultados revelaron que a la concentración de 200 g/L, la harina de cáscara de pitahaya redujo la turbidez de 279.2 UNT a 53.68 UNT, logrando una eficiencia de remoción del 81.46%. Por su parte, la harina de maracuyá a la misma dosis disminuyó la turbidez a 60.53 UNT, con una eficiencia del 79.13%. En el promedio de las muestras, la harina de pitahaya mostró una mayor eficiencia (81.10%) frente a la de maracuyá (78.42%). En conclusión, ambas harinas resultaron efectivas para remover la turbidez del agua en la microcuenca del río Chumbao, siendo la de pitahaya ligeramente más eficiente.

**Palabras clave:** turbiedad del agua, remoción de turbiedad, harina de cáscara de pitahaya amarillo, harina de cáscara de maracuyá amarillo.

## Abstract

The present study aimed to evaluate the efficiency of yellow pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) and yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) peel flours in removing turbidity from the water of the Chumbao River microbasin, Andahuaylas. To this end, both flours were prepared by receiving, washing, peeling, cutting, drying, grinding, sieving, and packaging, obtaining 0.63 kg of pitahaya flour and 0.83 kg of passion fruit flour. Experimental tests were conducted using the jar test method, applying doses of 100, 120, 140, 160, 180, and 200 g/L of the flours. These tests included rapid agitation at 150 RPM for 15 minutes, slow agitation at 50 RPM for 5 minutes, and a sedimentation time of 5 minutes. The results revealed that at a concentration of 200 g/L, pitahaya peel flour reduced turbidity from 279.2 NTU to 53.68 NTU, achieving a removal efficiency of 81.46%. Meanwhile, passion fruit flour, at the same dose, reduced turbidity to 60.53 NTU, with an efficiency of 79.13%. Averaging across samples, pitahaya flour showed greater efficiency (81.10%) than passion fruit flour (78.42%). In conclusion, both flours were effective in removing turbidity from water in the Chumbao River microbasin, with the pitahaya flour being slightly more efficient.

Keywords: water turbidity, turbidity removal, yellow pitahaya peel flour, yellow passion fruit peel flour.

## Índice

Portada.....	i
Acta de Sustentación.....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Anexos.....	xiv
<b>I. Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>II. Planteamiento del Problema.....</b>	<b>16</b>
2.1. Descripción y Formulación del Problema.....	16
2.2. Objetivos.....	18
2.2.1. Objetivo General.....	18
2.2.2. Objetivos Específicos.....	19
2.3. Justificación e Importancia.....	19
2.4. Hipótesis.....	21
2.4.1. Hipótesis General.....	21
2.4.2. Hipótesis Especificas.....	21
2.5. Variables.....	22
<b>III. Marco Teórico.....</b>	<b>24</b>
3.1. Antecedentes.....	24
3.2. Bases Teóricas.....	30

3.3.	Definición de Términos .....	53
<b>IV.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>55</b>
4.1.	Tipo y nivel de investigación .....	55
4.2.	Ámbito Temporal y Espacial .....	56
4.3.	Población y Muestra .....	58
4.4.	Instrumentos.....	58
4.5.	Procedimientos.....	61
4.6.	Análisis de Datos.....	74
4.7.	Consideraciones Éticas .....	74
<b>V.</b>	<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>75</b>
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>97</b>
<b>VII.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>99</b>
<b>VIII.</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>101</b>
<b>IX.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>112</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de las variables.....	23
<b>Tabla 2</b> Taxonomía de la pitahaya amarilla .....	31
<b>Tabla 3</b> Perú: calendario de la producción de pitahaya en los distintos departamentos productores del país (%).....	32
<b>Tabla 4</b> Evolución fisicoquímica proximal de la pitahaya amarilla en el Perú.....	33
<b>Tabla 5</b> Análisis físico químicos de la harina de cáscara pitahaya amarilla .....	34
<b>Tabla 6</b> Resultados de la obtención de la pectina en base seca.....	34
<b>Tabla 7</b> Clasificación taxonómica del maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> ).....	36
<b>Tabla 8</b> Mayores productores de maracuyá amarillo en el Perú .....	37
<b>Tabla 11</b> Composición proximal del maracuyá variedad amarilla ( <i>Passiflora edulis</i> ) (g/100 g de peso seco) .....	39
<b>Tabla 12</b> Resultados de la obtención de la pectina en base seca de la cáscara de maracuyá amarillo .....	39
<b>Tabla 13</b> Valores de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos del agua.....	41
<b>Tabla 14</b> Coordenadas del área de estudio .....	56
<b>Tabla 15</b> Materiales de vidrio.....	58
<b>Tabla 16</b> Materiales de plástico .....	59
<b>Tabla 17</b> Material de acero .....	59
<b>Tabla 18</b> Otros materiales .....	59
<b>Tabla 19</b> Insumos.....	60
<b>Tabla 20</b> Equipos de protección personal.....	60
<b>Tabla 21</b> Reactivos.....	60
<b>Tabla 22</b> Equipos .....	61
<b>Tabla 23</b> Tipo de coagulante, tipo de agua y dosis de coagulante.....	68
<b>Tabla 24</b> Características del agua madre .....	68
<b>Tabla 25</b> Métodos de mezcla.....	69
<b>Tabla 26</b> Turbidez inicial del agua de la Microcuenca del río Chumbao .....	78

<b>Tabla 27</b> Test de jarras para la harina de cáscara de pitahaya ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ).....	79
<b>Tabla 28</b> Prueba de normalidad .....	81
<b>Tabla 29</b> Prueba Análisis de varianza (ANOVA) para la harina de cáscara de pitahaya amarilla.....	82
<b>Tabla 30</b> Prueba HSD de Tukey para la harina de cáscara de pitahaya amarilla.....	83
<b>Tabla 31</b> Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> ).....	85
<b>Tabla 32</b> Prueba Análisis de varianza (ANOVA) para la harina de cáscara de maracuyá amarillo .....	87
<b>Tabla 33</b> Prueba HSD de Tukey para la harina de cáscara de maracuyá amarillo .....	88
<b>Tabla 34</b> Eficiencia de coagulación de la harina de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> ).....	90
<b>Tabla 35</b> Prueba T Student para comprobar la eficiencia .....	92
<b>Tabla 36</b> Cuadro comparativo de la eficiencia de coagulación de las harinas de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ) y maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> ) .....	93
<b>Tabla 37</b> Prueba T Student al comparar la harina de cáscara de pitahaya amarilla y harina de cáscara de maracuyá amarillo.....	95

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Aspecto físico de la pitahaya en el Perú.....	31
<b>Figura 2</b> Endocarpio y exocarpio en la cáscara de maracuyá amarillo .....	35
<b>Figura 3</b> Neutralización de coloides .....	44
<b>Figura 6</b> Interacción intermolecular entre el electrón de la molécula de colorante y el grupo hidroxilo del polisacárido.....	51
<b>Figura 7</b> Representación esquemática de la molécula de colorante con polímero .....	52
<b>Figura 8</b> Diagrama del diseño experimental .....	55
<b>Figura 9</b> Ubicación geográfica del punto de la toma de muestra .....	57
<b>Figura 10</b> Diagrama de flujo cualitativo de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus) .....	62
<b>Figura 11</b> Diagrama de flujo cualitativo de la harina de cáscara de maracuyá amarillo (Passiflora edulis) .....	65
<b>Figura 12</b> Diagrama de flujo cuantitativo de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus) .....	75
<b>Figura 13</b> Diagrama de flujo cuantitativo de la harina de cáscara de maracuyá amarillo (Passiflora edulis) .....	77
<b>Figura 14</b> Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus).....	80
<b>Figura 15</b> Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara maracuyá (Passiflora edulis) .....	86
<b>Figura 16</b> Gráfico que muestra los resultados de la eficiencia entre la harina de cáscara de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (Passiflora edulis) .....	90
<b>Figura 17</b> Gráfico comparativo de la eficiencia de remoción de harina de cáscara de pitahaya amarilla (Hylocereus megalanthus) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (Passiflora edulis) .....	94

## Índice de Anexos

<b>Anexo 01</b> Matriz de consistencia.....	111
<b>Anexo 02</b> Ficha campo para ubicación del muestra .....	113
<b>Anexo 03</b> Ficha de observación .....	114
<b>Anexo 04</b> Cadena de custodia .....	115
<b>Anexo 05</b> Ficha de validación .....	116
<b>Anexo 06</b> Instrumentos de laboratorio.....	122
<b>Anexo 07</b> Informe de resultados fisicoquímicos del agua .....	123
<b>Anexo 08</b> Informe de resultados del análisis de laboratorio.....	124
<b>Anexo 09</b> Informe de calibración de equipo .....	126
<b>Anexo 10</b> Resultados de la obtención de la eficiencia de remoción .....	128
<b>Anexo 11</b> Volumen y concentración de la dosis .....	129
<b>Anexo 12</b> Cálculo de liberación de agua en proceso del secado.....	130
<b>Anexo 13</b> Evidencias fotográficas .....	131

## I. Introducción

La turbidez del agua es un problema ambiental significativo que afecta la calidad del agua en diversas microcuencas, incluyendo la del río Chumbao. Este fenómeno obedece a la presencia de partículas en suspensión, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica, las cuales generan efectos adversos en los ecosistemas acuáticos y comprometen la salud de las poblaciones que dependen de estos cuerpos de agua. En este contexto, el uso de materiales naturales y sostenibles para la remoción de turbidez ha cobrado relevancia. La harina de cáscara de pitahaya y maracuyá se presenta como una alternativa prometedora debido a sus propiedades de remoción y su bajo impacto ambiental. Estas cáscaras, que a menudo son desechadas en la industria alimentaria, contienen compuestos que pueden ayudar a aglomerar y sedimentar las partículas suspendidas en el agua, mejorando así su calidad. Este estudio se propone determinar la eficacia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarillo en la reducción de la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, analizando no solo su eficiencia de remoción, sino también su potencial para promover un manejo sostenible de los recursos naturales en la región. A través de este enfoque, se busca contribuir a la conservación del ecosistema acuático y al bienestar de las comunidades locales, al tiempo que se fomenta la valorización del producto agrícola.

## II. Planteamiento del Problema

### 2.1. Descripción y Formulación del Problema

La turbidez del agua representa un importante desafío ambiental en diversas partes del planeta, impactando los ecosistemas acuáticos, la salud de las personas y la disponibilidad de agua potable. En la última década, la contaminación de los ríos ha aumentado tres veces, evidenciando distintos elementos que perjudican su calidad, como los sólidos totales, turbidez y otros Delegido et al. (2019).

En Perú, la turbidez del agua se debe a múltiples factores. Uno de los principales es la contaminación generada por actividades mineras, sí como a la actividad antrópica, erosión de los suelos sobre todo por desechos domésticos inorgánicos u orgánico y también las aguas residuales urbanas, y el uso de fertilizantes en la agricultura. Además, existen causas naturales que contribuyen a este problema, como la erosión de las capas superficiales de los ríos y sus márgenes. Estas situaciones provocan la aparición de materia suspendida, tanto orgánica como inorgánica, incluyendo sedimentos, arcilla y plancton, lo que resulta en un aumento del color del agua y la creación de aguas turbias. Para proteger la salud pública y el medio ambiente, es fundamental llevar a cabo un tratamiento adecuado de estas aguas.

En ese sentido es fundamental manejar adecuadamente el agua turbia, reduciendo su presencia y utilizando tecnologías sostenibles en los cuerpos de agua para disminuir de forma significativa la polución causada por la turbidez.

A nivel provincial en Andahuaylas, el río Chumbao y sus afluentes están sufriendo un aumento en la contaminación debido a múltiples factores, como el vertido de aguas residuales domésticos sin tratar, las actividades de extracción de material, la erosión del suelo, las actividades antrópicas y la deforestación. Estas actividades han ocasionado la liberación de sedimentos, nutrientes y sustancias químicas en el agua, lo que ha generado un aumento significativo en la turbidez del río Chumbao Choque et al. (2021). Cabe destacar que el río Chumbao constituye

una de las fuentes principales de agua para el distrito de Andahuaylas, ya que provee el recurso hídrico necesario para la agricultura en los sectores de los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera. De manera particular, las zonas que utilizan el agua del río para riego incluyen Poltocha, Champaccocha, Lliupapuquio, Totoral, Pochccota, Unión Chumbao, Barrio Magisterial, Santa Rosa y Chumbibamba ANA (1992). Se ha observado que este río presenta altos niveles de turbidez, lo que afecta directamente la calidad de los productos cultivados en la región, los cuales se comercializan tanto en el mercado provincial como distrital, poniendo en peligro la salud pública. La agricultura desempeña un papel fundamental en la región, lo que obliga a los productores a recurrir al uso de esta agua; no obstante, surge un problema significativo, ya que el recurso hídrico empleado para el riego no recibe ningún tipo de tratamiento.

Ante esta situación, se presenta la necesidad de encontrar soluciones sostenibles que ayuden a reducir la turbidez del agua, lo que facilitaría su utilización en actividades agrícolas. El objetivo de este trabajo de investigación es proporcionar los conocimientos necesarios para tratar la turbidez en el agua de la microcuenca del río Chumbao, empleando coagulantes naturales, lo que podría representar una alternativa ecológica y amigable con el medio ambiente. Además, se busca proporcionar información relacionada con el estudio de la harina obtenida de la cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarilla, empleando la variedad de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*). Se aplicarán métodos innovadores que aprovechen recursos naturales descartados para remover la turbidez. Este trabajo servirá como fundamento para investigaciones futuras que incentiven el desarrollo de tecnologías sostenibles orientadas a reducir la turbiedad.

### **2.1.1. Formulación del Problema**

#### **2.1.1. Problema General**

- ¿Cuál es la eficiencia de la harina de cáscara de pitahaya amarillo (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas?

#### **2.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Como será el procedimiento para la obtención de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cascará de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)?
- ¿Cuál será la dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) que permite remover la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao?
- ¿Cuál será la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) que permite remover la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao?
- ¿La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) sera más eficiente que la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao?

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo General**

- Determinar la eficiencia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

### 2.2.2. Objetivos Específicos

- Obtener harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*).
- Determinar la dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) que permite remover la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.
- Determinar la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) que permite remover la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.
- ¿Comparar la eficiencia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de la turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas?

### 2.3. Justificación e Importancia

El estudio presentado tiene gran trascendencia, ya que permite desarrollar estrategias nuevas para abordar la problemática de las aguas turbias. El efluente de la microcuenca del río Chumbao se caracteriza por contener altas concentraciones de partículas en suspensión, lo que requiere un tratamiento adecuado para facilitar en el futuro el acceso a agua limpia y clara, beneficiando especialmente a quienes dependen del río para sus actividades agrícolas. Ante esta problemática, se propone reducir el nivel de contaminación mediante la remoción de la turbidez, para lo cual resulta más conveniente emplear compuestos orgánicos derivados de plantas, como la cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarillo. Además, esta investigación contribuye a la conservación y estudio de la diversidad de plantas silvestres en la provincia.

Asimismo, esta investigación tiene aplicaciones sociales, al contribuir a la solución de problemas en la provincia de Andahuaylas el cual se enfrenta

actualmente a un grave problema de contaminación ambiental, originado por diversos factores como el vertido de aguas residuales sin tratamiento, la agricultura masiva, la erosión del suelo y la deforestación. Estas actividades han provocado la existencia de partículas suspendidas en el agua, lo que incrementa su turbidez. De acuerdo con el estudio realizado por Choque et al. (2021), sobre el “Índice de calidad de agua en la microcuenca altoandina del río Chumbao”, se observó que, entre todos los parámetros analizados, la turbidez presentó unos de los valores más elevado y no hay estudio realizado que aborden la remoción de la turbiedad del río Chumbao. Por ello, dicho trabajo se tomó como referencia para el desarrollo de la presente investigación, centrándose en el análisis del parámetro de turbidez en la zona de estudio.

La aplicación de la cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarillo se utiliza como coagulante natural para tratar el agua, por ser capaz de remover la turbidez y otros contaminantes de manera eficaz, ecológica y económica. Estos productos naturales contienen grupos funcionales y cationes capaces de neutralizar las cargas negativas de las partículas suspendidas, lo que favorece su coagulación y permite su posterior sedimentación. Asimismo, al ser materiales comunes, biodegradables y abundantes en la región, su uso no solo genera nuevas estrategias para el tratamiento del agua, sino que también contribuye a valorizar estos residuos, disminuir la contaminación ambiental y reducir la dependencia de coagulantes químicos costosos y potencialmente dañinos para la salud porque los productos cultivados se comercializan tanto en el mercado provincial como distrital, poniendo en peligro la salud de la población. Esto se alinea con la creciente conciencia ambiental y la búsqueda de soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Finalmente, bajar la turbidez del agua en la microcuenca del río Chumbao representa un desafío significativo para la sostenibilidad de nuestra provincia. Por ello, esta investigación es viable porque se utiliza equipos de medición que permiten

evaluar de manera precisa los parámetros contemplados en esta investigación. Además, se dispuso de abundante información relativa al proceso de coagulación mediante el uso de coagulantes naturales, lo que constituyó el principal sustento para la realización de los experimentos. El estudio también resulta socialmente viable, ya que está orientado a favorecer a los pobladores de los distritos de “San Jerónimo”, “Andahuaylas” y “Talavera”, quienes emplean el agua del río Chumbao para el riego, proponiendo una alternativa sostenible que contribuya a mejorar la calidad del agua en la microcuenca.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

- La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) son eficientes en la remoción de turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- Se puede obtener harina a partir de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)
- Las dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.
- Las dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.
- La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) tendrá mayor eficiencia de remoción de turbiedad que la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*).

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla y harina de cáscara de maracuyá amarillo.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

- Porcentaje de remoción de turbiedad

Tabla 1

## Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unid	
Variable independiente	Dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla y cáscara maracuyá amarillo	Es la cantidad óptima de polímeros naturales o polisacáridos extraídos de la harina de cáscara de pitahaya y maracuyá que se emplea como coagulante en el proceso de coagulación y floculación con el propósito de atrapar y aglutinar los flóculos, facilitando así su sedimentación y posterior remoción del agua.	La dosis de coagulante elaborada a partir de harina de cáscara de pitahaya y maracuyá se aplica directamente sobre la superficie del agua disponible; a medida que se aumenta la cantidad utilizada, se observa un aumento en la formación de flóculos, lo que evidencia su efectividad en la remoción.	Condiciones de Tratamiento	Dosis de harina de pitahaya y maracuyá	g/L
Variable Dependiente	Porcentaje de remoción de turbidez	El porcentaje de remoción de turbidez es una medida cuantitativa de la eficacia de un proceso de tratamiento de agua para reducir su turbidez, definida como el grado de claridad del agua afectado por la prevalencia de materiales en suspensión que obstruyen el paso de la luz.	Es la disminución en la cantidad de partículas en suspensión (responsables de la turbidez) tras un proceso de tratamiento determinado, expresado como un porcentaje respecto a la concentración inicial. Para calcular este porcentaje, compare la concentración de turbidez del agua antes y después de aplicar el tratamiento).	Reducción de turbidez	% Porcentaje de remoción de turbidez	%

### III. Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes

##### 3.1.1. A Nivel Internacional

Trang et al. (2024), en su artículo titulado "Pectina de residuos de frutas como coagulante natural para el tratamiento de materia orgánica y turbidez en aguas residuales". En esta investigación, se recolectaron cáscaras de frutas como toronja (GF), naranja (OC), pitahaya (DF), maracuyá (PF) y manzana (AP), provenientes de mercados locales para extraer pectina, la cual se combinó posteriormente con clorhidrato de polialuminio (PAC) para tratar el agua. Se analizaron las condiciones óptimas de extracción, incluyendo la proporción material/disolvente, el pH y el tiempo, para determinar el contenido de pectina obtenido de cada tipo de cáscara. Los resultados indicaron que el maracuyá proporcionó el mayor porcentaje de pectina (12,2%), seguida por la toronja (10,4%), la naranja (10,2%), la pitahaya (8,6%) y finalmente la manzana (6,3%). Por otro lado, el grado de esterificación mostró una tendencia inversa, señalando que las cáscaras de manzana, pitahaya y naranja contenían pectina con alto contenido de metoxilo, mientras que la toronja y el maracuyá tenían pectina con bajo contenido de metoxilo. En los ensayos de tratamiento de agua, la demanda química de oxígeno (DQO) mejoró progresivamente al combinar PAC con pectina a una concentración de 15 mg/L. La eficiencia de eliminación aumentó en un 30% para la pitahaya, alrededor del 50% para la toronja y la naranja, 58,2% para el maracuyá y hasta un 82,3% para la manzana. En cuanto a la reducción de la turbidez, la pectina extraída de las cáscaras de naranja, maracuyá y manzana mostró eficiencias de eliminación del 58,1%, 67,6% y 83,8%, respectivamente. En conclusión, los resultados sugieren que la pectina es un coagulante natural prometedor que merece una mayor investigación para su aplicación en la depuración de aguas residuales.

