

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

UTILIZACIÓN DE ALOE VERA Y LA CÁSCARA DE LA PITAHAYA AMARILLA COMO COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

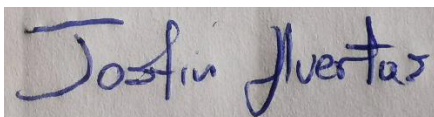
JOSTIN ABELARDO HUERTAS OLEAS

DIRECTOR: SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Jostin Huertas, declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Jostin Huertas

jostin.huertas@epn.edu.ec

Huertasjustin0@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Jostin Huertas, bajo mi supervisión.



Sandra Panchi

sandra.panchi@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Jostin Huertas

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis a mi persona, es un logro personal y un paso más a lo que deseo alcanzar.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerme por no rendirme a pesar de las circunstancias presentadas a lo largo del camino que atravesé para llegar hasta aquí, aún queda mucho por caminar pero estos logros sirven de impulso para no rendirse.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4 Floculación - coagulación.....	3
1.4 Floculantes.....	3
1.4 Tipos de floculantes.....	4
1.4 Aplicaciones.....	4
1.4 Coagulantes.....	4
1.4 Principales características de los coagulantes.....	5
1.4 Aloe vera y pitahaya amarilla.....	5
1.4 Cultivo de aloe vera en Ecuador.....	6
1.4 Cultivo de la pitahaya amarilla en Ecuador.....	7
1.4 Prueba de jarras.....	7
1.4 Potabilización del agua.....	8
1.4 Fuentes de agua.....	8
1.4 Características del agua.....	9
1.4 Características químicas.....	9
1.4 Características físicas.....	10
1.4 Contaminación por un floculante.....	11
1.4 Inconvenientes de usar floculantes naturales.....	11

2	METODOLOGÍA	10
2.1	Caracterización del agua a tratar.....	12
2.1	Obtención de la muestra controlada.....	12
2.2	Dosis adecuada de coagulante-floculante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla) para un adecuado proceso de clarificación.....	13
2.3	Efectividad del parénquima (aloe vera) y de la pitahaya amarilla como coagulante natural.....	15
2.4	Evaluación de las características del agua clarificada.....	17
3	RESULTADOS	17
3.1	Caracterización del agua.....	18
3.2	Dosis adecuada de coagulante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla).....	19
3.3	Efectividad de los coagulantes naturales (Pitahaya amarilla y aloe vera).....	21
3.4	Características de la muestra de agua controlada después del test de jarras.....	23
3.5	Características de la muestra controlada.....	25
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
6	ANEXOS.....	33
	ANEXO I.....	33
	ANEXO II.....	34
	ANEXO III.....	35
	ANEXO IV	36

RESUMEN

En este ensayo se estimó el poder de coagulación de los coagulantes naturales del aloe vera y de la cáscara de la pitahaya amarilla, comparando la eficiencia de ambos en cuanto a la remoción de la turbidez y la variación de la conductividad eléctrica, de una muestra de agua potable a la que se le adiciono tierra común (40 g) con la finalidad de obtener una muestra controlada con turbidez alta. Para realizar este estudio se preparó los coagulantes, se calculó la dosis adecuada y se realizó el test de jarras con las 6 concentraciones calculadas para cada uno de los coagulantes naturales, además se midió los parámetros de la muestra antes del proceso de test de jarras y también se midió los parámetros de cada una de las jarras después del proceso, para realizar un análisis y determinar el coagulante más eficiente.

PALABRAS CLAVE: Coagulante, pitahaya amarilla, aloe vera, turbidez, parámetros,

ABSTRACT

In this test, the coagulation power of the natural coagulants aloe vera and pitahaya amarillo. The peel was estimated, comparing the efficiency of, both in terms of turbidity removal and the variation of the electrical conductivity of a sample