Lopez et al. (2020), en su artículo "Rendimiento de coagulantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas residuales lácteas mediante flotación por aire disuelto". En esta investigación, se prepararon,

caracterizaron y aplicación de semillas maduras de okra y maracuyá como coagulantes naturales, empleadas en procesos de coagulación integrados con flotación por aire disuelto (C/DAF) para el tratamiento de aguas residuales sintéticas originadas en la industria láctea (SDW). El proceso de coagulación con flotación por aire disuelto (C/DAF) fue optimizado al usar el diseño compuesto central (CCD), considerando la dosis del coagulante y el pH como variables independientes. La eficacia del tratamiento se evaluó mediante la reducción de la turbidez y la demanda química de oxígeno (DQO), tomadas como variables dependientes, y se elaboraron modelos de regresión para predecir estos resultados. Los parámetros óptimos para maximizar la eliminación de turbidez y DQO eran una dosis de okra de 2,0 g/L a pH 9,00, y una dosis de semillas de maracuyá de 1,3 g/L a pH 5,00. La okra logró reducir la turbidez en un 91,1 % y la DQO en un 48,3 en tanto que las semillas de maracuyá registraron reducciones del 91,5 en turbidez y 50,3 % en DQO. En conclusión, las semillas de okra y maracuyá demostraron ser fuentes viables y prometedoras para obtener coagulantes naturales, ofreciendo una alternativa a los coagulantes metálicos y contribuyendo a la reducción de residuos agroindustriales.

Mayra (2022), en su trabajo de investigación titulada “Evaluación de la pitahaya amarilla (*Hylocereus Megalanthus*) como floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavado vehicular”. Su objetivo fue analizar la efectividad del mucílago extraído de los cladodios de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis haw*) como floculante natural para tratar aguas residuales generadas por el lavado de automóviles. Se empleó una metodología experimental, recolectando datos tanto en campo como en laboratorio. El mucílago se extrajo tras limpiar, descortezar, triturar y macerar los cladodios de pitahaya. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Química de la Pontificia “Universidad Católica del Ecuador” Sede Ibarra, utilizando agua residual proveniente de una lavadora de autos. Al inicio, se efectuaron pruebas comparativas con distintas concentraciones de mucílago y agua residual para determinar el proceso y las dosis óptimas, estableciendo así una relación volumétrica adecuada entre mucílago y agua. La eficiencia del mucílago se evaluó mediante el método de jarras, observándose

reducciones del 94% en la turbidez, 69% en sólidos totales disueltos y 93% en el color del agua. Estos resultados se compararon con los obtenidos por un floculante comercial (FLOC). En conclusión, los resultados demostraron que el mucílago fresco de los cladodios de pitahaya tiene un impacto significativo en la eliminación de partículas suspendidas, lo que lo posiciona como una opción viable para tratar las aguas residuales.

Huertas (2022), en su trabajo de investigación titulado “Utilización del aloe vera y la cáscara de pitahaya amarilla como coagulante para el tratamiento de aguas para el consumo humano”. El objetivo fue utilizar el aloe vera y la pitahaya amarilla en el proceso de remoción de la turbiedad del agua para el consumo humano. Para realizar este estudio se preparó los coagulantes, se calculó la dosis y se realizó por el método del test de jarras, se empleó un tiempo de mezcla de 1 minuto a 100 rpm y una mezcla lenta de 15 minutos a 40 rpm. Para la pitahaya amarilla se obtuvo que la dosis de 40 mg/L es la más eficaz con un 87.40% y el aloe vera con una dosis de 120 mg/L se obtuvo un porcentaje de 87.83% de remoción de turbidez. En conclusión, el uso de floculante naturales para el tratamiento de agua potable, puede ser efectivo debido al porcentaje de remoción que presento el aloe vera y la pitahaya amarilla.

Syed et al. (2018), en su artículo “uso de cáscaras de fruta del dragón como coagulantes ecológicos para aguas residuales” El objetivo fue investigar la capacidad de las cáscaras de fruta del dragón para actuar como coagulantes, evaluando su eficacia en la reducción de turbidez, sólidos disueltos totales (TDS) y sólidos suspendidos totales (TSS) en aguas residuales. En la metodología se utilizaron dos tipos de fruta del dragón: pulpa rosa púrpura (DFPP) y pulpa blanca (DFPW). Ambos se aplicaron al lixiviado en diferentes concentraciones, desde 10 hasta 90 mg/L, empleando el método estándar de prueba de jarra. Se registraron los tiempos de sedimentación y se midieron la turbidez, TDS y TSS mediante instrumentos específicos. Resultados y análisis La DFPW alcanzó una eliminación del 67% en turbidez, 69% en TDS y 36% en TSS con una dosis óptima de 90 mg/L. Por otro lado, la DFPP logró reducir la turbidez en un 60% y los TSS en un 23% con una dosis óptima de 50 mg/L, además de eliminar el 65% de los TDS con una

dosis de 90 mg/L. Se observó que el porcentaje de remoción mejoraba conforme aumentaba el tiempo de sedimentación, aunque no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de fruta del dragón. Conclusión los resultados indican que las cáscaras de fruta del dragón presentan un buen potencial para ser empleadas como coagulantes ecológicos en la depuración de aguas residuales.

### **3.1.2. A Nivel Nacional**

Sifuentes (2019), en su investigación “Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la remoción de la turbidez de una solución modelo”. Tuvo como objetivo evaluar la remoción de turbidez utilizando un coagulante natural, que se extrajo de la semilla de maracuyá. Se establecieron como factores de estudio la dosis del coagulante (5 ml – 15 ml), la granulometría de las semillas (fina y gruesa) y los niveles de turbidez (85 NTU – 230 NTU), por su posible influencia en la eficiencia del proceso de coagulación. La simulación del tratamiento se efectuó usando la prueba de las jarras, manteniendo constantes variables operativas como la velocidad de agitación, el tiempo y el periodo de sedimentación. Con un nivel inicial de turbidez de 85 NTU, se obtuvieron resultados satisfactorios al utilizar una dosis de 5 ml de coagulante y semillas con granulometría fina, lo que demuestra la eficiencia de esta combinación en la reducción de la turbidez. Para un nivel de turbidez de 230 NTU, los mejores resultados se obtuvieron al aplicar una dosis de 15 ml y utilizar semillas con granulometría gruesa, alcanzando una remoción de turbidez superior al 60% y 80%, respectivamente. A partir del trabajo de investigación sé que el coagulante empleado representa una opción sostenible para la purificación del agua.

Bautista (2019), en su investigación “Uso de harina de pitahaya (*Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer), melocactus (*Melocactus peruvianus* Vaupel) y penco (*Opuntia macbridei* Britton & Rose) para remover turbidez en agua sin tratamiento destinada para el consumo humano en la localidad de Florida Pomacochas – Amazonas”. El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la remoción de la turbidez en agua para el consumo humano utilizando harina de cáscara de pitahaya,

melocactus y penco en Amazonas, Perú. Se usó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y 5 repeticiones cada uno. El primer tratamiento (T1) consistió en la aplicación de melocactus a una concentración de 90 mg/L; el segundo (T2) empleó pitahaya en la misma dosis; el tercero (T3) utilizó penco también a 90 mg/L; mientras que el cuarto (T4) se consideró como testigo. El agua, en un volumen total de 20 litros, fue recolectada en el Centro “Poblado San Lorenzo”, distrito de La Florida, conforme al protocolo de monitoreo de calidad sanitaria de recursos hídricos establecido por DIGESA. Las cactáceas fueron recolectadas en los distritos de Bagua, Valera y Bagua Grande obteniéndose un kilogramo por especie y trasladándolas al laboratorio en bolsas plásticas. En el laboratorio, se procesaron para elaborar harinas, y se realizaron mediciones de turbidez, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, registrando los valores previos y posteriores a la aplicación de los tratamientos. El tratamiento más eficaz resultó ser el segundo, correspondiente al usar pitahaya a una concentración de 90 mg/L, alcanzando una reducción de turbidez del 37.79 %. Este valor fue significativamente superior al de los demás tratamientos, conforme a los resultados de la prueba de Dunnett ( $p = 0.05$ ). Además, la administración de los tratamientos no alteró de manera significativa las características organolépticas como pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, manteniéndose todos los valores dentro de los Límites Máximos Permisibles para agua destinada al consumo humano. En conclusión, el tratamiento con mayor eficacia fue el que empleó pitahaya a una concentración de 90 mg/L.

Pereyra et al. (2023), en su tesis denominado “Evaluación de efectividad de la Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) como coagulante en la remoción de turbidez y TDS en aguas del río Lambayeque”, se propuso por objetivo principal analizar la capacidad de la pitahaya como coagulante natural para disminuir la turbidez y los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua de dicho río. Para ello, se aplicaron distintas dosis del coagulante extraído de pitahaya (90, 120 y 150 mg/L) y se evaluaron tres tiempos de contacto (10, 15 y 20 minutos). El procedimiento consistió en preparar 9 muestras de agua sin tratar y 9 de polvo de pitahaya, distribuidas en tres grupos según la dosis. Se utilizó como

metodología la prueba de jarras, comenzando con una agitación rápida a 200 rpm por 1 minuto, seguida de una agitación más lenta a 100 rpm por los tiempos establecidos. Cada ensayo se replicó tres veces. Tras dejar sedimentar las muestras durante 30 minutos, se separó el agua clarificada del sedimento y se midieron los valores de turbidez y TDS antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron que la mayor remoción de turbidez (82,6%) se logró con una dosis de 90 mg/L y un tiempo de 15 minutos, reduciendo la turbidez de 228 UNT a 39,8 UNT. Para los TDS, la máxima eficiencia de remoción fue del 30,8% con la misma dosis, pero a los 10 minutos, bajando de 390 mg/L a 270 mg/L. Apartir de estos resultados, Concluyó que el coagulante natural de pitahaya es altamente efectivo para reducir tanto la turbidez como los TDS en el agua del río Lambayeque.

López (2023), en su trabajo de investigación titulada “Remoción de la turbidez presente en el río Utcubamba de la localidad de Pedro Ruiz Gallo-Amazonas mediante el coagulante natural elaborado de la penca de *Hylocereus Megalanthus* (pitahaya amarilla) en el año 2023”, su objetivo fue remover la turbidez presente en el río Utcubamba mediante el coagulante natural elaborado de la penca de *Hylocereus Megalanthus*. Se adoptó un diseño experimental factorial a fin de organizar y distribuir los tratamientos, dando lugar a un total de cuatro ensayos correspondientes a los cuatro niveles de dosis evaluados en el experimento: 75 mg/L, 90 mg/L, 105 mg/L y 120 mg/L. El experimento se realizó por triplicado, alcanzando así un total de 12 ensayos, empleando 4.8 L de muestra de agua de río. La solución coagulante se preparó un concentrado del 0.5 %, disolviendo 2.5 g de polvo proveniente de la penca de *Hylocereus megalanthus*. Para simular el proceso de coagulación y floculación, se utilizó un floculador VELP modelo FP4 portátil. Por último, se recolectó un volumen de 40 mL del sobrenadante para evaluar la turbidez y otros parámetros complementarios. La dosis que mostró el mejor resultado en la remoción de turbidez fue la de 75 mg/L, con una eficiencia del 63.46%. en conclusión, la cáscara de *Hylocereus Megalanthus* si remueve la turbidez del río Utcubamba de la localidad de Pedro Ruiz Gallo-Amazonas.

García (2023), en su trabajo de investigación titulada "Eficiencia de dos tipos de coagulantes a base de cáscara de naranja y maracuyá para el tratamiento de aguas residuales en el anexo de Cocachimba, Amazonas". El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia del uso de dos tipos de coagulantes a base de harina de cáscara de naranja y maracuyá como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales. Se diseñó un sistema para tratar las aguas residuales empleando el AutoCAD, y se procedió a la evaluación de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Los análisis mostraron diferencias notables en los valores de sólidos totales (ST), DQO, coliformes totales (CT) y pH, siendo este último más bajo en el coagulante de naranja (5.21) y más alto en el de maracuyá (8.54). En cuanto a los sólidos totales, el coagulante de maracuyá presentó un valor de 0.45 mg/L, mientras que el de naranja alcanzó 1900 mg/L. Los valores de DBO5 fueron de 47.21 mg/L y 82.75 mg/L, ambos correspondientes al coagulante de maracuyá. Para la DQO, se registraron 80.78 mg/L en maracuyá y 1102.5 mg/L en naranja. Finalmente, los aceites y grasas alcanzaron 2.2 mg/L en maracuyá y 52.9 mg/L en naranja. Respecto a la eficiencia, el mayor porcentaje se observó en el pH (18.25% y 7.14%), en los sólidos totales (88.26% y 87.39%) y en aceites y grasas (40.58% y 39.02%) para los coagulantes de naranja y maracuyá, respectivamente. Se concluye que ambos coagulantes resultaron efectivos en ciertos parámetros, dependiendo de su aplicación específica.

## **3.2. Bases Teóricas**

### **3.2.1. Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*)**

Según Pereyra et al. (2023), la pitahaya, comúnmente conocida por "Fruta del Dragón", posee características exóticas cuya relevancia radica en sus propiedades físico-químicas, nutricionales y compuestos bioactivos, lo que la clasifica como un alimento funcional. Se destaca por sus óptimas propiedades organolépticas y su valor comercial. Esta fruta se cultiva en zonas tropicales y subtropicales de América Latina, y en su forma silvestre se localiza en países como Colombia, México, Brasil, Ecuador, Venezuela y

Costa Rica. Asimismo, se cultivan especies de pitahaya en Perú, Bolivia, Vietnam, Uruguay, Curazao y Panamá.

La pitahaya procede de la familia “cactáceas” y se encuentra principalmente en dos géneros distintos: "Hylocereus" y "Selenicereus". Las variedades que se cultivan y comercializan con mayor frecuencia pertenecen al género Hylocereus, que incluye aproximadamente 16 especies diferentes.

### Figura 1

*Aspecto físico de la pitahaya en el Perú.*



*Nota: Verona et al. (2020).*

#### 3.2.1.1. Clasificación Taxonómica de la Pitahaya

**Tabla 2**

*Taxonomía de la pitahaya amarilla*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División:	Angiospermas
Clase:	Magnoliophita
Orden:	Caryophyllale
Familia:	Cactaceae
Género:	Hylocereus
Nombre científico:	Hyocereus megalanthus

*Nota: Verona et al. (2020).*

### 3.2.1.2. Variedades de Pitahaya

Verona et al. (2020), menciona que las variedades que se cultivan y comercializan con mayor frecuencia pertenecen al género *Hylocereus*, que incluye aproximadamente 16 especies diferentes. Entre las más populares son:

*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose presenta flores que pueden alcanzar hasta 29 cm de longitud, con un color que varía entre verde y amarillo verdoso, y segmentos internos del perianto de un blanco puro. Su fruto se caracteriza por tener una piel de tono rojo-rosa y una pulpa blanca, además de estar cubierto en las puntas por bractéolos de colores rojo y verde. La longitud promedio del fruto oscila entre 11,3 y 14,2 cm, mientras que su circunferencia varía entre 25,5 y 29,1 cm.

La especie *Hylocereus megalanthus* se distingue por sus flores blancas, que son muy largas, midiendo entre 32 y 38 cm, una longitud mayor que la de otras especies. El fruto se distingue por su cáscara amarilla con espinas y una pulpa blanca y jugosa. En contraste, *Hylocereus monacanthus* tiene flores que alcanzan entre 25 y 30 cm de longitud, con segmentos externos del perianto de tonalidad rojiza, particularmente en las puntas, y lóbulos estigmáticos de color amarillento. Su tamaño oscila entre los 10 y 12 cm de diámetro.

### 3.2.1.3. Principales Regiones del Perú Productores de Pitahaya Amarilla

**Tabla 3**

*Perú: calendario de la producción de pitahaya en los distintos departamentos productores del país (%)*

País	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Amazonas	--	--	7,0	8,4	9,7	12,1	12,4	10,1	11,3	9,7	9,4	9,7
Ica	--	8,6	28,6	44,8	4,9	13,1	--	--	--	--	--	--
La Libertad	--	--	27,5	37,9	11,0	8,6	4,0	5,8	5,3	--	--	--

País	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Lima	5,8	30,3	24,0	17,6	3,8	3,0	2,1	1,1	2,0	--	--	10,2
Moquegua	6,4	8,3	10,1	2,6	--	15,4	15,4	7,7	--	--	17,7	16,3
Piura	5,5	7,7	9,6	2,8	--	13,2	13,2	8,4	1,8	1,5	18,8	17,6

Nota: Dirección de Política Agrarias (2024).

Las cosechas se realizan en el departamento de Lima, principal productor del país, durante 10 meses del año, destacando que el 71,6% de la producción anual ocurre entre febrero y abril. En Moquegua, el departamento más reciente en la producción de pitahaya, las cosechas se distribuyen en nueve meses sin una concentración significativa en meses específicos. En Piura, productor desde 2022, las cosechas se realizan en 11 meses, con una mayor actividad en los períodos de junio-julio y noviembre-diciembre.

#### 3.2.1.4. Composición Química de la Cáscara Pitahaya

**Tabla 4**

*Evolución fisicoquímica proximal de la pitahaya amarilla en el Perú*

Parámetros	Pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ) % base seca
Sólidos totales	---
Agua	---
Proteína total	1.44 ± 0.47
Extracto de eter	2.63 ± 0.42
Ceniza	3.63 ± 0.28
Fibra cruda	8.17 ± 0.54
Carbohidratos	84.13 ± 4.28
Valor calórico (Kcal)	---

Nota: Obregón et al. (2021).

### 3.2.1.5. Composición Fisicoquímica de la Harina de Cáscara de Pitahaya

Enríquez et al. (2022), muestra el análisis químico de harina de la cáscara, el cual enfocan a los parámetros de estudio de la norma NTE INEN 470, de la pitahaya. Asimismo, se llevan a cabo los ensayos siguiendo un método estandarizado que se detalla en cada parámetro, según la tabla 5.

**Tabla 5**

*Análisis físico químicos de la harina de cáscara pitahaya amarilla*

Parámetros	Unidad	Resultados
Proteína	%	9.92 ± 0.10
Humedad	%	6.66
Grasa	%	1.63
Cenizas	%	14.65
Fibra	%	27.28
Carbohidratos totales	%	67.14

*Nota:* Enríquez et al. (2022).

### 3.2.1.6. Contenido de Pectina en la Cáscara de Pitahaya Amarilla

Según Vargas (2019), en su investigación obtuvo la pectina de la cáscara de pitahaya.

**Tabla 6**

*Resultados de la obtención de la pectina en base seca*

Cáscara de pitahaya	Pectina seca (g)
2,0256 g	0.4794 g

*Nota:* Vargas (2019).

### 3.2.2. Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

Campos et al. (2023), maracuyá (*Passiflora edulis*) es una especie frutal de hábito trepador, con estructura leñosa y carácter perenne, adscrita a la familia "*Passifloraceae*". Nativa de la región tropical de América, especialmente Brasil, es un cultivo muy valorado tanto para el consumo directo como para la industria, debido a su uso en la elaboración

de jugos, jaleas y helados. Este fruto tiene una gran relevancia económica por su calidad y alto rendimiento en procesos industriales. Las dos principales variedades cultivadas globalmente son el maracuyá amarillo “*Passiflora edulis f. flavicarpa*” y el maracuyá morado “*Passiflora edulis f. edulis*”. la actividad antioxidante de la fruta y a sus posibles beneficios para la salud.

Campos et al. (2023), también menciona que la variedad de maracuyá más cultivada y reconocida es el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener), que representa aproximadamente el 95% de la producción comercial mundial de esta fruta. Esta especie se adapta bien a altitudes bajas, pero su rendimiento disminuye en zonas más elevadas debido a su sensibilidad al frío. El fruto pesa cerca de 60 gramos presenta una forma redondeada u ovalada, con manchas amarillas moteadas que evolucionan hacia un tono dorado al alcanzar la madurez. Su pulpa es jugosa y de textura gelatinosa, con tonalidades que varían del amarillo al naranja, y contiene semillas pequeñas, duras y de color marrón. Por otro lado, el maracuyá morado se cultiva en altitudes más altas; sus frutos, de 4 a 5 cm de diámetro, son de un púrpura intenso al madurar y pesan entre 35 y 45 gramos, con semillas negras. Esta variedad destaca por su sabor y su valor nutricional.

## Figura 2

*Endocarpio y exocarpio en la cáscara de maracuyá amarillo*



*Nota:* Campos et al. (2023).

### 3.2.2.1. Clasificación Taxonómica del Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

**Tabla 7**

*Clasificación taxonómica del maracuyá amarillo (Passiflora edulis)*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Violales
Familia	Passifloraceae
Género	Passiflora
Supersección	Passiflora
Serie	Passiflora
Especie	Passiflora Edulis

*Nota:* Sifuentes (2019).

### 3.2.2.2. Variedades de Maracuyá

Según Campos et al. (2023), las variedades más consumidas son:

- **Maracuyá amarillo**
- **Pulpa:** El maracuyá fresco está constituido en un 73% por agua, un 22% por carbohidratos, un 2% por proteínas y un 0,7% por grasas. Esta fruta se distingue por su alta acidez, presentando un pH de aproximadamente  $3,10 \pm 0,054$  y una acidez total de  $3,48 \pm 0,069\%$ , atribuida principalmente a la presencia predominante de los ácidos cítrico y málico. Además, posee un contenido de sólidos solubles de  $12,43 \pm 0,15$  °Brix.
- **Cáscara:** La piel del maracuyá es una fuente abundante de vitaminas, minerales y fibra dietética, especialmente de fibras solubles, que contribuyen a regular la glucosa en sangre y a prevenir enfermedades cardiovasculares. El análisis proximal revela que

esta cáscara contiene un 63,40% de fibra dietética total, 23,41% de carbohidratos, 7,50% de cenizas, 4,82% de proteínas y 0,87% de grasas.

- **Maracuyá morado**

- **Pulpa:** En la investigación realizada sobre la variedad morada, se determinó que la pulpa posee un contenido proteico de  $6,53 \pm 0,23\%$ . Además, se reportaron los siguientes valores:  $1,18 \pm 0,11\%$  de ceniza,  $12,7 \pm 0,3\%$  de humedad,  $6,95 \pm 0,73\%$  de carbohidratos y  $1,09 \pm 0,04\%$  de lípidos.
- **Cáscara:** El análisis proximal de la cáscara de maracuyá "*Passiflora edulis*" revela que está compuesta principalmente por carbohidratos, que representan el  $79,44 \pm 0,22\%$ , seguida por una humedad del  $9,43 \pm 0,05\%$ , proteína bruta del  $3,87 \pm 0,23\%$ , grasa bruta del  $0,36 \pm 0,04\%$  y ceniza del  $6,91 \pm 0,07\%$ . Asimismo, se evaluó su uso como fuente de fibra dietética, encontrándose que el material insoluble en alcohol de la cáscara seca tiene un rendimiento aproximado del 82,4%, de los cuales el 81,9% corresponde a fibra dietética, predominando la celulosa como componente. Diversos estudios también indican que la cáscara presenta entre un 15% y 20% de pectina.

### 3.2.2.3. Producción de Maracuyá en el Perú

**Tabla 8**

*Mayores productores de maracuyá amarillo en el Perú*

Zonas de producción	Producción (t)					Rendimiento T/Ha
	2016	2017	2018	2019	2020	
	54,107	56,078	54,331	64,275	80,219	11.4
Lima	21,448	29,311	21,491	20,237	35,509	12.7
La Libertad	6,075	8,379	11,225	14,344	16,527	13.6
Lambayeque	11,743	9,023	10,083	12,981	10,135	13.3
Piura	5,322	2,571	3,786	10,245	9,136	9.5
Ancash	7,101	4,869	5,843	4,534	6,032	6.8
Junin	899	856	766	1,050	1,526	6.8
Loreto	402	418	414	409	413	5.2
Ucayali	339	358	294	115	409	4.4

Zonas de producción	Producción (t)					Rendimiento
	2016	2017	2018	2019	2020	T/Ha
Tumbes	365	59	207	134	322	0.0
Ica	41	54	64	134	80	5.1
Huánuco	254	54	61	64	62	6.2
Cajamarca	66	63	62	65	57	4.8
Moquegua	11	11	11	11	11	5.7
Ayacucho	41	54	24	24	1	0.0

Nota: Sierra Selva Exportadora (2021).

### 3.2.2.4. Composición Química de la Cáscara de Maracuyá Amarillo

En el trabajo de investigación realizado por Duarte et al. (2016), da a conocer la composición química de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), con su respectiva composición.

**Tabla 10**

*Composición química de la cáscara de maracuyá amarillo a base seca*

Composición	Cáscara (%)
Humedad	55
Fibra dietaría	25.15
Carbohidratos	8.40
Ceniza	5.80
Proteínas	4.15
Grasas	1.5

Nota: Duarte et al. (2016).

### 3.2.2.5. Composición Fisicoquímica de Harina de Cáscara de Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

La harina elaborada a partir de la cáscara de maracuyá presenta un contenido significativo de fibra bruta, además de altos niveles de proteínas y carbohidratos,

conforme a los datos nutricionales reportados por 100 g Campos et al. (2023). En el análisis físico-químico de la harina de cáscara de maracuyá, (Tabla 11).

**Tabla 91**

*Composición proximal del maracuyá variedad amarilla (Passiflora edulis) (g/100 g de peso seco)*

<b>Composición</b>	<b>Pulpa</b>	<b>Cáscara</b>
Energía (kcal)	--	--
Humedad	87.50	29.5
Carbohidratos	11.9	66.2
Proteínas	0.23	0.703
Lípidos	--	0.805
Fibra	--	--
Cenizas	0.34	0.898

*Nota:* Campos et al. (2023).

### 3.2.2.6. Contenido de Pectina en la Cáscara de Maracuyá Amarillo

Según Escobedo (2013), en su investigación obtuvo la pectina de la cáscara de maracuyá amarillo.

**Tabla 10**

*Resultados de la obtención de la pectina en base seca de la cáscara de maracuyá amarillo*

<b>Cáscara de maracuyá amarillo</b>	<b>Pectina seca (g)</b>
3 g	1.60 g

*Nota:* Escobedo (2013).

### 3.2.3. El Agua

La molécula de agua está constituida por el hidrógeno y oxígeno, conectados por enlaces covalentes que conforman un ángulo de 105°, con el oxígeno situado en el vértice. Esta configuración molecular confiere al agua propiedades distintivas que le permiten desempeñar funciones fundamentales en los sistemas naturales. El término

"agua" suele aludir a su estado líquido, aunque también puede presentarse en forma sólida, como hielo, o en estado gaseoso, como vapor. Este recurso cubre aproximadamente el 71 % de la superficie de la corteza terrestre.

### **3.2.3.1. Calidad de Agua**

Se define como la evaluación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con el fin de determinar su idoneidad para diversos usos y su efecto sobre los ecosistemas acuáticos. Según Ziolkowska (2020), destaca que la calidad del agua puede evaluarse considerando parámetros como el sabor, olor, apariencia visual y su idoneidad para diferentes usos, como consumo humano y satisfacción del cliente. Por otro lado, Benjamín et al. (2022), resaltan que la calidad del agua puede evaluarse considerando parámetros como la turbidez, presencia de contaminantes y su idoneidad para diferentes usos, como consumo humano y riego agrícola.

### **3.2.4. Río**

La ANA (2020), Una corriente de agua que evacua de manera natural una cuenca hidrográfica, así como las aguas que fluyen a través de sus afluentes o tributarios.

#### **3.2.4.1. Índice de Calidad de Agua en la Microcuenca Altoandina del Río Chumbao, Andahuaylas, Apurímac, Perú**

Choque et al. (2021), Las actividades humanas alrededor de una cuenca, como la agricultura, ganadería, vertido de aguas residuales y extracción de materiales, afectan negativamente la calidad del agua, sobre todo cuando el río tiene limitada capacidad de autodepuración o contiene contaminantes no biodegradables, metales disueltos o residuos inorgánicos.

**Tabla 11***Valores de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos del agua*

Parámetros	Unidad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	L1	L2	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
P1	OD	mg O2/l	6.97	7.33	7.55	7.34	7.37	7.15	7.30	7.86	6.09	5.92
P2	DBO	mg O2/l	1.26	2.67	2.39	7.70	7.72	9.70	14.28	15.26	0.05	0.41
P3	Nitratos	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.07	0.13	0.47	0.50	0.97	0.00	0.00
P4	Fosfatos	mg/l	0.07	0.04	0.06	0.15	0.11	0.18	0.43	0.32	0.00	0.00
P5	Temperatura	°C	10.99	13.43	13.65	13.88	14.09	14.59	15.08	15.86	9.80	10.02
P6	Turbiedad	NTU	42.50	36.00	36.82	50.87	42.25	91.00	112.36	140.50	1.43	0.47
P7	STD	mg/l	14.02	25.04	29.05	42.07	53.10	75.13	101.87	152.50	39.07	12.02
P8	Color	PCU	29.05	24.04	14.02	37.06	27.05	35.06	40.33	18.03	30.05	12.02
P9	Alcalinidad	mg CaCO3/l	0.00	0.00	0.00	0.00	12.07	20.03	40.07	55.09	1.51	0.00
P10	Dureza	mg CaCO3/l	11.48	23.50	19.18	31.25	26.93	53.35	68.09	54.88	17.07	8.84
P11	pH	Log [H+]	7.19	7.63	7.36	7.72	7.70	7.82	7.77	8.05	6.97	7.11
P12	Conductividad	µS/cm	29.33	51.00	60.00	85.67	108.00	155.00	240.00	302.30	79.67	25.33
P13	Cloruros	mg/l	46.49	17.37	11.57	6.30	10.47	11.67	16.63	30.07	38.17	40.13
P14	E.coli	NPM/100ml	0.00	0.00	0.00	692.00	462.00	1100.00	2716.00	2519.00	11.00	0.00
P15	Coliformes totales	NPM/100ml	15.70	15.70	63.60	1100.00	1690.00	2716.00	3282.00	2305.00	36.00	15.70

*Nota: Choque et al. (2021).*

En la tabla 13 se observan los niveles de los parámetros fisicoquímicos analizados, los cuales fueron contrastados con los estándares establecidos para cada categoría. La contaminación ambiental surge debido a la incorporación de sustancias o agentes físicos en el entorno, provocando daños o alteraciones en el equilibrio en la calidad del agua.

Se evidencia contaminación debido al uso de fertilizantes a base de nitrato, ya que las concentraciones de nitratos (P3) y fosfatos (P4) son elevadas en todos los sitios de muestreo, observándose ligeros aumentos a medida que se avanza a lo largo del río. El aumento de la turbidez como forma de contaminación se debe principalmente a la erosión natural de los suelos durante las temporadas de crecidas, así como a las actividades humanas, especialmente por el vertido de residuos domésticos tanto orgánicos como inorgánicos. Además, las actividades extractivas de material contribuyen significativamente a este problema, generando alteraciones en el hábitat acuático y modificando el régimen hidráulico de los cuerpos de agua debido a la sedimentación provocada por el exceso de partículas suspendidas en el agua. La contaminación microbiana se observa en áreas urbanas debido a la presencia de efluentes domésticos y aguas residuales vertidas, originadas por la actividad antrópica y ganadera, cuyos desechos como estiércol y purines incrementan la concentración de coliformes. Los niveles de materia orgánica residual en forma sólida y líquida, así como el aumento de nitratos, temperatura, fosfatos, turbidez, sólidos disueltos totales (STD), alcalinidad, dureza, pH, conductividad en el agua a causa de la deforestación y la pérdida de cobertura vegetal reduce la capacidad del suelo para retener agua.

### **3.2.5. Turbidez**

Según Saravia (2017), menciona que la turbiedad se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en el agua, las cuales pueden obstaculizar la transmisión de luz a través de ella. Así, la turbiedad puede servir como un indicador de la presencia de sedimentos, materia orgánica y otros contaminantes en el agua. Además, puede influir en la calidad del agua de distintas maneras, como en la capacidad de los

organismos acuáticos para obtener oxígeno, en la penetración de los rayos UV y en la efectividad de los tratamientos de purificación. Por lo tanto, medir la turbiedad es crucial para evaluar la calidad del agua y para implementar acciones que la protejan y mejoren.

La turbidez se evalúa utilizando un dispositivo conocido como nefelómetro o turbidímetro, que determina la cantidad de luz que se dispersa por las partículas en suspensión en el agua. Este instrumento emite un rayo de luz a través del agua y mide la luz dispersada en un ángulo de 90°. A mayor cantidad de partículas suspendidas, mayor será la luz dispersada y, en consecuencia, mayor será la turbidez del agua. La unidad de medida de la turbiedad es el Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

#### **3.2.5.1. Remoción de la Turbidez**

La remoción de turbidez implica la desestabilización de las partículas suspendidas mediante la incorporación de coagulantes en aguas con presencia de agentes que provocan turbidez Cepis (1975).

#### **3.2.6. Coagulación**

La coagulación es un proceso mediante el cual se desestabilizan los componentes estables de una suspensión Terrones (2018), Su objetivo principal es eliminar las partículas coloidales, lo que no solo reduce la turbidez del agua, sino que también favorece a la remoción de materia orgánica y microorganismos. Andía (2000), esta desestabilización sucede al neutralizar las fuerzas que separan las partículas, ya que el coagulante anula la carga eléctrica en la superficie del coloide, favoreciendo su aglomeración y formación de flóculos.

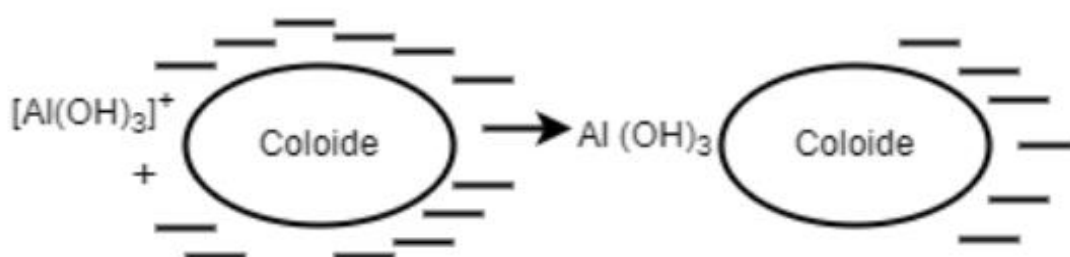
##### **3.2.6.1. Proceso de Coagulación**

Este proceso implica la incorporación de ciertos productos químicos al agua o aguas residuales con el propósito de favorecer la sedimentación de materiales coloidales que, en condiciones normales, no se decantan, o bien para incrementar la velocidad de sedimentación mediante la generación de flóculos. Para eliminar estas

partículas, se emplean sustancias químicas conocidas como coagulantes, cuya función es desestabilizar las partículas coloidales del agua. Estas partículas poseen carga eléctrica y están envueltas por una doble capa eléctrica, lo que les permite mantenerse dispersas y estables dentro del sistema acuoso Cabrera et al. (2009), En la figura se ilustra la desestabilización de partícula con acción del coagulante.

**Figura 3**

*Neutralización de coloides*



*Nota:* Romero (2009).

Los hidróxidos de aluminio generados tienen naturaleza coloidal, ya que adsorben iones positivos presentes en la solución, formando una partícula con carga neta positiva que neutraliza la carga de los coloides negativos, facilitando así su aglomeración.

### 3.2.6.2. Tipos de Coagulación

Armijos (2022), identifica dos mecanismos principales de coagulación: por adsorción y por barrido, descritos a continuación:

- **Coagulación por Adsorción:** Ocurre cuando existe una elevada cantidad de partículas suspendidas; Al incorporarse el coagulante al agua, sus componentes solubles son adsorbidos por las partículas coloidales, lo que favorece la rápida generación de flóculos.
- **Coagulación por Barrido:** Tiene lugar en aguas de baja turbidez, donde las partículas coloidales de menor tamaño son capturadas por los precipitados

generados durante la coagulación; en este proceso, se genera un exceso de precipitado del coagulante, lo que provoca que las partículas queden atrapadas.

### 3.2.6.3. Tipos de Coagulantes

a. **Sales o aluminios.** Armijos (2022), son los coagulantes más frecuentemente utilizados en procesos de tratamiento de agua, debido a su alta eficacia en la remoción de impurezas. Las formas de aluminio empleadas en el proceso de coagulación son clave para definir cómo actúan y qué tan eficaces resultan los coagulantes basados en este elemento. Entre los coagulantes más empleados están el sulfato férrico, el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio.

Armijos (2022), señala que hay múltiples tipos de coagulantes, siendo los más relevantes los siguientes:

- **Sulfato de Aluminio**

Para el uso del sulfato de aluminio como coagulante, es importante considerar que la formación óptima de flóculos ocurre cuando el pH se encuentra entre 6.0 y 8.0. No obstante, comparado al policloruro de aluminio, el sulfato de aluminio no genera flóculos de forma inmediata y presenta una menor velocidad para la sedimentación de las partículas en suspensión.

- **Policloruro de aluminio**

Este coagulante químico inorgánico se usa para tratar las aguas residuales. Es un polímero inorgánico que puede formar flóculos pesados debido a su rápida velocidad de agregación y a que requiere una dosificación menor, lo que resulta en un menor volumen de sedimentos. Además, es capaz de clarificar los efluentes. Este coagulante se distingue por su color amarillo, su solubilidad en agua y un rango de pH efectivo entre 5 y 9. A diferencia del sulfato de aluminio, ofrece una sedimentación más rápida de las partículas y una clarificación más eficaz del agua, lo que permite una remoción eficiente de la turbidez en aguas con alta carga de sólidos suspendidos.

## **b. Coagulantes o Polímeros Naturales**

Calle (2021), Se consideran una alternativa prometedora debido a que son biodegradables y causan menos impacto ambiental frente a los coagulantes inorgánicos y los polímeros sintéticos. La mayoría provienen de fuentes vegetales y contienen agentes coagulantes activos como taninos, carbohidratos y proteínas. Entre las plantas estudiadas se encuentran diversas semillas, como las de maíz, nirmali y frijol común, entre otras. Sin embargo, las semillas que han despertado mayor interés son las de *Moringa oleifera*, debido a la presencia de compuestos activos, en especial proteínas catiónicas de diversos pesos moleculares, así como por su reconocida capacidad antimicrobiana.

A continuación, Tipán (2024), menciona los principales compuestos orgánicos coagulantes empleados.

- **Pectina**

La pectina es un polisacárido de alto peso molecular que se encuentra principalmente en los tejidos vegetales, particularmente en las partes blandas de las frutas. Está formada por largas cadenas de ácido galacturónico  $\alpha$ -1,4, las cuales están interrumpidas por unidades de ramnosa. Además, los grupos carboxilo distribuidos a lo largo de la cadena están esterificados con alcohol metílico. El grado de esta esterificación es lo que permite clasificar la pectina en dos tipos: pectinas de alto y bajo contenido.

- **El almidón**

El almidón es el carbohidrato principal que las plantas producen y se almacena en forma de gránulos insolubles con estructura semicristalina dentro de los tejidos de reserva. Este compuesto se encuentra en diversos alimentos vegetales como cereales, tubérculos, raíces, legumbres y frutas, aunque en cantidades menores en otros tejidos vegetales. Las proporciones de almidón varían según el alimento, por ejemplo: en maíz, trigo y arroz oscila entre el 30 y 80 %, en fréjol y haba entre el 25 y 50 %, en

yuca y papa entre el 60 y 90 %, y en plátano y mango verdes puede alcanzar hasta un 70 %.

- **Polvo de las semillas de tamarindo**

Estas semillas poseen propiedades coagulantes gracias a las proteínas y aminoácidos que contienen, los cuales presentan un comportamiento ácido y son solubles en agua. Esto les permite ser utilizadas para tratar aguas residuales, reduciendo la turbidez en 78%, siempre que se mantengan condiciones óptimas de pH y dosis. En cuanto a su composición, las semillas suelen contener aproximadamente: Proteínas: 13 – 20 %, Fibra: 20 % Taninos: 20 %.

#### **3.2.6.4. Factores que Influyen en el Proceso de Coagulación**

Según Fernández (2020), los principales factores que afectan directamente el proceso de coagulación incluyen el tipo y la dosis del coagulante utilizado, así como las características del agua, tales como el tipo y la cantidad de materia en suspensión, la temperatura, el pH, el tiempo de coagulación y los métodos de mezcla aplicados. Estos parámetros determinan la calidad del producto final y permiten evaluar si el proceso ha sido completamente eficiente. En función de estos factores, se puede optimizar la coagulación para lograr mejores resultados en el tratamiento del agua.

Los niveles de pH, sales y alcalinidad en el agua reflejan la cantidad de partículas con carga positiva (cationes) y carga negativa (aniones) presentes en ella; por lo tanto, la dosis de coagulantes necesaria para quitar la turbidez del agua depende de cómo interactúan estos tres factores. Entre ellos, el pH del agua es el elemento más crucial para lograr una coagulación efectiva.

Las sales, al disolverse en agua, se disocian en cationes y aniones que interactúan con otras partículas cargadas. En aguas naturales es común encontrar cationes como calcio, magnesio, sodio, hierro y manganeso, junto con aniones como cloruro, fosfato y sulfato. Estos iones pueden modificar la eficacia del proceso de coagulación dependiendo de su concentración y naturaleza.

La turbidez, tanto por su nivel como por el tipo de partículas que la generan, tiene un impacto notable en la coagulación. En aguas superficiales naturales, esta turbidez proviene de una amplia gama de tamaños y concentraciones de partículas suspendidas.

La temperatura es otro factor determinante, ya que en aguas frías el proceso de coagulación se ve obstaculizado, porque la mayoría de las reacciones químicas en el agua se ralentizan a medida que disminuye la temperatura.

#### **3.2.6.5. Características de los Coagulantes**

- Densidad de carga alta, que le permite neutralizar las cargas negativas presentes en la superficie del coloide.
- Carga opuesta a la partícula suspendida.
- Posee la valencia más alta, con el objetivo de generar una desestabilización rápida.
- El coagulante elegido debe tener un bajo peso molecular para facilitar una adecuada distribución del mismo en el agua a tratar, al aumentar la carga del coagulante en la partícula del coloide.

#### **3.2.6.6. Influencia de la Dosis del Coagulante**

Andía (2000), la dosis de coagulante aplicada incide en la eficiencia del proceso de coagulación. Una cantidad insuficiente impide la neutralización completa de las cargas de las partículas, lo que limita la formación de microfloculos y provoca una turbidez residual elevada. Además, el uso excesivo de coagulante puede invertir la carga de las partículas, generando un gran número de microfloculos muy pequeños, lo que reduce la velocidad de sedimentación y también ocasiona una elevada turbidez residual. La selección del coagulante adecuado y la determinación de su dosis óptima se llevan a cabo a través de las pruebas de jarras, un método experimental que permite evaluar el comportamiento del proceso de coagulación en condiciones controladas.

### **3.2.7. La Floculación**

Restrepo (2009), la floculación es el proceso mediante el cual, a través de una agitación suave del agua, las partículas desestabilizadas en la coagulación se agrupan para formar partículas más grandes y con mayor peso específico, conocidas como flóculos. La floculación busca unir microflóculos en partículas más densas que el agua y compactarlas reduciendo su hidratación, lo que disminuye su volumen y mejora la eficacia de la sedimentación y la filtración

#### **3.2.7.1. Cinética de la Floculación**

Al añadir coagulantes a una suspensión coloidal, se desencadenan reacciones de hidrólisis provocando que los iones se unan a la superficie de las partículas, permitiendo que se aglutinen mediante colisiones repetidas y formen flóculos que aumentan su tamaño con el tiempo. La velocidad de este proceso depende del tamaño de las partículas, la intensidad de la agitación, la concentración de partículas y su nivel de desestabilización, factores que favorecen que las colisiones entre ellas generen adhesión. Los contactos entre partículas pueden darse de dos formas diferentes.

Según Restrepo (2009), los contactos entre partículas pueden producirse mediante dos mecanismos distintos:

- **Floculación Pericinética:** Los contactos por bombardeo de partículas ocurren debido al movimiento browniano, que es el desplazamiento de las moléculas en el líquido. Este fenómeno afecta únicamente a partículas con tamaños menores a un micrón. Su acción se limita a las etapas iniciales del proceso, durante los primeros 6 a 10 segundos, y no depende del tamaño de la partícula.
- **Floculación Ortocinética:** Los contactos se producen debido a la turbulencia del líquido, que genera el movimiento de las partículas en distintas velocidades y direcciones, aumentando considerablemente la probabilidad de que choquen entre sí. Este mecanismo resulta eficaz solo para partículas con un tamaño

superior a un micrón y se mantiene activo a lo largo de todo el proceso, cuya duración oscila entre 20 y 30 minutos.

### **3.2.7.2. Factores que influyen en la floculación**

Según Restrepo (2009), estos son los factores que repercuten en la en el proceso de floculación.

- **Concentración y naturaleza de las partículas:** La rapidez con la que se forma el floc depende tanto de la cantidad de partículas presentes en el agua como del tamaño inicial de dichas partículas.
- **Tiempo de detención:** La velocidad a la que las partículas se agrupan es proporcional al tiempo que permanecen detenidas. Este tiempo debe estar lo más próximo posible al óptimo, el cual se calcula con las pruebas de los frascos. Para ello, la unidad de floculación puede dividirse en varias cámaras, lo que permite afirmar que, para una eficiencia dada, el tiempo requerido se reduce a medida que aumenta el número de cámaras de floculación dispuestas en serie.
- **Gradiente de velocidad:** Este factor está relacionado directamente con la velocidad a la que las partículas se agrupan. Existe un gradiente máximo que no debe superarse, ya que podría provocar la ruptura de los flóculos. Por ello, el gradiente dentro de las cámaras de floculación debe reducirse de manera progresiva, evitando la presencia de cámaras intermedias con valores elevados.

### **3.2.8. Mecanismos Fisicoquímicos de la Coagulación Natural**

Banchón et al. (2016), la coagulación natural consiste en neutralizar las cargas de las partículas coloidales mediante el uso de extractos de origen vegetal, ricos en compuestos como polifenoles (taninos), mucílagos, gomas o proteínas. A diferencia de la coagulación química, sus mecanismos de acción no están completamente identificados ni ampliamente investigados hasta el momento. Las explicaciones sobre los mecanismos de coagulación natural se fundamentan en la composición química de los extractos vegetales y en observaciones experimentales. Elementos como gomas,

mucílago y ciertos iones metálicos sirven de base para proponer hipótesis sobre su modo de acción.

### 3.2.8.1. Ventajas del uso de coagulantes y floculantes

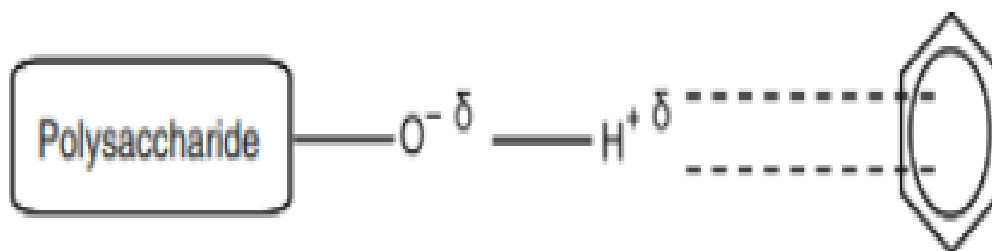
Según Kweinor et al. (2019), los coagulantes naturales son compuestos orgánicos libres de metales, lo que evita la liberación de estos elementos al agua y garantiza un tratamiento ambientalmente seguro. Además, alcanzan una eficacia superior al 90 % en los procesos de coagulación. Estos coagulantes se caracterizan por tener un pH neutro o alcalino, un costo menor en comparación con los productos químicos, no son un peligro para la salud humana y son sostenibles a lo largo de todo su ciclo de vida. Además, son fáciles de envasar, transportar y almacenar.

Zafar et al. (2015), en términos generales, coagulantes naturales como la fécula de patata y oca eliminan contaminantes a través de dos mecanismos principales: (i) adsorción y neutralización de cargas y (ii) adsorción y formación de puentes entre partículas. El primer mecanismo consiste en la atracción de iones con cargas opuestas, mientras que el segundo ocurre cuando las cadenas de polisacáridos del coagulante atrapan partículas, favoreciendo su aglomeración.

Para las moléculas de colorantes, los enlaces con los polisacáridos, como la amilosa y la amilopectina, se establecen a través de la interacción entre el sistema  $\pi$ -electrónico de los colorantes y los grupos hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) de los polisacáridos.

#### Figura 4

*Interacción intermolecular entre el electrón de la molécula de colorante y el grupo hidroxilo del polisacárido*

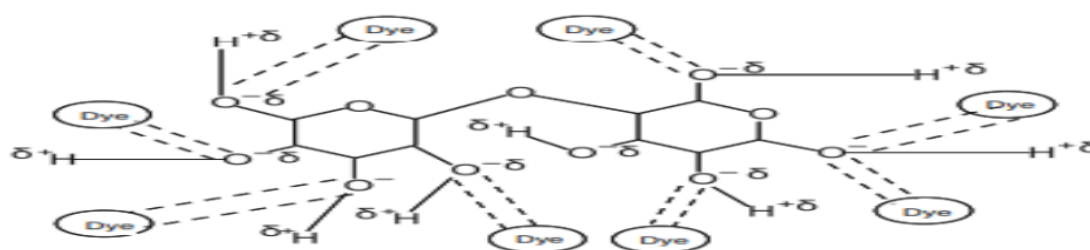


*Nota:* Zafar et al. (2015).

En este contexto, los polisacáridos que poseen grupos hidroxilo a lo largo de su cadena ofrecen numerosos sitios de adsorción Zafar et al. (2015), lo que puede favorecer tanto la neutralización de cargas como la formación de puentes entre impurezas coloidales, acelerando así el crecimiento de los flóculos Aziz et al. (2015). Según la figura 7. Zafar et al. (2015), los polímeros pueden actuar simultáneamente como coagulantes y floculantes, dependiendo del pH, las características de los coloides y las condiciones del experimento .

**Figura 5**

*Representación esquemática de la molécula de colorante con polímero*



*Nota:* Zafar et al. (2015)

Zafar et al. (2015), por tanto, las cadenas poliméricas enlazan las partículas formando puentes, lo que favorece la eliminación de los contaminantes tratados. Dicho proceso continúa hasta generar flóculos de mayor tamaño que sedimentan rápidamente. Aziz et al. (2015), no obstante, una sobredosificación del coagulante que supere la concentración crítica puede ocasionar una reestabilización de las partículas coloidales.

### **3.2.9. Test de Jarras**

Armijos (2022), uno de los métodos más comúnmente utilizados para evaluar y determinar la dosis óptima de productos químicos consiste en simular en laboratorio los procesos de coagulación, floculación y sedimentación de lodos. Este procedimiento, conocido como test de jarras, implica realizar ensayos con distintas dosis de coagulante en cada recipiente, con el fin de comparar y evaluar los resultados obtenidos en los parámetros analizados. Durante el análisis se identifica cuál muestra presenta mayor

turbidez (NTU) y se examina cómo varía el pH en relación con la reducción de la turbidez, permitiendo así determinar las condiciones que ofrecen los mejores resultados.

### 3.3. Definición de Términos

- **Autoridad nacional del agua (ANA)**

MINAGRI (2017), es la instancia encargada de liderar y establecer las normas técnicas dentro del sistema de gestión de los recursos hídricos.

- **Afluente**

MVCS (2006), señala que un afluente es agua u otro líquido que penetra a una planta de tratamiento, reservorio o proceso de tratamiento.

- **Agitación**

Uribe et al. (2012), es la operación consiste en generar movimientos intensos y desordenados en una sustancia fluida para desplazar sus partículas y alcanzar un objetivo rápidamente y con bajo consumo energético. Cuando este movimiento involucra varias sustancias, se llama mezcla, cuyo propósito es distribuir aleatoriamente las diferentes fases o sustancias.

- **Concentración**

Rosales (2024), la concentración de una solución se refiere a la relación o proporción. existente entre la cantidad de soluto y el volumen total de la disolución. Esta es una propiedad que se puede expresar de manera cuantitativa.

- **Caudal**

Racchumí (2015), corresponde al volumen de agua residual que atraviesa una sección específica por unidad de tiempo.

- **Desestabilización**

Contyquim (2022), la desestabilización es el proceso que provoca el desequilibrio de las partículas coloidales y su posterior agrupamiento. En la fase inicial, la coagulación suprime la doble capa eléctrica que rodea a los coloides.

- **Eficiencia de remoción**

MVCS (2006), representa la proporción entre la masa o concentración de contaminantes eliminados y la cantidad originalmente presente, dentro de un proceso de depuración en aguas residuales.

- **Enfoque ecológico**

Natalia (2012), menciona el enfoque ecológico, se alude principalmente a la conexión que existe entre la persona y su ambiente, considerando el contexto que lo rodea.

- **Eficiencia**

Fernández et al. (1997), es una expresión que evalúa la habilidad o aptitud de un sistema o agente económico para alcanzar un objetivo específico, utilizando la menor cantidad posible de recursos.

- **Granulometría**

Según Dussán, et al. (2019), el tamaño de las partículas hace referencia a las distintas dimensiones que puede presentar un grano de material, como zeolita, carbón activado, arena, antracita y otros medios granulares, al ser dividido en fragmentos más pequeños. Este proceso permite clasificar una mezcla de granos o partículas en dos o más fracciones según su tamaño; las partículas de mayor dimensión quedan retenidas en la criba, mientras que las más pequeñas la atraviesan.

- **Muestreo**

MVCS (2006), es el proceso de obtención de una muestra con un volumen específico, aplicando el método de preservación apropiado según el parámetro a evaluar.

- **Tratamiento de agua**

Rojas (2002), El objetivo del tratamiento de aguas residuales es convertir el agua usada en un efluente que cumpla con los estándares ambientales y de salud pública.

## IV. Metodología

### 4.1. Tipo y nivel de investigación

#### 4.1.1. Tipo

Según Hernández et al. (2018), es aplicada y, conforme a los objetivos propuestos, se enfoca en aprovechar el conocimiento existente sobre el uso de harina de cáscara de pitahaya y maracuyá para la remoción de turbidez en el agua y está orientada a resolver problemas prácticos.

#### 4.1.2. Nivel

Es explicativo, ya que permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables de manera más profunda y organizada, Arias et al. (2021); en consecuencia. Asimismo, este estudio buscó determinar de qué manera los coagulantes naturales, como la harina de cáscara de pitahaya y maracuyá, inciden en la remoción de la turbidez del agua en la microcuenca del río Chumbao.

#### 4.1.3. Diseño de Investigación

El estudio se clasifica como un diseño de investigación experimental, ya que se efectuó la manipulación de la variable independiente (harina de cáscara de pitahaya “(*Hylocereus megalanthus*)” y harina de cascará de “(*Passiflora edulis*)”, utilizando diferentes dosis de concentraciones para establecer la eficiencia de remoción de la turbidez, que actuará como variable dependiente.

Según Hernández et al. (2018), el diseño experimental alude la modificación de las variables con el objetivo de identificar cambios relevantes.

### Figura 6

*Diagrama del diseño experimental*

$$O_1 \text{-----} X \text{-----} O_2$$

Donde:

$O_1$  = Concentración inicial de turbidez del agua procedente de la microcuenca del río Chumbao antes de someter al proceso de coagulación.

X = Remoción de turbidez en el agua procedente de la microcuenca del río Chumbao, usando la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*).

$O_2$  = Concentración final de turbidez del agua procedente de la microcuenca del río Chumbao después de someter al proceso de coagulación Parámetros postprueba del agua procedente de la microcuenca del Chumbao, utilizando harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) como coagulante.

## 4.2. Ámbito Temporal y Espacial

### 4.2.1. Temporal

El trabajo de investigativo se efectuó desde marzo del 2023 hasta setiembre del 2024. Durante ese tiempo, se incluye la elaboración del proyecto de investigación, la realización de trabajos de laboratorio y la redacción del informe del trabajo de investigación.

### 4.2.2. Espacial

El estudio se efectuó en el distrito de Talavera, situado en la provincia de Andahuaylas, dentro de la región Apurímac.

#### 4.2.2.1. Área de Estudio

La muestra a investigarse es el agua turbia de la microcuenca del río Chumbao, las cuales fueron recolectadas del sector de Quilla Rumi del centro poblado de “Chumbibamba”, distrito de “Talavera”, provincia de “Andahuaylas”, departamento de “Apurímac”.

El punto de muestreo está ubicado en las coordenadas UTM, Zona 18L como se aprecia en la Tabla 14 y Figura 9.

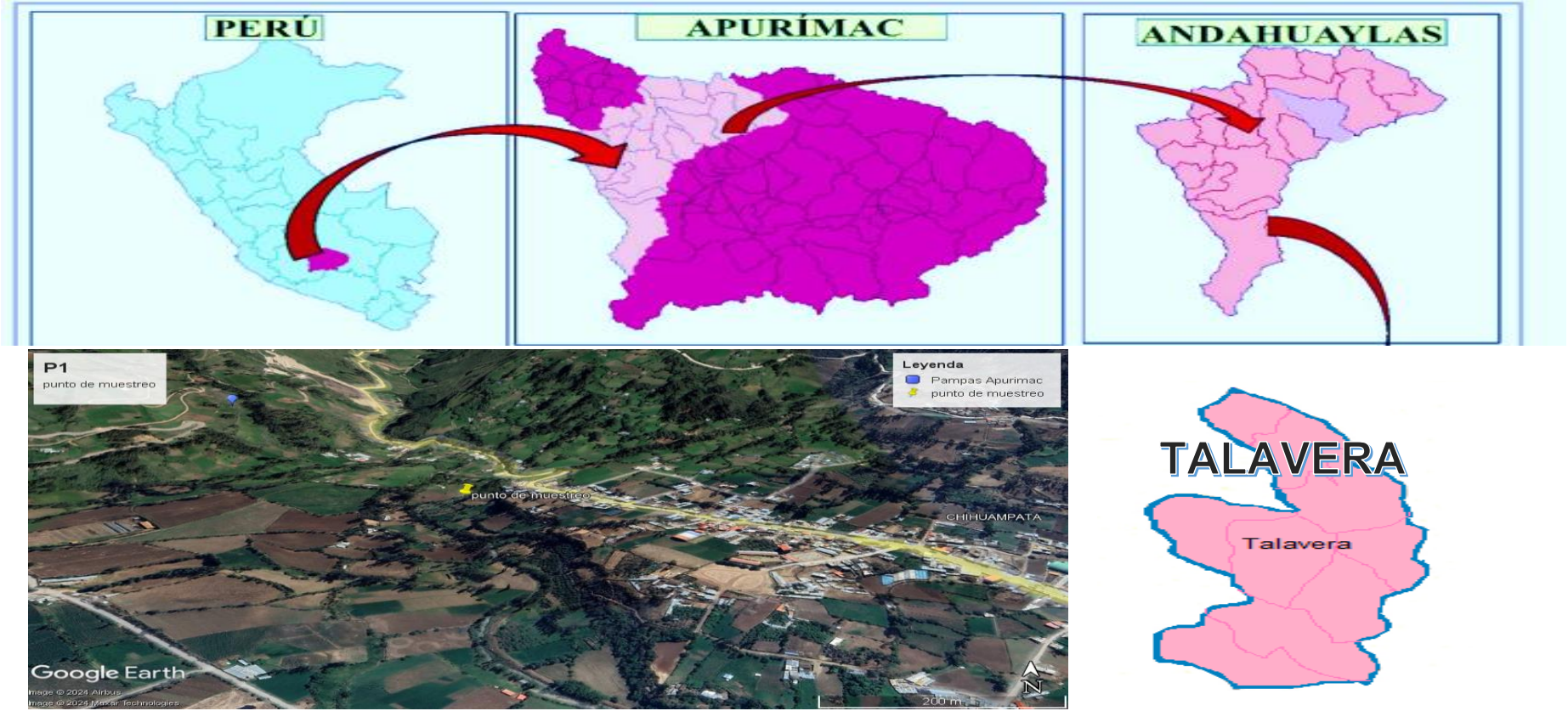
**Tabla 12**

*Coordenadas del área de estudio*

Área de estudio	Coordenada “N”	Coordenada “E”	Altitud (m.s.n.m)
Chumbibamba	8491465	667423	2765

Figura 7

Ubicación geográfica del punto de la toma de muestra



### 4.3. Población y Muestra

#### 4.3.1. Población

La población está determinada por el caudal del agua turbia del río Chumbao el cual comprende 98 m<sup>3</sup>/día. El cual se identificó mediante el acceso a la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua.

#### 4.3.2. Muestra

Se utilizó un total de 25 litros de agua turbia, recolectada de la microcuenca del río Chumbao.

### 4.4. Instrumentos

#### 4.4.1. Instrumentos de Recolección de Datos

Se usó la ficha de observación, la cual sirve como guía para observar los cambios ocasionados a las variables y ficha de campo que es la cadena de custodia la que permite ordenar la información recabada durante el muestreo.

#### 4.4.2. Materiales, Equipos de Laboratorio, Equipos de Protección Personal e

##### *Insumos*

La tabla 15 muestra los diferentes materiales de vidrio empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 13**

*Materiales de vidrio*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Vaso precipitado de 500 mL	06 unidad
2	Vaso precipitado de 50 mL	06 unidad
3	Probeta de 500 mL	06 unidad
4	Probeta de 50 mL	06 unidad
5	Pipetas de 5 mL	06 unidad
6	Lunas de reloj	02 unidad

La tabla 16 muestra los diferentes materiales de plástico empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 14**

*Materiales de plástico*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Pizzeta	01 unidad
2	Bolsa de polietileno	20 unidad
3	Frascos esterilizados de 1 L	08 unidad
4	Embudo	01 unidad

La tabla 17 muestra el material de acero empleado en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 15**

*Material de acero*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Cuchara espátula	01 unidad

La tabla 18 muestra los otros materiales empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 16**

*Otros materiales*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Cooler	01 unidad
2	Papel tisú	½ caja
3	Papel toalla	½ caja
4	Papel filtro	05 unidad

En la tabla 19 muestra los diferentes insumos empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 17**

*Insumos*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Harina de cáscara de pitahaya	0.63 kg
2	Harina de cáscara de maracuyá	0.83 kg

La tabla 20 muestra los equipos de protección personal empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 18**

*Equipos de protección personal*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Guantes de quirúrgicas	10 unidad
2	Guantes térmicos	01 unidad
3	Mascarillas quirúrgicas	10 unidad
4	Botas sanitarias PVC	02 unidad
5	Bata de laboratorio	01 unidad

La tabla 21 muestra los reactivos utilizados para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 19**

*Reactivos*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Agua destilada	20 L
2	Bolsa refrigerante	05 unidad

En la tabla 22 se presentan los equipos empleados en el laboratorio durante esta investigación.

**Tabla 20**

*Equipos*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
1	Estufa 120 °C	01 unidad
2	Balanza analítica de 252 g	01 unidad
3	Equipo de test de jarra 1L	01 unidad
4	Turbidímetro	01 unidad
5	Licadora 1.25 L	01 unidad

#### **4.5. Procedimientos**

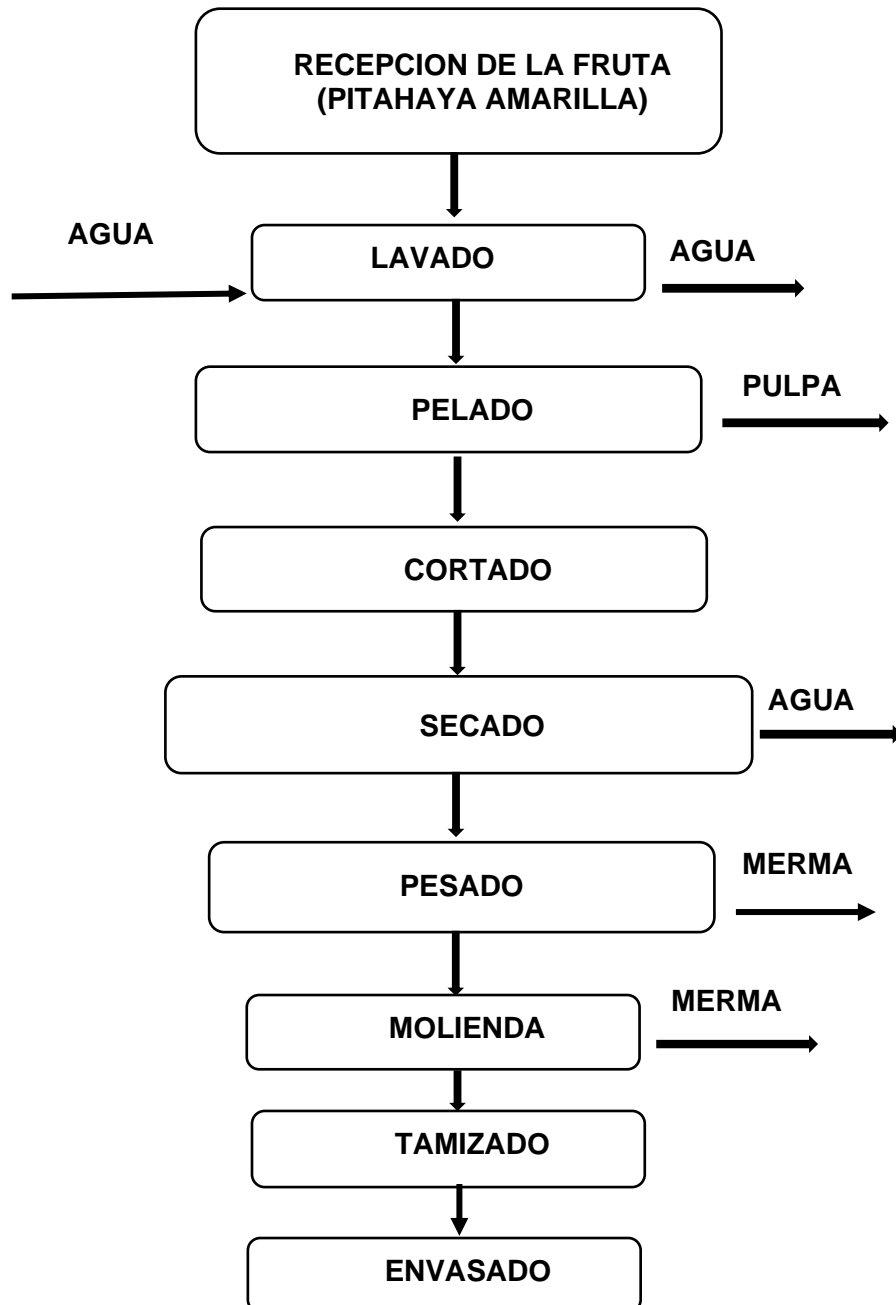
*4.5.1. Proceso de la Obtención de la Harina de Cáscara de Pitahaya Amarilla (Hylocereus Megalanthus) y Harina de Cáscara del Maracuyá Amarillo (Passiflora Edulis)*

4.5.1.1. Obtención de la Harina de Cáscara de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*)

- a. Diagrama de flujo cualitativo, obtención de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

**Figura 8**

Diagrama de flujo cualitativo de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)



- b. Descripción del diagrama de flujo cualitativo que ilustra el proceso de elaboración de harina a partir de la cáscara de la pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

Para obtener la harina de cáscara de pitahaya amarilla utilizó la metodología desarrollada por Olvera (2023), con algunas modificaciones.

- **Recepción**

Se hizo la recepción de la materia prima fruto de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en el laboratorio de química de la “Universidad Tecnológica de los Andes”.

- **Lavado**

El fruto de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) se lavó manualmente utilizando agua destilada, el proceso de lavado se realizó 3 veces. Este proceso elimino impurezas.

- **Pelado**

Para obtener la cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), se llevó a cabo un pelado manual utilizando un cuchillo para realizar el corte y extraer la cáscara.

- **Cortado**

Se cortó la cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en piezas de alrededor de 1 cm de grosor y dimensiones de 3 cm de largo por 3 cm de ancho, empleando un cuchillo.

- **Secado**

En esta etapa se colocó la cáscara de pitahaya amarilla en bandejas metálicas y se llevó a secar en una estufa a 105 °C durante 10 horas, desde las 8:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. del mismo día. Este proceso efectuó en el laboratorio de la “Universidad Tecnológica de los Andes”. El cálculo relacionado con la liberación de agua durante el proceso de secado se detalla en el (anexo 12).

- **Pesado**

Se realizó el pesado de la cáscara de pitahaya amarilla “(*Hylocereus megalanthus*)” el cual se realiza la calibración y se realiza el pesado utilizando la misma balanza analítica que fue calibrada previamente para asegurar la exactitud del peso.

- **Molienda**

Para realizar este proceso se utilizó un molino clásico el cual se apretó el tornillo de ajuste para obtener molienda más fina. Seguidamente la cáscara de pitahaya amarilla fue previamente cortada en trozos pequeños de 1 cm de grosor y dimensiones de 3 cm por 3 cm y luego se procedió a realizar el proceso de la molienda. Este proceso se realiza para obtener una muestra homogénea y representativa.

- **Tamizado**

Para el tamizado se empleó la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), se tamizó siguiendo la serie Tyler, utilizando un tamiz con malla N° 40, que tiene una granulometría de 425 µm. Este proceso se realizó para obtener partículas más finas, asegurando así una textura uniforme y adecuada para su aplicación.

- **Envasado.**

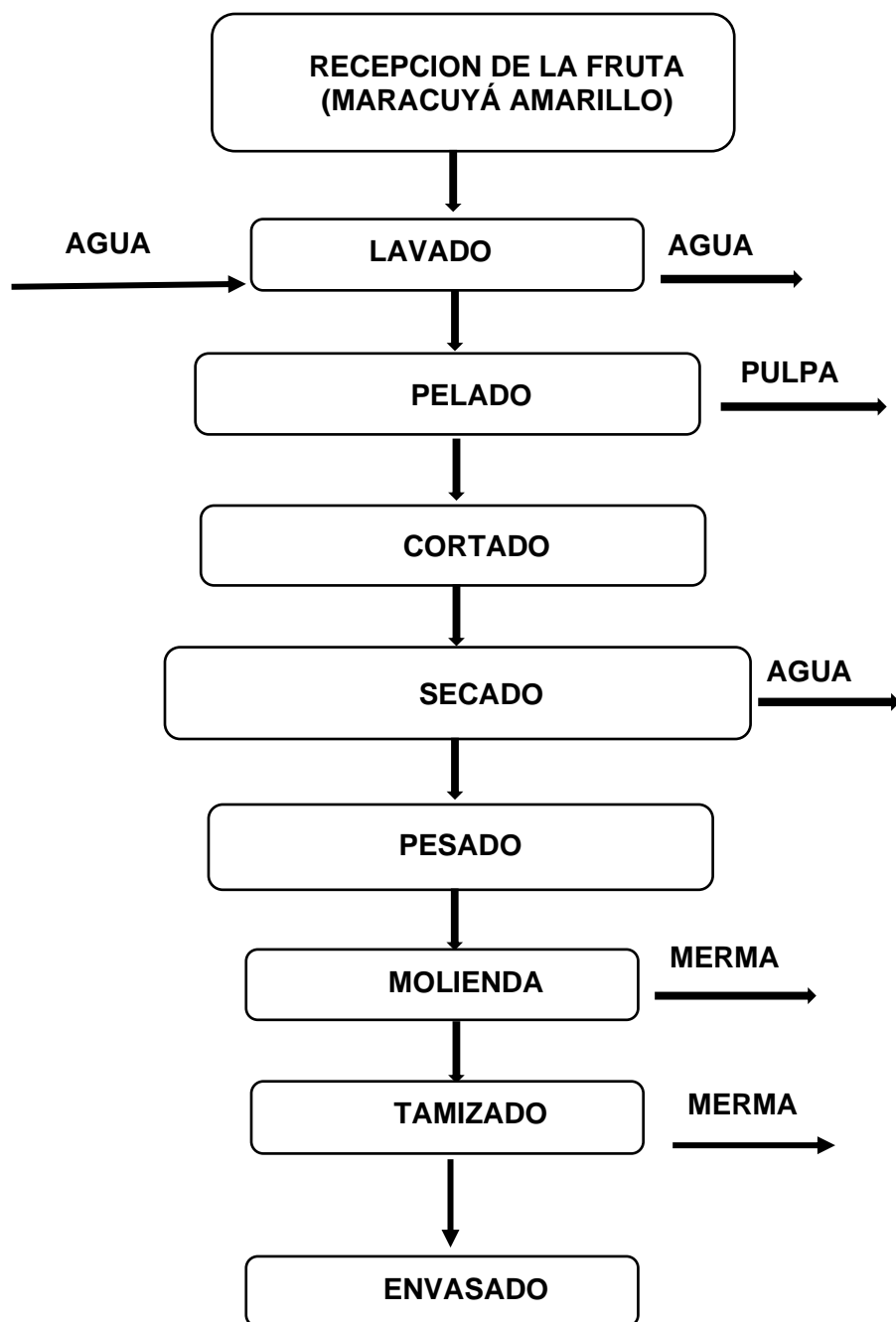
En este procedimiento, se envaso la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en una bolsa de polietileno manteniéndola en un entorno seco.

#### 4.5.1.2. Obtención de la Harina de Cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora Edulis*)

- a. Diagrama de flujo cualitativo, obtención de la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)

**Figura 9**

Diagrama de flujo cualitativo de la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)



- b. Descripción del diagrama de flujo cualitativo que ilustra el proceso de elaboración de harina a partir de la cáscara del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)

Para la obtención de la harina de cáscara de maracuyá amarillo se usó la metodología desarrollada por Espíritu et al. (2021), con ciertos cambios.

- **Recepción**

Se recibió la materia prima fruto de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en el laboratorio de química de la “universidad tecnológica de los andes”.

- **Lavado**

El fruto de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) fue limpiado a mano con agua destilada, repitiendo el lavado en tres ocasiones. Este procedimiento ayudó a eliminar impurezas.

- **Pelado**

Para obtener la cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), se realizó un pelado manual con un cuchillo, que se utilizó para hacer el corte y retirar la cáscara.

- **Cortado**

Se cortó la cáscara de maracuyá amarillo “(*Passiflora edulis*)” en piezas de alrededor de 1 cm de grosor y dimensiones de 3 cm de largo y ancho, empleando un cuchillo.

- **Secado**

En esta etapa la cáscara de maracuyá amarillo fue dispuesta en bandejas metálicas y sujetó al proceso de secado en estufa a 105 °C por un tiempo de 10 horas, desde las 8:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. del mismo día. Este procedimiento se realizó en el laboratorio de la “Universidad Tecnológica de los Andes”. El cálculo relacionado con la liberación de agua durante el proceso de secado se detalla en el (anexo 12).

- **Pesado**

Se realizó el pesado de la cáscara de maracuyá "(Passiflora edulis)", el cual se realiza la calibración y se realiza el pesado utilizando la misma balanza analítica que fue calibrada previamente para asegurar la exactitud del peso.

- **Molienda**

Para realizar este proceso se utilizó un molino clásico el cual se apretó el tornillo de ajuste para obtener molienda más fina. Seguidamente la cáscara de maracuyá amarilla fue previamente cortada en trozos pequeños de 1 cm de grosor y dimensiones de 3 cm por 3 cm y luego se procedió a realizar el proceso de la molienda. Este proceso se realiza para obtener una muestra homogénea y representativa.

- **Tamizado**

Para el tamizado se empleó la harina de cáscara de maracuyá amarilla (Passiflora edulis) se tamizó siguiendo la serie Tyler, utilizando un tamiz con malla N° 40, que tiene una granulometría de 425  $\mu\text{m}$ . Este proceso se realizó para obtener partículas más finas, asegurando así una textura uniforme y adecuada para su aplicación.

- **Envasado.**

En este procedimiento, se envaso la harina de cáscara de maracuyá amarilla "(Passiflora edulis)" en una bolsa de polietileno manteniéndola en un entorno seco.

#### **4.5.2. Factores que Influyen en el Proceso de Coagulación**

Ayudan a optimizar la formación de flóculos, que son grupos de partículas que se aglutinan para facilitar su remoción.

Entre los factores tenemos.

El tipo de coagulante, el tipo de agua y la dosis de coagulante son factores cruciales en el proceso de coagulación El tipo de coagulante debe seleccionarse según el tipo de agua a tratar y la concentración de sólidos en suspensión. La dosis

adecuada se determina mediante pruebas y debe ser suficiente para neutralizar la carga de los contaminantes y formar flóculos grandes.

**Tabla 21**

*Tipo de coagulante, tipo de agua y dosis de coagulante*

Tipo de coagulante		Coagulante natural	
Tipo de agua		Agua turbia	
coagulante	Dosis (g/L)	Jarra N°	
Harina de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ) y harina de cáscara de maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> )	100	1	
	120	2	
	140	3	
	160	4	
	180	5	
	200	6	

El pH del agua afecta la capacidad del coagulante para interactuar con las partículas suspendidas, ya que cada tipo de agua presenta un rango de pH ideal para lograr una coagulación eficiente. Por otro lado, la temperatura del agua influye en la eficacia del proceso, pues la rapidez con la que se forman los flóculos depende de este factor. Además, la conductividad eléctrica desempeña un papel relevante en la coagulación, ya que incide en la estabilidad de las partículas coloidales que están en suspensión.

**Tabla 22**

*Características del agua madre*

Ensayo realizado	Unidad de medida	Instrumentos de medición	Resultados del muestro
Turbidez	UNT	turbidímetro	279.02
Temperatura	°C	Multiparámetro	19.02

<b>Ensayo realizado</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumentos de medición</b>	<b>Resultados del muestro</b>
pH	Valor de pH	Multiparámetro	7.02
Conductividad	μS/cm	Multiparámetro	297.36

El tipo de mezcla influye en el proceso de coagulación del agua, ya que de ello depende cuán eficazmente se distribuyen los coagulantes y se favorece la unión de las partículas suspendidas. La mezcla rápida facilita la dispersión inmediata del coagulante, lo que ayuda a neutralizar las cargas de las partículas. Por otro lado, la mezcla más lenta propicia el agrupamiento gradual de las partículas, formando flóculos de mayor tamaño y densidad, los cuales pueden sedimentarse con mayor facilidad.

**Tabla 23**

*Métodos de mezcla*

	<b>Secuencia</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Tiempo</b>
Mezcla rápida	1	150 RPM	10 minutos
Mezcla lenta	2	50 RPM	5 minutos

#### **4.5.3. Metodología Para la Toma de Muestras**

Se empleó como metodología el procedimiento de toma de muestras que está establecido en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que expidió la (ANA, 2016). Este protocolo emplea un enfoque de muestreo simple. A continuación, se describieron los pasos a seguir para llevar a cabo el muestreo simple.

##### **a) Muestreo simple en la microcuenca del río Chumbao**

Se prepararon los materiales y, a continuación, se llevó a cabo el reconocimiento del área de estudio y la identificación del punto de muestreo. Estos

aspectos fueron registrados en la ficha de campo (Anexo 2) y, además, se contó con un registro fotográfico como evidencia (Anexo 13).

- Se considero el cuidado necesario para llevar a cabo el muestreo, y asimismo se coloca el guante, las botas de goma y la mascarilla.
- El rótulo de cada frasco se elaboró con la información necesaria.
- Se ubicó el punto medio de la corriente principal, donde la corriente fue homogénea para evitar que se formaran aguas estancadas.
- A continuación, se tomó un frasco de un litro de capacidad, se retiró la tapa y la contratapa sin tocar la superficie del frasco.
- Antes de recaudar las muestras, los frascos se enjuagaron dos veces.
- Se tomó la botella por la parte inferior del cuello, que se sumergió en sentido contrario al flujo del agua, y luego se cerró el envase.

#### **b) Conservación y transporte de muestra**

- Una vez que se tomó la muestra de agua turbia, se almacenó de inmediato en cajas térmicas (coolers) en posición vertical para evitar derrames. Luego, se añadió gel refrigerante para conservar y proteger la muestra. Además, se mantuvo las cajas térmicas en un lugar sombreado para asegurar una mejor conservación de la temperatura.
- La muestra fue llevado al laboratorio de investigación de materiales para el tratamiento de agua y alimentos, donde se llevó a cabo el proceso de test de jarras.

#### **4.5.4. Metodología Para el Test de Jarras**

Durante la prueba se adoptó la metodología de Choque et al. (2018). Se usó el método de test de jarras para establecer la dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla “(*Hylocereus megalanthus*)” y harina de cáscara de maracuyá amarillo “(*Passiflora edulis*)”.

Este procedimiento se realizó utilizando un equipo de prueba denominado test de jarras, que consiste en seis vasos de precipitación de 1 litro de capacidad cada uno, junto con un variador que permite tanto agitación rápida como lenta.

#### **4.5.4.1. Preparación de Solución Madre**

La elaboración de la solución madre se llevó a cabo siguiendo las metodologías propuestas por diversos autores, quienes coinciden en sus enfoques, tales como de Choque et al. (2018).

Para realizar a cabo la preparación de la solución madre, primero se utilizará la harina de cáscara de pitahaya amarilla. Posteriormente, este procedimiento se repetirá con la harina de cáscara de maracuyá amarillo.

Para llevar a cabo la preparación de la solución madre, se procedió a realizar una mezcla utilizando harina de cáscara de pitahaya amarilla. En primer lugar, se midieron 50 gramos de esta harina con una balanza analítica, tomando en cuenta que 50 gramos corresponden a 50 mililitros. Posteriormente, se vertieron 500 ml de agua destilada en una probeta graduada de 1 litro y se incorporaron los 50 gramos de harina de cáscara de pitahaya amarilla, obteniendo un total de 550 ml de mezcla. Finalmente, la mezcla resultante se dejó reposar durante un período de 2 horas. Posteriormente, se realizó una filtración simple utilizando un medio poroso, como el papel filtro. El papel filtro se coloca en un embudo y se vierte la mezcla. De este modo, se obtuvo una solución madre adecuada para llevar a cabo la coagulación. Seguidamente se tomó la solución madre de un vaso precipitado de 1 litro y se agitó durante 1 minuto para lograr una mezcla homogénea, luego se procedió a sacar con una pipeta volúmenes de 10 ml, 12 ml, 14, 16 ml, 18 ml y 20 ml y así obtener la concentración de cada volumen (100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L) de la solución para determinar la dosis. El proceso de obtención de datos de las concentraciones se detalla en el (anexo 11).

#### 4.5.4.2. Medida de la Turbidez Inicial

Para calcular el nivel de turbidez inicial, se utilizaron las muestras de agua turbia recogidas en la microcuenca del río Chumbao. Se empleó un turbidímetro para registrar los datos relacionados con la turbidez inicial.

#### 4.5.4.3. Desarrollo del Test de Jarras

##### a. Metodología para determinar la dosis

- Seguidamente se tomó muestras recolectadas de agua turbia de la microcuenca del río Chumbao, la cual se midió en una probeta de un litro. Luego, se vertió ese litro en un vaso precipitado y se colocó en el equipo de test de jarras en la primera jarra. Este procedimiento se repitió con las otras cinco jarras.
- Continuando con el procedimiento, después de haber vertido el agua turbia en las distintas jarras, se procedió a agregar las dosis en diversas concentraciones que se obtuvieron de la solución madre. La primera jarra recibió 100 g/L, la segunda 120 g/L, la tercera 140 g/L, la cuarta 160 g/L, la quinta 180 g/L y la sexta 200 g/L.
- Para efectuar un adecuado proceso de coagulación, se realizó una agitación rápida, ajustando el equipo de prueba de jarras a una velocidad de 150 rpm. Tras 15 minutos de mezcla rápida, se redujo la velocidad a 50 rpm para una mezcla lenta durante 5 minutos. Al concluir este tiempo, se apagó el equipo y se retiraron con cuidado las aspas de las jarras, dejándolas reposar durante 5 minutos para permitir la sedimentación.
- Finalmente, se recogió el sobrenadante de cada jarra y se vertió en pequeños vasos de precipitados para realizar la prueba de turbidez. En el turbidímetro, se seleccionó el recipiente donde se agregarían las muestras previamente extraídas con la pipeta para llevar a cabo el análisis. A continuación, se encendió el turbidímetro, se calibró y se registró la lectura en la unidad de nefelometría de turbidez.

##### b. Metodología para Determinar el Porcentaje de la Eficiencia de Remoción

- Para lograr una eficiente remoción de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), se utilizó una solución con una dosis de 200 g/L. Se realizó una agitación rápida durante 15 minutos, seguida de una mezcla lenta a 50 rpm durante 5 minutos y luego se permitió una sedimentación de 5 minutos.

Para determinar la eficiencia de remoción de la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, se aplicó la fórmula propuesta por Balderrama et al. (2023).

#### Para la eficiencia de remoción

$$\text{Eficiencia de Remoción (\%)} = \frac{T_o - T_f}{T_o} \times 100$$

$T_o = \text{Turbidez inicial (NTU)}$

$T_f = \text{Turbidez final (NTU)}$

#### 4.5.5. Metodología de Uso de Turbidímetro

Para el uso de turbidímetro se utilizó los siguientes pasos.

- Preparación de la Muestra:** La muestra fue homogénea y representativa del volumen a analizar. Fue crucial evitar interferencias como el color o los sólidos suspendidos que pudieran haber afectado la lectura.
- Calibración del Instrumento:** Antes de realizar las mediciones, el turbidímetro fue calibrado utilizando una solución estándar.
- Medición:** Se introdujo la muestra en el turbidímetro y se registró la lectura. Fue importante realizar las mediciones en condiciones controladas para asegurar resultados precisos y reproducibles.
- Análisis de Resultados:** La turbidez se expresó en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

#### **4.6. Análisis de Datos**

El informe proporcionado por el laboratorio de investigación en materiales para el tratamiento de aguas y alimentos detalla los resultados obtenidos sobre la turbidez en la microcuenca del río Chumbao, se realizaron la sistematización para la representación con pruebas estadísticas. Se aplicó la prueba t de Student para evaluar la eficiencia de remoción, considerando significativo un valor de  $p < 0.05$ . Asimismo, se emplearon la prueba HSD de Tukey y el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si la dosis influye significativamente en la remoción de turbidez, utilizando muestras independientes con varianzas desiguales. El análisis se realizó con un nivel de confianza del 95 %, aceptando la hipótesis nula si  $p > 0.05$  y aceptando la hipótesis alternativa si  $p < 0.05$ .

#### **4.7. Consideraciones Éticas**

Se evaluó la contribución de cada autor mediante una mención concisa en el cuerpo del texto, complementada con una referencia completa en formato APA. Esta práctica tiene como finalidad reconocer la autoría, proteger los derechos de propiedad intelectual y facilitar al lector el acceso a la fuente original para una comprensión más profunda del contenido. La totalidad de los datos utilizados en esta investigación fue recopilada y analizada con un compromiso riguroso hacia la objetividad y la transparencia, asegurando en cada etapa el pleno respeto por los derechos de propiedad intelectual.

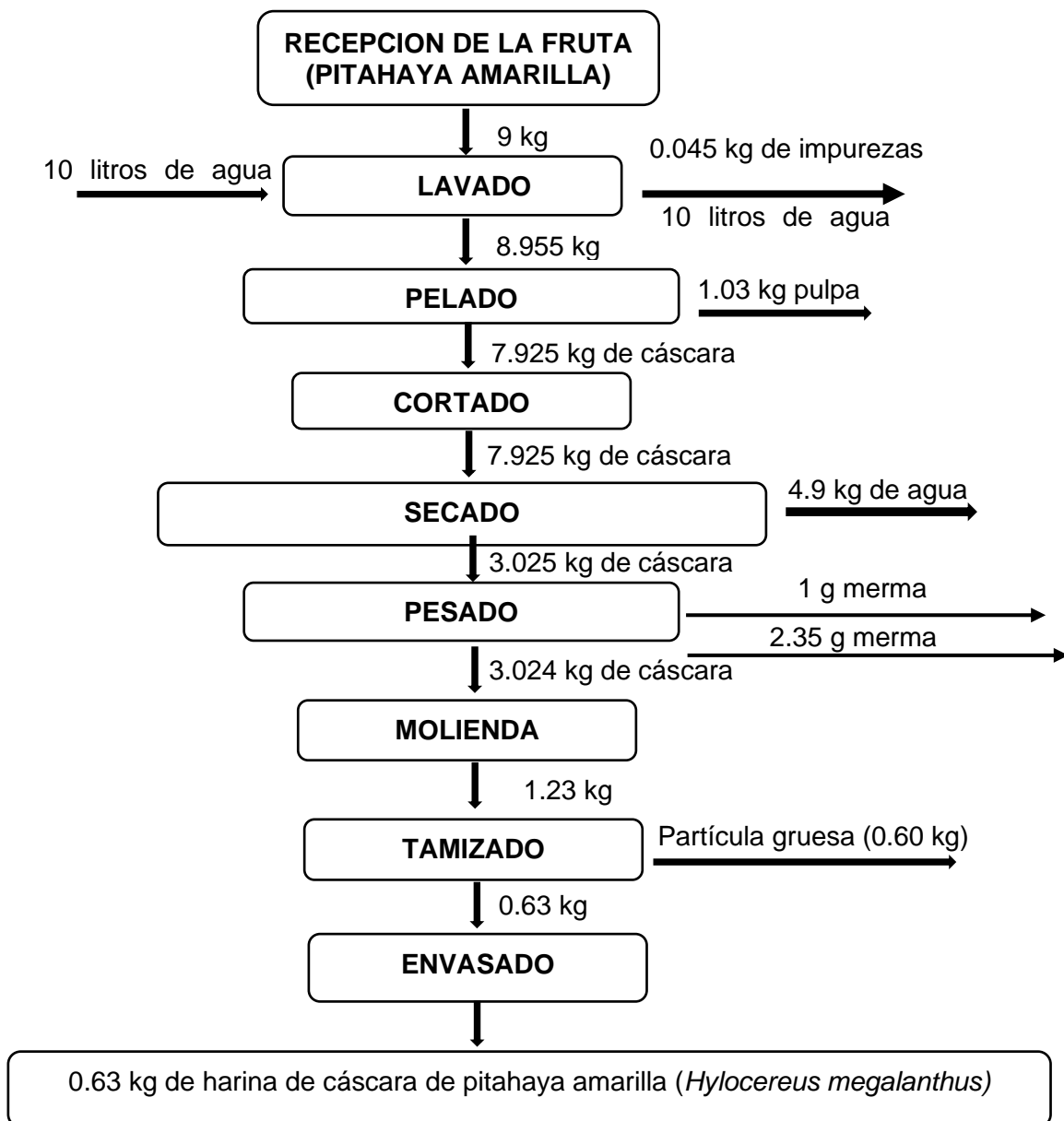
## V. Resultados y discusión

### 5.1. Obtención de la Harina de Cáscara de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*) y Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

- a. Diagrama de flujo cuantitativo, obtención de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

**Figura 10**

Diagrama de flujo cuantitativo de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

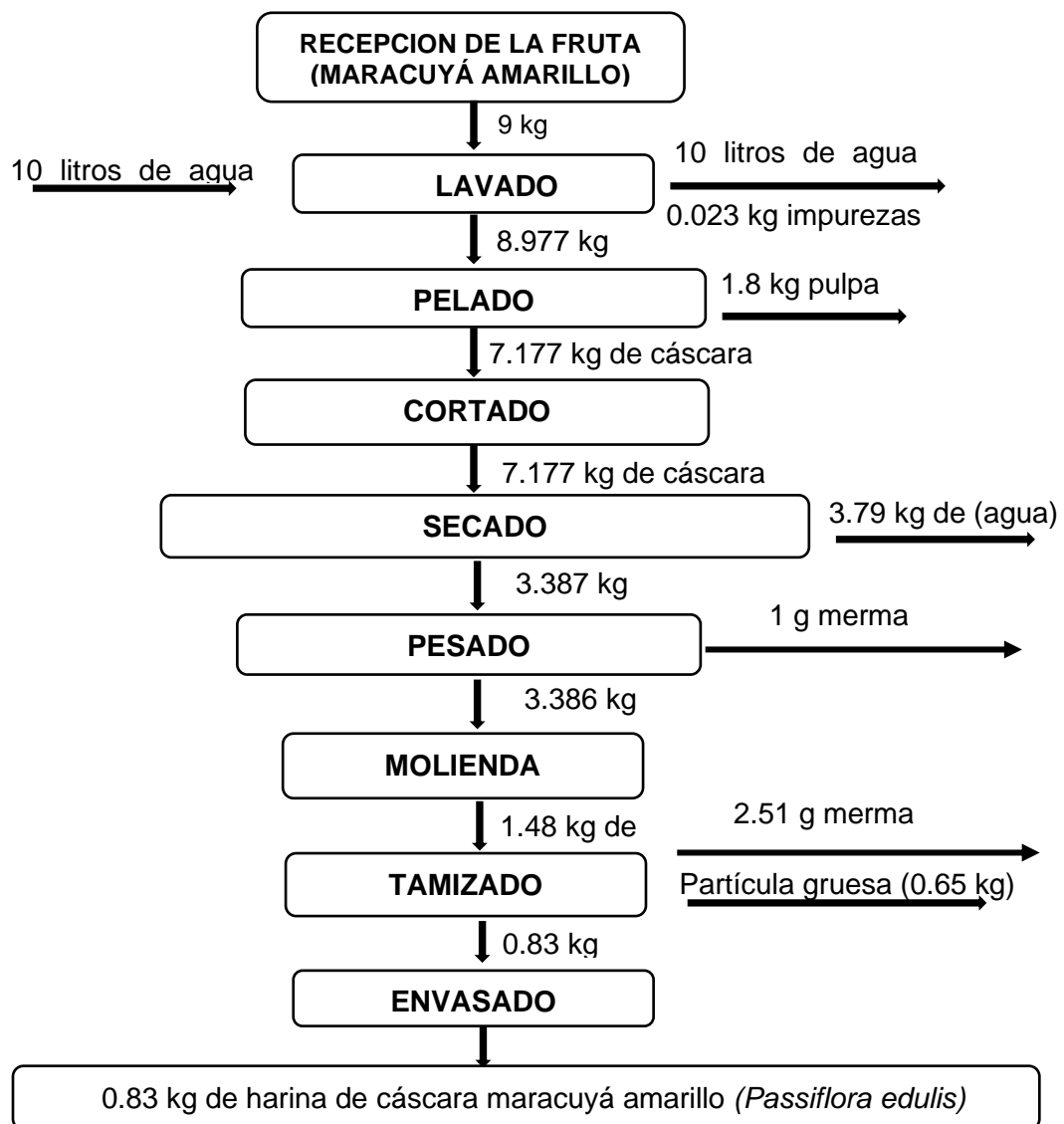


Para obtener la arina de la cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), se utilizó 9 kg de fruto de pitahaya, el resultado más preponderante fue que se obtuvo una harina de cáscara de 0.63 kg con una granulometría de 425  $\mu\text{m}$ . Este resultado se comparó con el trabajo realizado por Cueva (2020), donde se emplearon 20 kg de cáscara de pitahaya amarillo para obtener 2 kg de harina con una granulometría más fina de 600  $\mu\text{m}$ . Aunque la investigación de Cueva muestra una mayor obtención de harina, requiere más recursos, lo que podría resultar en un mayor consumo de materia prima. Por otro lado, nuestro estudio es más conciso, ya que utiliza menos insumos y es más rápido.

b. Diagrama de flujo cuantitativo, obtención de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)

**Figura 11**

Diagrama de flujo cuantitativo de la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)



Para obtener la harina de la cáscara de maracuyá amarillo, se utilizaron 9 kg de fruto de pitahaya. Como resultado, se obtuvo 1.48 kg de harina de cáscara, de los cuales 0.65 kg correspondieron a materia gruesa. Así, se logró obtener 0.83 kg de

harina de cáscara de maracuyá amarillo con una granulometría de 425  $\mu\text{m}$ . Este resultado se comparó con el estudio realizado por Castañeda (2021), quien utilizó 10 kg de maracuyá amarillo y obtuvo 0.2734 kg de harina de cáscara pitahaya amarillo, utilizando un tamiz con un tamaño de poro de 10  $\mu\text{m}$ . En comparación con nuestro estudio, nosotros logramos obtener 0.83 kg, mientras que Castañeda alcanzó solo 0.27 kg, lo que demuestra que nuestra obtención es superior.

## 5.2. Turbidez Inicial del Agua turbia de la Microcuenca del Río Chumbao

El resultado obtenido de la prueba inicial de turbiedad del agua de la microcuenca del río Chumbao se muestra en la tabla 26, se aprecia que el valor obtenido de 279.2 UNT.

**Tabla 24**

*Turbidez inicial del agua de la Microcuenca del río Chumbao*

Parámetro	Unidad	Inicial
Turbidez	UNT	279.2

## 5.3. Resultado del Proceso de Coagulación Evaluado Mediante el parámetro de Turbidez al Utilizar la Dosis de Harina de Cáscara de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*)

Se utilizó una solución de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en diversas dosis de (100 g/ L, 120 g/ L, 140 g/ L, 160 g/ L, 180 g/ L y 200 g/ L), considerando el valor inicial de turbidez. La determinación de la dosis se llevó a cabo mediante test de jarras. Los hallazgos obtenidos se reflejan en la tabla 27.

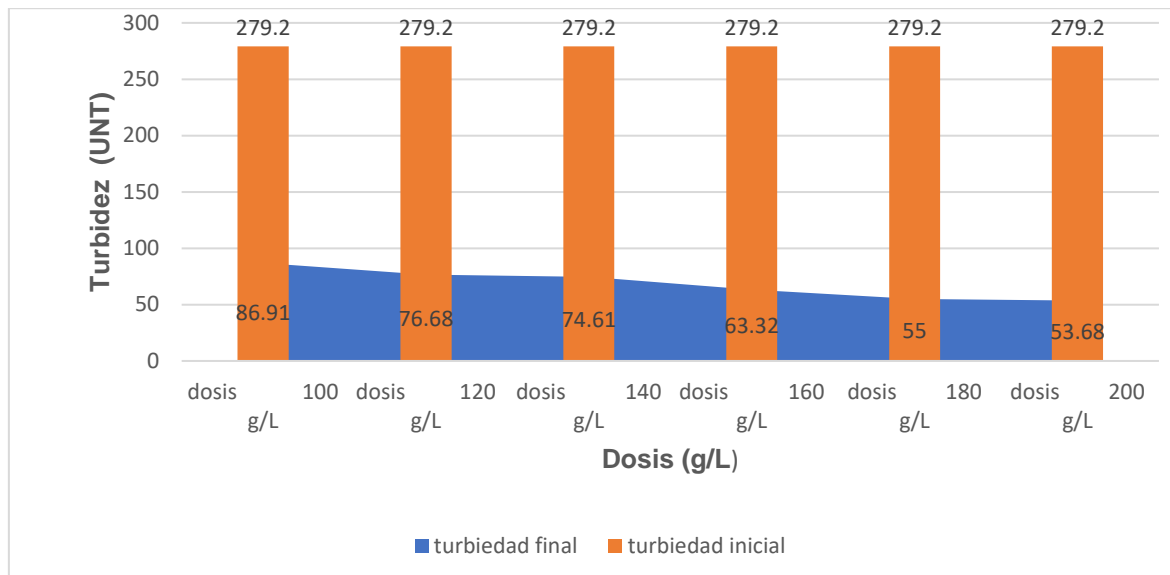
Tabla 25

Test de jarras para la harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*)

Coagulante	Jarras	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )	Dosis (g/L)	Turbiedad Inicial (UNT)	Agitación rápida (RPM)	Agitación lenta (RPM)	Tiempo Sedimentación (min)	Turbiedad final (UNT)
Harina de	Jarra 1	425	100	279.2	150	50	5	86.91
cáscara de	Jarra 2	425	120	279.2	150	50	5	76.68
Pitahaya	Jarra 3	425	140	279.2	150	50	5	74.61
amarilla	Jarra 4	425	160	279.2	150	50	5	63.32
( <i>Hylocereus</i>	Jarra 5	425	180	279.2	150	50	5	55
<i>megalanthus</i> )	Jarra 6	425	2000	279.2	150	50	5	53.68

**Figura 12**

Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)



La figura 14, ilustra los valores de turbidez al aplicar distintas dosis de solución de harina de cáscara de pitahaya amarilla “(*Hylocereus megalanthus*)”. Se observa que al utilizar dosis de 100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L. Se logró una notable reducción de la turbidez, pasando de 279.2 UNT a valores de 86.91 UNT, 76.68 UNT, 74.61 UNT, 63.32 UNT, 55 UNT y 53.68 UNT respectivamente. Esto demuestra que las dosis más altas ejercen mayor potencial de acción, porque reducen la turbidez en mayor medida. Asimismo, el estudio realizado por Pereyra et al. (2023), mostró resultados al utilizar el polvo de cáscara de pitahaya “(*Hylocereus Megalanthus*)” como un coagulante natural para la remoción de turbidez y sólidos totales disueltos (TDS) en las aguas del río Lambayeque, en su experimento utilizó diferentes dosis de 90 mg, 120 mg y 150 mg. El tratamiento logró una mejor remoción del 39.8 UNT en turbidez, partiendo de un valor inicial de 228 UNT, utilizando una dosis de 90 mg/L durante 15 minutos.

## Contraste de hipótesis

### Prueba de normalidad

Para determinar la prueba estadística más adecuada en el desarrollo del informe de investigación, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a los diferentes valores obtenidos. Esta prueba se utilizó con el propósito de verificar si los datos se ajustan a una distribución normal.

Con este propósito, se establecieron la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), con el fin de evaluar el cumplimiento del supuesto de normalidad, requisito fundamental para la aplicación de pruebas paramétricas. Así se tiene:

**$H_0$ :** Los datos siguen una distribución normal

**$H_a$ :** Los datos no siguen una distribución normal

Dónde: Sig >0,05 se acepta la  $H_0$  y Sig  $\leq$ 0,05 se acepta la  $H_a$

**Tabla 26**

*Prueba de normalidad*

Shapiro-Wilk					
Parámetro	coagulante	Dosis (g/L)	Estadístico	gl	Sig.
Turbiedad	Harina de	100	0.697	12	0.202
	cáscara de	120	0.703	12	0.209
	pitahaya	140	0.725	12	0.225
	amarilla	160	0.742	12	0.239
	( <i>Hylocereus</i>	180	0.759	12	0.239
	<i>Megalanthus</i> )	200	0.797	12	0.258
	Harina de	100	0.688	12	0.198
	cáscara de	120	0.692	12	0.204
	maracuyá	140	0.715	12	0.217
	amarillo	160	0.733	12	0.228
( <i>Passiflora</i>	180	0.751	12	0.234	
<i>edulis</i> )	200	0.786	12	0.241	

La Tabla 28 presenta los resultados de la prueba de normalidad aplicada a los datos, evidenciando que todos exhiben un valor de p superior a 0.05, lo que confirma que siguen una distribución normal de tipo paramétrico. En síntesis, se empleó el análisis de varianza (ANOVA), y prueba HSD de Tukey.

A fin de someter a prueba la hipótesis propuesta, se enunció la siguiente hipótesis.

**Ho:** Las dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) si afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

**Ha:** Las dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) no afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

Dónde: Sig >0,05 se acepta la Ho y Sig <0,05 se acepta la Ha.

Se utilizó un ANOVA de un factor como prueba estadística, dado que se evaluaron distintas dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L). Esta elección permitió comparar los grupos para afirmar si la dosis afecta significativamente en la remoción.

### Tabla 27

*Prueba Análisis de varianza (ANOVA) para la harina de cáscara de pitahaya amarilla*

MC					
Entre Grupos	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	Valor P
Dentro de Grupos	2	2554	1277	1.10	0.358
Error	15	17401	1160		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>19955</b>			

A partir de la tabla 29, se puede ver que el análisis ANOVA muestra que la dosis de harina de cáscara de pitaya tiene un valor F de 1.10 y un nivel de significancia de  $p = 0.358$ , el cual es mayor que 0.05. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula. Se afirma que la dosis tiene un impacto significativo en la remoción de turbidez.

La Tabla 29 expone el resultado del análisis de varianza (ANOVA), en el cual se obtiene un valor de  $p$  inferior a 0.05, lo que confirma un efecto estadísticamente significativo de las distintas dosis sobre la remoción de turbidez. En consecuencia, se usó la prueba HSD de Tukey para precisar entre qué grupos se manifiestan dichas diferencias.

**Tabla 28**

*Prueba HSD de Tukey para la harina de cáscara de pitahaya amarilla*

	HDS Tukey				Medias
	Jarras	Dosis (g/L)	Turbidez (UNT)	Sig. P - valor	Subconjunto para alfa = 0.05
Harina de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>hylocereus megalanthus</i> )	J1	100	86.91	0.197	(0.773034)
	J2	120	76.98	0.201	(0.804257)
	J3	140	74.61	0.222	(0.812123)
	J4	160	63.62	0.254	(0.833531)
	J5	180	55	0.287	(0.877457)
	J6	200	53.68	0.314	(0.8842137)

En la prueba HSD de Tukey se indica que las medias correspondientes a las dosis de (100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L) son estadísticamente diferentes entre sí, lo que se refleja en los valores  $p=0.197, 0.201, 0.222, 0.254, 0.287$  y  $0.314$ . Este hallazgo sugiere que cada dosis utilizada para la remoción de turbidez es significativamente distinta de las demás. Esto respalda la hipótesis de que aumentar la dosis de harina de cáscara de pitahaya mejora la remoción de turbidez y permite identificar la mejor dosis en este caso es de 200 g/L, ya que esta dosis muestra la mayor remoción

con una media de (0.8842137) y un valor p de 0.314, según el análisis realizado en la tabla de Tukey.

#### **5.4. Resultados del Proceso de Coagulación al Utilizar la Dosis de Harina de Cáscara de Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)**

La tabla 31 presenta los resultados del proceso de coagulación en el test de jarras, en la que se analizó el parámetro de turbiedad utilizando dosis de solución de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) de 100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/ L, 180 g/L y 200 g/L.

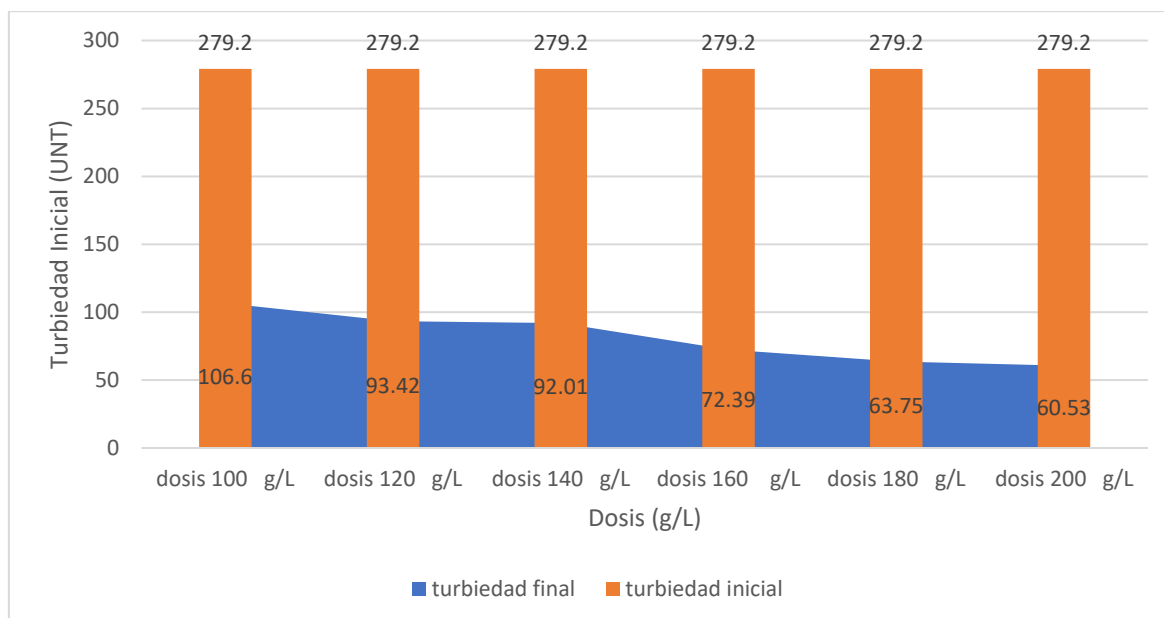
**Tabla 31**

Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)

coagulante	Jarras	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )	Dosis (g/L)	Turbiedad Inicial (UNT)	Agitación rápida (RPM)	Agitación lenta (RPM)	Tiempo Sedimentación (min)	Turbiedad final (UNT)
Harina de	Jarra 1	425	100	279.2	150	50	5	106.6
cáscara de	Jarra 2	425	120	279.2	150	50	5	93.42
maracuyá	Jarra 3	425	140	279.2	150	50	5	92.01
amarillo	Jarra 4	425	160	279.2	150	50	5	72.39
( <i>Passiflora</i>	Jarra 5	425	180	279.2	150	50	5	63.75
<i>edulis</i> )	Jarra 6	425	200	279.2	150	50	5	60.53

**Figura 13**

Gráfico que muestra los resultados obtenidos del proceso de coagulación en el test de jarras para la harina de cáscara maracuyá (*Passiflora edulis*)



La figura 15 ilustra los valores de turbidez al aplicar distintas dosis de solución de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*). Se observa que al utilizar dosis de 100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L. Se logró una notable reducción de la turbidez, pasando de 279.2 UNT a valores de 106.6 UNT, 93.42 UNT, 92.01 UNT, 73.39 UNT, 63.75 UNT y 60.53 UNT respectivamente. Esto evidencia que las dosis más elevadas poseen un mayor potencial de eficacia, ya que logran reducir la turbidez en una proporción más significativa. Asimismo, el estudio realizado por García (2023), al evaluar la harina de cáscara de maracuyá ("*Passiflora edulis*") como coagulante para el tratamiento de aguas residuales, se observó que una dosis de 30 mg/L permitió reducir la turbidez hasta 73 NTU. Los hallazgos evidenciaron que la dosis óptima era de 30 mg/L, logrando una remoción de turbidez del 40,58% y disminuyendo la turbidez inicial de 160 NTU a 73 NTU.

### Contraste de hipótesis

A fin de someter a prueba la hipótesis propuesta, se enunció la siguiente hipótesis.

**Ho:** Las dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) si afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

**Ha:** Las dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) no afecta significativamente en la remoción de turbiedad de las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

Dónde: Sig >0,05 se acepta la Ho y Sig <0,05 se acepta la Ha.

Se utilizó un ANOVA de un factor como prueba estadística, dado que se evaluaron distintas dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L); Esta elección permitió comparar los grupos para afirmar si la dosis afecta significativamente en la remoción.

**Tabla 29**

*Prueba Análisis de varianza (ANOVA) para la harina de cáscara de maracuyá amarillo*

MC					
Entre Grupos	Dosis	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor F	Valor P
	2				
Dentro de Grupos	4	2346	1173	0.87	0.291
	6				
Error	15	15123	1012		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>17469</b>			

A partir de la tabla 32, se puede ver que el análisis ANOVA muestra que la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo tiene un valor F de 0.87 y un nivel de significancia de  $p = 0.291$ , el cual es mayor que 0.05. Por consiguiente, se acepta la

hipótesis nula. Se afirma que la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo tiene un efecto significativo en la remoción de turbidez.

La Tabla 32 muestra el análisis de varianza (ANOVA), donde se puede apreciar como el valor p supera el 0,05, indicando que la dosis incide notablemente en la remoción de turbidez. Por esta razón, se aplicó la prueba de HSD de Tukey.

**Tabla 30**

*Prueba HSD de Tukey para la harina de cáscara de maracuyá amarillo*

	HDS Tukey				Medias
	Jarras	Dosis (g/L)	Turbidez (UNT)	Sig. P - valor	Subconjunto para alfa = 0.05
Harina de cáscara de maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> )	J1	100	106.6	0.184	(0.745476)
	J2	120	93.42	0.191	(0.770476)
	J3	140	92.01	0.195	(0.782176)
	J4	160	72.39	0.216	(0.807579)
	J5	180	63.75	0.271	(0.831523)
	J6	200	60.53	0.295	(0.851468)

En la prueba HSD de Tukey se indica que las medias correspondientes a las dosis de (100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L) son estadísticamente diferentes entre sí, lo que se refleja en los valores  $p=0.184, 0.191, 0.195, 0.216, 0.271$  y  $0.295$ . Este hallazgo sugiere que cada dosis utilizada para la remoción de turbidez es significativamente distinta de las demás. Esto respalda la hipótesis de que aumentar la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo mejora la remoción de turbidez y permite identificar la mejor dosis en este caso es de 200 g/L, ya que esta dosis muestra la mayor remoción con una media de (0.851468) y un valor p de 0.295, según el análisis realizado en la tabla de Tukey.

### 5.5. Eficiencia de Coagulación de la Harina de Cáscara de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*) y Harina de Cáscara de Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

A continuación, para tener una mejor interpretación se muestra la fórmula del porcentaje de eficiencia en la remoción de harina de cáscara de pitahaya amarilla “(*Hylocereus megalanthus*)” y harina de cáscara de maracuyá amarillo “(*Passiflora edulis*)”. Este análisis se realizó empleando una dosis de solución de harina de 200 mg/L, sujeta a agitación rápida a de 150 rpm por 10 minutos, seguida de agitación lenta a 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 5 minutos.

#### Para la eficiencia de remoción

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{T_o - T_f}{T_o} \times 100$$

$$T_o = \text{Turbidez inicial (NTU)}$$

$$T_f = \text{Turbidez final (NTU)}$$

En el (anexo 10) se describe el proceso para calcular los valores de eficiencia de remoción de harina de cáscara de pitahaya “(*Hylocereus megalanthus*)” y harina de cáscara de maracuyá amarillo “(*Passiflora edulis*)” utilizando la fórmula de porcentaje de remoción. Con base en la información presentada en la tabla 34, se elaboró la figura 16, que ilustra el gráfico de la eficiencia en la remoción de turbidez asociada a estas harinas.

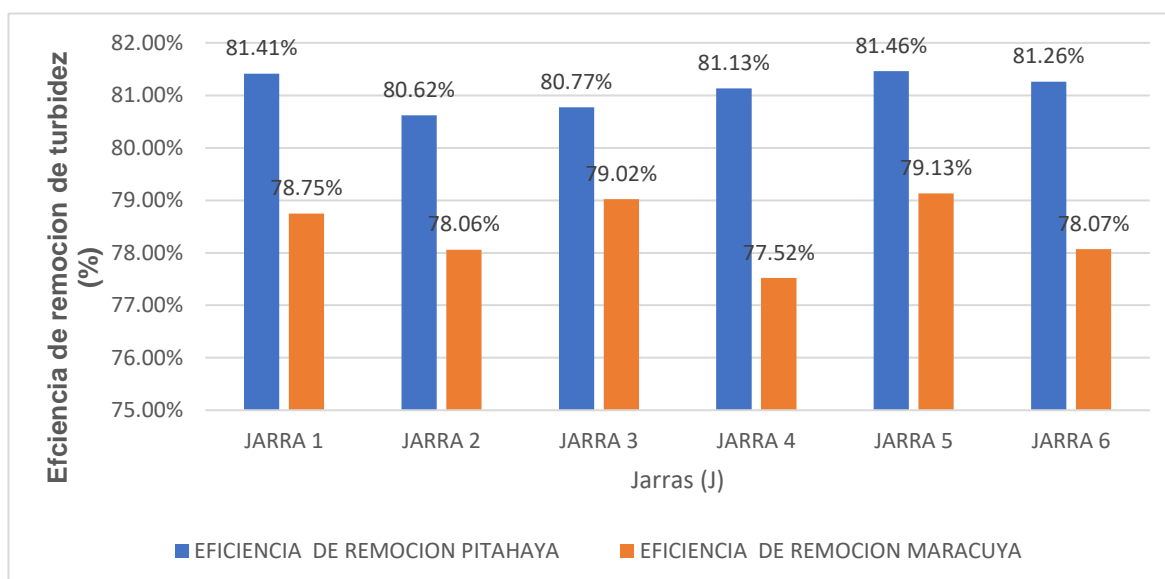
Tabla 31

Eficiencia de coagulación de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)

Jarra N°	Granulometría (µm)	Dosis (g/L)	Tiempo de sedimentación (min)	Eficiencia de remoción %			
				Turbiedad (UNT)			
				Pitahaya amarilla	maracuyá amarillo		
Jarra 1	425	200	5	51.89	81.41%	59.32	78.75%
Jarra 2	425	200	5	54.10	80.62%	61.23	78.06%
Jarra 3	425	200	5	53.69	80.77%	58.55	79.02%
Jarra 4	425	200	5	52.48	81.13%	62.76	77.52%
Jarra 5	425	200	5	51.74	81.46%	58.13	79.13%
Jarra 6	425	200	5	52.31	81.26%	61.22	78.07%

Figura 14

Gráfico que muestra los resultados de la eficiencia entre la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)



Según la figura 16, al aplicar una dosis de 200 g/L, se observó que la eficiencia de remoción utilizando harina de cáscara de pitahaya amarilla “(*Hylocereus megalanthus*)” alcanzó un 81.46%, el valor más alto registrado entre todas las jarras. Por su parte, la harina de cáscara de maracuyá amarillo “(*Passiflora edulis*)” mostró una eficiencia del 79.13%, considerando que ambos se evaluaron bajo las mismas condiciones. Además, el estudio realizado por Sifuentes (2019), mostro resultados al utilizar semilla de maracuyá “(*passiflora edulis*)” en la remoción de la turbidez, en su experimento utilizo diferentes dosis de 5 ml y 15 ml y granulometría de la semilla (fina y gruesa). Los mejores resultados se alcanzaron al emplear una dosis de 15 mL y una granulometría gruesa de semilla de maracuyá. El tratamiento logró una mejor remoción del 85 UNT y 50 UNT en turbidez, partiendo de un valor inicial de 198 UNT, lo que representa porcentajes de remoción superiores al 60 % y 80 %, respectivamente.

### **Contraste de Hipótesis**

#### **Prueba de T de Student**

Se lleva a cabo una prueba estadística para aceptar o rechazar la hipótesis, con el fin de comprobar la eficiencia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de turbiedad. Para este propósito, se usó la prueba t de Student para muestras relacionadas, dado que este análisis compara dos momentos específicos: uno anterior y otro posterior a la intervención. De este modo, las observaciones servirán como control para identificar los cambios que ocurren tras la aplicación de una variable experimental en cada réplica, tal como se plantea en esta investigación Ramos (2019).

En esta prueba, se llevó a cabo una comparación entre la turbidez inicial y la turbidez final, enfocándose en la turbidez generada al añadir harina de cáscara de pitahaya y harina de cáscara de maracuyá amarillo.

**Ho:** La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) si son eficientes en la remoción de turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

**Ha:** La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) y no son eficientes en la remoción de turbiedad en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas.

Dónde: Sig >0,05 se acepta la Ho y Sig <0,05 se acepta la Ha.

**Tabla 32**

*Prueba T Student para comprobar la eficiencia*

Pruebas t student muestras emparejas									
Harina de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> ) y harina de cáscara de maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> )	Diferencias emparejadas				95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	superior				
	684766	180306	104100	68.0287	68.9245	0.257	2	0.183	

En la tabla 35 se puede observar que, en la prueba t de Student, el p-valor es superior a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alternativa (Ha). Esto indica que tanto la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) como la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) son efectivas para bajar la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, ubicado en Andahuaylas.

### 5.6. Eficiencia de Coagulación de la Harina de Cáscara de Pitahaya (*Hylocereus Megalanthus*) en Comparación con la Harina de Cáscara de Maracuyá Amarillo (*Passiflora Edulis*)

Para identificar cuál de las harinas es más eficiente, se emplearon los datos de eficiencia mostrados en la tabla 34, titulada “Eficiencia de coagulación de la harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)”. Se calculó el promedio del número de jarras utilizadas para obtener un valor único que permita realizar la comparación el cual se visualiza en la tabla 36.

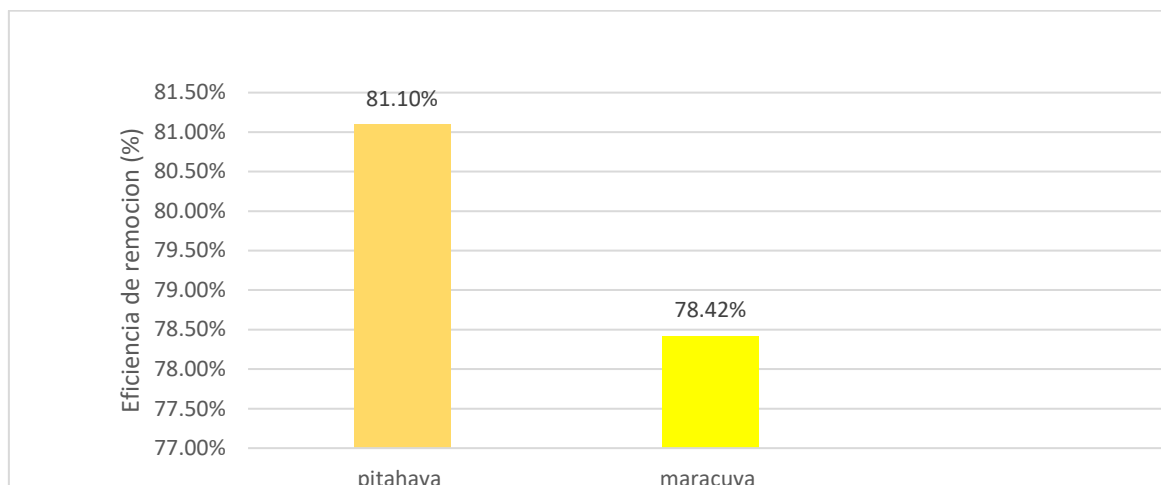
**Tabla 33**

*Cuadro comparativo de la eficiencia de coagulación de las harinas de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)*

Jarra N°	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )	Dosis (mg/L)	Tiempo de sedimentación (min)	Eficiencia de remoción %	
				Turbiedad (UNT)	
				Pitahaya amarilla	Maracuyá amarillo
Jarra 1	425	20	5	81.41%	78.75%
Jarra 2	425	20	5	80.62%	78.06%
Jarra 3	425	20	5	80.77%	79.02%
Jarra 4	425	20	5	81.13%	77.52%
Jarra 5	425	20	5	81.46%	79.13%
Jarra 6	425	20	5	81.26%	78.07%
<b>Promedio</b>				<b>81.10%</b>	<b>78.42%</b>

**Figura 15**

Gráfico comparativo de la eficiencia de remoción de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*)



En la figura 17 se observa que, entre las dos harinas utilizadas, la de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) demostró ser más eficaz, alcanzando un porcentaje de remoción de turbidez del 81.10%. En contraste, la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) logró una remoción inferior, del 78.42%. Además, Bautista (2019), en su investigación titulada "Uso de harina de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), melocactus (*Melocactus peruvianus*) y penco (*Opuntia macbridei*)", aplicó cuatro tratamientos de harina de cáscara melocactus a 90 mg/L, harina de cáscara de pitahaya a 90 mg/L, harina de cáscara de penco a 90 mg/L y un tratamiento control, realizando cinco réplicas. En su estudio, la harina de cáscara pitahaya logró una remoción de turbidez del 37.79%, mientras que el tratamiento con penco registró solo un 8.80% y el melocactus un 4%. Por último, concluyó que el tratamiento más eficiente fue el que utilizó pitahaya a 90 mg/L, obteniendo una remoción del 37.79%

### Contraste de Hipótesis

**Ho:** La harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) tiene mayor eficiencia de remoción de turbiedad a diferencia de la harina de cáscara maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*).

**Ha:** La harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) tiene mayor eficiencia de remoción de turbiedad a diferencia de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*).

### Tabla 34

*Prueba T Student al comparar la harina de cáscara de pitahaya amarilla y harina de cáscara de maracuyá amarillo*

Pruebas t student para igualdad de medias								
Diferencias emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig
				Inferior	superior			
Harina de cáscara de pitahaya amarilla ( <i>Hylocereus megalanthus</i> )	684766	180306	104100	89.0287	89.9245	0.257	2	0.195
Harina de cáscara de maracuyá amarillo ( <i>Passiflora edulis</i> )	586589	167859	854589	69.25624	68.78925	0.145	2	0.132

En la tabla 37, se puede apreciar que, al aplicar la prueba t de Student para la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara

de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), se evidencia una diferencia en los resultados obtenidos. El valor p de 0.195 para la harina de cáscara de pitahaya es superior al p de 0.132 correspondiente a la harina de cáscara de maracuyá amarillo. Por ello, se acepta la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y se rechaza la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ), lo que indica que la harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) presenta una mayor eficacia en la remoción de turbidez en comparación con la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*).

## VI. Conclusiones

- Para obtener la harina a partir de la cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), se emplearon 9 kg de materia prima (frutos de pitahaya amarilla), lo que resultó en 0.63 kg de harina de cáscara pitahaya. De manera similar, para obtener harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*), se utilizaron 9 kg de materia prima (frutos de maracuyá), el cual se obtuvo 0.83 kg de harina de cáscara de maracuyá. Por consiguiente, el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) presenta mayor contenido de la harina que la pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*).
- Se concluye que tanto la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) como la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) son eficientes para la remoción de la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao, Andahuaylas. La harina de cáscara de pitahaya logró una reducción de turbidez del 81.46%, el porcentaje más alto registrado en el estudio. Por su parte, la harina de cáscara de maracuyá amarillo alcanzó una remoción de 79.13%, también un valor notable. El análisis estadístico realizado con la prueba t de Student indica que tanto la pitahaya como el maracuyá tienen un p-valor superior a 0.05, lo que sugiere una eficacia mayor, con un p-valor de 0.183. Esto implica que las harinas de cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarillo son efectivas para remover la turbidez en las aguas de la microcuenca del río Chumbao.
- Se determinó las dosis de harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) en la remoción de turbiedad. Se aplicaron dosis en concentración de 100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L, los resultados mostraron que la dosis de 200 g/L fue la mejor dosis, logrando una turbidez final de 53.68 UNT. El análisis ANOVA revela un efecto significativo en la remoción de la turbidez. Por esta razón, se lleva a cabo la prueba de Tukey, que demuestra que las medias de las diferentes dosis son estadísticamente distintas entre sí. Los valores obtenidos son  $p=0.197$ ,  $0.201$ ,  $0.222$ ,  $0.254$ ,  $0.287$  y  $0.314$ , destacando especialmente la dosis de 200 g/L, la cual presenta la mayor remoción con una media de (0.8842137) y un valor p de 0.314. Se concluyó que la dosis de harina de cáscara de

pitahaya amarilla tiene un impacto significativo en la disminución de la turbidez, y que las dosis más altas producen un efecto más pronunciado al reducir la turbidez en mayor medida.

- Se determinó las dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) en la remoción de turbiedad. Se utilizaron dosis de concentración de 100 g/L, 120 g/L, 140 g/L, 160 g/L, 180 g/L y 200 g/L, se observó que la dosis de 200 g/L de harina de cáscara de maracuyá amarillo logró una reducción de turbidez de 279.2 UNT a 60.53 UNT. El análisis ANOVA revela un efecto significativo en la remoción de la turbidez. Por esta razón, se lleva a cabo la prueba de Tukey, que demuestra que las medias de las distintas dosis son estadísticamente distintas entre sí. Los valores obtenidos son  $p=0.184$ ,  $0.191$ ,  $0.195$ ,  $0.216$ ,  $0.271$  y  $0.295$ , destacando especialmente la dosis de 200 g/L, la cual presenta la mayor remoción con una media de (0.851468) y un valor  $p$  de 0.295. Se concluyó que la dosis de harina de cáscara de maracuyá amarillo tiene un impacto significativo en la disminución de la turbidez, y que las dosis más altas producen un efecto más pronunciado al reducir la turbidez en mayor medida.
- Se realizó una comparación de la efectividad en la remoción de turbidez utilizando harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*). Los hallazgos evidenciaron que la harina de cáscara de pitahaya amarilla logró una eficiencia del 81.11%, mientras que la harina de cáscara de maracuyá amarillo alcanzó un 78.43%. El análisis estadístico mediante la prueba  $t$  de Student muestra que la pitahaya amarilla presenta una mayor eficacia, con un valor  $p$  de 0.195, en comparación con la harina de cáscara de maracuyá amarillo, que tiene un valor  $p$  de 0.132. En conclusión, los resultados indican que la harina de cáscara de pitahaya amarilla es más efectiva para remoción de la turbidez en comparación con la harina de cáscara de maracuyá amarillo.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda que el contenido de agua en la cáscara de pitahaya amarilla y maracuyá amarillo debe ser más bajo para facilitar el proceso de tamizado.
- Se recomienda para investigaciones futuras modificar las variables de análisis como, dosis, velocidad, a fin de conocer posibles cambios en cuanto a la dosis para la remoción de la turbiedad.
- Proseguir con la investigación acerca de la harina de cáscara de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) y la harina de cáscara de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) para identificar maneras de realzar sus propiedades y optimizar su eficacia.
- Desarrollar estudios más amplios sobre otros coagulantes naturales y varios parámetros para disminuir la turbidez del agua, con el fin de analizar la efectividad de estos métodos.
- Utilizar otras especies nativas del país, con el fin de comparar su eficacia en la remoción de la turbidez del agua en la microcuenca del río Chumbao.
- Se recomienda a la Universidad Tecnológica de los Andes que establezca un laboratorio que cuente con un sistema de test de jarras. Esto permitirá realizar experimentos que imiten las fases de coagulación, con el objetivo de fomentar la investigación en el tratamiento de aguas.

## VIII. Referencias

- Armijos Correa , K. S., & Delgado Davila Monica de Fatima, M. D. (2022). *Diseño y optimización de un sistema de coagulación-floculación para el tratamiento de agua residual del camal del cantón Pasaje*. Universidad Tecnica de Machala, Machala. Obtenido de [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21159/1/Trabajo\\_Titulación\\_1368.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21159/1/Trabajo_Titulación_1368.pdf).
- Autoridad Nacional del Agua (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Lima , Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>.
- ANA (1992). Proyecto Irrigación Chumbao (Vols. I-A). Andahuaylas.
- Agua, A. N. (2020). Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1410225/RJ%20151-2020-ANA.pdf>.
- Agrarias, D. G. (2024). Dinamica de la Producción y precios de la pitahaya en el Perú 2019-2024 a julio. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7087896/5543457-dinamica-de-la-producción-y-precios-de-la-pitahaya-en-el-Perú.pdf?v=1729086584>.
- Andía Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de Agua - coagulación y floculación y floculación. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/tratamiento-y-abastecimiento-de-agua-potable/tratamiento-de-agua-coagulación-y-floculación/66157557>.
- Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación*. SEDAPAL, Perú. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico>

de-acapulco/fisicoquimica/tratamiento-de-agua-coagulación-y-floculación/11926159.

Arias Gonzales, J., & Mitsuo Covinos. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. University of British Columbia - Vancouver. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/352157132>.

Aziz, H., & Mohamad Sobri, N. (2015). Extracción y aplicación de coagulantes a base de almidón del tronco de sagú para el tratamiento semi-aeróbico de lixiviados de vertederos. *Environmental Science and Pollution Research*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-015-4895-7>.

Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. 7(4). doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.118>.

Bautista García, M. (2019). Uso de harina de pitahaya (*hylocereus megalanthus* (k. schum. ex vaupel) ralf bauer), melocactus (*melocactus peruvianus vaupel*) y penco (*opuntia macbridei britton & rose*) para remover turbidez en agua sin tratamiento destinada para el consumo humano en la tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. universidad nacional amazonastoribio rodríguez de mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1826>.

Balderrama Arredondo, J. A., & Damiano Amao, R. D. (2023). Eficiencia del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y papa (*Solanum tuberosum*) en la clarificación de aguas residuales del camal municipal de San Jerónimo, 2022. *Para optar el título profesional de: Ingeniero Ambiental*. Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/items/b32fe359-c0f4-40d3-aa5f-45181c5a903f>.

- Benjamín, A., Carmen, F., Luis, G., & Esteban, M. (2022). Efecto de la exposición del colorante textil rojo versatint en solución acuosa ante un plasma de aire a presión atmosférica., 80-93. <https://doi.org/10.35429/h.2022.9.80.93>.
- Castañeda Contreras, H. M. (2021). Influencia de pH y concentración de cáscara de maracuyá en la adsorción de plomo de un efluente minero de Llacuabamba-Pataz. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental*. Universidad Privada del Norte, Perú. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_c6897a1921fda0ccbb760812c0e28c45](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_c6897a1921fda0ccbb760812c0e28c45).
- Campos Rodriguez, J., Acosta Coral, K., Moreno Rojo, C., & Paucar Menacho, L. M. (2023). Maracuyá (*Passiflora edulis*): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, Vol.14 no.4. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>.
- Cepis. (1975). Polimeros Naturales y su Aplicación como Ayudante de Floculación. Lima, Perú: Serie de documentos tecnico 2. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/370751526/Polimeros-Naturales-y-su-Aplicación-como-Ayudantes-de-la-Floculación>.
- Cabrera Bermúdez, X., Fleites Ramírez, M., & Contreras Moya, A. M. (2009). Estudio del Proceso de Coagulación Floculación de Aguas Residuales de la Empresa Textil "DEsembarco del Granma" a Escala de Laboratorio. *Tecnología Química*, XXIX, 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543760009>.
- Calle Clavijo , G. A. (2021). Identificación de un Coagulante Orgánico para el Tratamiento del Agua en el Acueducto veredal Rancho Largo del Municipio de Samaná. *Proyecto de Investigación para optar al título de: Ingeniero Ambiental*. Universidad

Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Colombia . Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/41998/1/Gacallec.pdf>.

Choque, Solano, & Ramos. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, vol.38 no.2. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200008).

Choque Quispe, D., Ligarda Samanez, C. A., Solano Reynoso, A. M., Ramos Pacheco, B. S., Quispe Quispe, Y., Choque Quispe, Y., & Kari Ferro, A. (2021). Índice de calidad de agua en la microcuenca altoandina Índice de calidad de agua en la microcuenca altoandina. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(1, 37-73,. doi:10.24850/j-tyca-2021-01-02.

Contyquim. (s. f.). *Importancia de los floculantes en procesos industriales*. Contyquim. <https://contyquim.com/blog/importancia-de-los-floculantes-en-procesos-industriales>.

Cueva Calle, R. M. (2020). Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya (*Selenicereus undatus* (haw) d.r. hunt) para uso de raciones alimenticias de animales. *Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial*. Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/878>.

Delegido, J., Urrego, P., Vicente, E., Sòria-Perpinyà, X., Soria, J., Pereira-Sandoval, M., ... & Moreno, J. (2019). Turbidez y profundidad de disco de secchi con sentinel-2 en embalses con diferente estado trófico en la comunidad valenciana. *Revista De Teledetección*, (54), 15. <https://doi.org/10.4995/raet.2019.12603>.

Dussán Sarria, S., Hurtado Hurtado, D. L., & Camacho Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de

Quinoa y Chontaduro. Información tecnológica, 30(5).  
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>.

Escobedo Soberón, G. M. (2013). Valorización de la cáscara de maracuyá (*passiflora edulis f. flavicarpa deg.*) como sub producto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico. Tesis para optar por el título de ingeniería industria. universidad católica santo toribio de mogrovejo, Perú.

Enríquez, M. A., & Lopez, R. (2022). Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya de descarte (*selenicereus undatus* (haw) d.r. Hunt). FABICIB, Vol XXV( N° 26).  
doi:10.14409/fabicib.v26i2.12257.

Espíritu Castillo, C. W., & Valladares Huarcaya, L. C. (2021). Influencia de la cáscara de maracuyá y Influencia de la cáscara de maracuyá y papa en la reducción de contaminantes de lixiviados del botadero de la Municipalidad Provincial de Chupaca en el año 2021. Para optar el Título Profesional de. Universidad Continental , Huancayo, Perú. Obtenido de:

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12390/2/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Espiritu\\_Valladares\\_2022.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12390/2/IV_FIN_107_TE_Espiritu_Valladares_2022.pdf).

Fernández Huaripata, L. M. (2020). Optimización de los procesos de coagulación y floculación en los sistemas de las plantas de tratamiento de agua potable, 2010-2020. una revisión sistemática. *Trabajo de investigación para optar al grado de: Bachiller en Ingeniería Industrial*. Universidad Privada del Norte, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25929/Trabajo%20de%20Investigación%20%2820%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Fernández Ríos, M., & C Sánchez, J. (1997). Eficacia Organizacional; Concepto de Desarrollo y Evaluación. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=d3z\\_i6znsFUC&oi=fnd&pg=PR1](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=d3z_i6znsFUC&oi=fnd&pg=PR1)

7&dq=Fern%C3%A1ndez-

R%C3%ADos,+M.+y+S%C3%A1nchez,+J.,+(1997)+Eficacia+Organizacional.+Madrid.&ots=Ad\_DpmlBDN&sig=Q77f-

n1f7p5QCzB\_3f9x3KVX6t4#v=onepage&q=Fern%C3%A1ndez-

R%C3%ADos%2C%2.

Garcia Caro, S. K. (2023). Eficiencia de dos tipos de coagulantes a base de cáscara de naranja y maracuyá para el tratamiento de aguas residuales en el anexo de cocachimba, Amazonas. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14077/3516>.

Hernández, & Lucio. (2018). Diseños experimentales de investigación: preexperimental, experimentos “verdaderos” y cuasiexperimentos. MacGraw Hill Education. Obtenido de <http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/Lecturas>.

Huertas Oleas, J. A. (2022). Utilización del aloe vera y la cáscara de pitahaya amarilla como coagulante para el tratamiento de aguas para el consumo humano. Escuela Politecnica Nacional, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22673>.

Kweiyor, E., & Rathilal, S. (3 de abril de 2019). Aplicación de coagulantes orgánicos en el tratamiento de agua y aguas residuales. doi:10.5772/intechopen.84556.

Lopez Perez, M. (2020). Evaluación del uso de la cactácea opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas, [Tesis para optar el título profesional de ingeniería ambiental, Universidad agraria la molina]. Repositorio Digital, Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3541/lopez-perez-malena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

López Briones, S. I. (2023). Remoción de la turbidez presente en el río utcubamba de la localidad de pedro ruiz gallo-amazonas mediante el coagulante natural elaborado de la penca de *hylocereus megalanthus* (pitahaya amarilla) en el año 2023. *Tesis para optar al título profesional de: Ingeniera Ambiental*. Universidad Privada del Norte, Perú . Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/35078>.

Natalia Ramírez, L. J. (2012). Enfoque Ecológico. 17. Obtenido de <https://trabajosocialygsocial.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/10/enfoque-ecologico-1.pdf>.

Mayra teresa , p. (2022). evaluación de la pitahaya amarilla (*cereus triangularis haw*) como floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavado vehicular. *previo a la obtención del título de ingeniería ambiental y ecodesarrollo*. pontificia universidad católica del ecuador, ecuador. obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8076959f-b08a-496c-baf2-3155d6966c3b/content>.

MINAGRI. (2017). *El sistema nacional de recursos hídricos*.

MVCS. (2006). Norma OS.090: Planta de tratameinto de aguas residuales. *Diario el Peruano*, 21. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/norma-os-090pdf/254672762>

MVCS. (2013). resolución ministerial n° 273-vivienda: protocolos de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales-ptar. *diario el peruano*.

Obregón La Rosa, A. J., Contreras López, E., Elías Peñafiel, C., Muñoz Jauregui, A. M., Yuli Posadas, R. Á., & Córdor Salvatierra, E. J. (2021). Perfil nutricional y fisicoquímico de la pitahaya cultivada en la costa central del Perú. *Facultad de Agronomía*(39). doi:DOI: [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n1.11](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n1.11).

Olvera Garay, P. A. (2023). Aprovechamiento de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la elaboración de nuggets vegetal como aporte de fibra para el consumo humano. Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero agroindustrial. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/olvera%20garay%20pedro%20anthony%20.pdf>.

Pereyra Herrera, & Salazar Torres. (2023). Evaluación de efectividad de la Pitahaya (*Hylocereus Megalanthus*) como coagulante en la remoción de turbidez y TDS en aguas del río Lambayeque. Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química. Universidad nacional pedro ruiz gallo, Lambayeque. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/12432>.

Ramos Marcos , J. M. (2019). Eficiencia de la cáscara de papa (*Solanum Tuberosum*) y la cáscara de yuca (*Manihot Esculenta*) en la remocion de materia organica en aguas residuales domesticas del parque maria reiche , miraflores -2018. Para optar el titulo de Ingeniero Ambiental, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/790>.

Racchumí Linares, K. C. (2015). Determinación del grado de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en la localidad de Segunda Jerusalén-Rioja 2014. Para Obtener el Título Profesional de: Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/0e43d5ca-cc1c-46e0-b552-e94313ee9ea4>.

Restrepo Osorno, H. A. (2009). Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable, [ Universidad Nacional de Colombia]. Medellín

[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239\\_2009.pdf?sequ](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239_2009.pdf?sequ).

Rojas, R. (2002). Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, 19. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/Gestión\\_Integral\\_del\\_Tratamiento\\_AR-libre.pdf?1533264908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso\\_Internacional\\_Gestión\\_INTEGRAL\\_DE\\_T.pdf&Expires=1750617263&Signature=Pe678HZotFDiR~HHxRamflmiDJ](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/Gestión_Integral_del_Tratamiento_AR-libre.pdf?1533264908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso_Internacional_Gestión_INTEGRAL_DE_T.pdf&Expires=1750617263&Signature=Pe678HZotFDiR~HHxRamflmiDJ).

Romero rojas, J. (2009). *Calidad del Agua*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/671349674/Calidad-Del-Agua-3ra-Edición-Jairo>.

Rosales, J. R. E. M. X. A. M. M. L. R. N. (s. f.). UAPA. Soluciones y cálculos de concentración. [https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2498/mod\\_resource/content/6/UAPA-Soluciones-Calculos-Concentración/index.html](https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2498/mod_resource/content/6/UAPA-Soluciones-Calculos-Concentración/index.html)Romero-3.

Saravia Solares, P. C. (2017). Determinación de los índices de calidad del agua ICA-NSF para consumo humano de los ríos teocinte y acatán, que abastecen la planta de tratamiento de agua santa luisa zona 16, guatemala. Agua, Saneamiento & Ambiente. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1424/897>.

Sifuentes Iparraguirre, J. (2019). Evaluación del coagulante natural obtenido de la semilla de maracuyá (*passiflora edulis*) en la remoción de la turbidez de una solución modelo. tesis para optar el título profesional de: ingeniera ambiental. universidad privada del norte, lima, Perú. obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/24352>.

Syed Ismail, S. N., Kather Mahiddin, N. A., & Mangala Praveena, S. (2018). El uso de cáscaras de fruta del dragón como coagulantes ecológicos para aguas residuales. Ajab, 112-117. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/325484309\\_The\\_used\\_of\\_dragon\\_fruit\\_peels\\_as\\_eco-friendly\\_wastewater\\_coagulants](https://www.researchgate.net/publication/325484309_The_used_of_dragon_fruit_peels_as_eco-friendly_wastewater_coagulants).

Trang Thi , C. T., Duong Nguyen , T. T., Anh Phuong, L. T., Ngan Thi , T. P., Takaomi , K., & Khoa Dang , N. (2 de Octubre de 2024). Pectina de residuos de fruta como cocoagulante natural para el tratamiento de materia orgánica y turbidez en aguas residuales. *Química y Tecnología de la Celulosa*, 59 (1-2), 71-83. doi: <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2025.59.07>.

Terrones Coba, L. K. (2018). Determinación de la eficiencia de floculación en la mezcla de (aloe vera y citrus reticulata) para la disminución de la turbidez en las aguas del Río Chico, del distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, región Cajamarca – 2018. *Tesis de pregrado*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú . Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6618565>.

Tendencias del Mercado del Maracuyá y Oportunidades en el Mercado Internacional. (2021). *Unidad de Inteligencia Comercial*, 33. Obtenido de <https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/288/Maracuyá%20-%20Julio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Tipán Guzmán , A. L. (2024). Estudio del comportamiento de polímeros orgánicos naturales, extraídos de materiales de desecho, como coagulantes y/o floculantes dentro del proceso de depuración de agua residual de la industria láctea. *Trabajo de integración curricular presentado como requisito para la obtención del título de ingeniera ambiental*. Escuela politécnica nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25695/1/CD%2014273.pdf>.

Uribe Ramírez, A. R., Rivera Aguilera, R., Aguilera Alvarado, A. F., & Murrieta Luna, E. (mayo de 2012). Agitación y Mezclado. *REVISTA ENLACE QUÍMICO*, VOL 4 NO 1, 9. Obtenido de

[http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6256/1/3\\_Agitación%20y%20mezclado.pdf](http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6256/1/3_Agitación%20y%20mezclado.pdf).

Vargas Calva, F. I. (2019). Extracción de pectina a partir de las cáscaras de dos variedades de pitahayas. *Trabajo de titulación, modalidad proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Químico*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19812>.

Verona Ruiz, A., Urcia Cerna, J., & Paucar Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, vol.11 no.3. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>.

Duarte, Y. A. Chaux, N. López, E. Largo, C. Ramírez, H. Núñez, & R. Simpson. (2016). Efectos de las condiciones de escaldado y secado con aire caliente sobre las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de los subproductos de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Var.Flavicarpa). Wiley. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpe.12425>.

Zafar, Tausif, Mohsin, Ahmad, & Zia-ul-Haq. (2015). Almidón de patata como coagulante para la eliminación de tintes de aguas residuales textiles. *Contaminación del agua, el aire y el suelo*. 226(8), 244. doi:<https://doi.org/10.1007/s11270-015-2499-y>.

Ziolkowska, J. (2020). Biofuels technologies: an overview of feedstocks, processes, and technologies., 1-19. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815581-3.00001-4>.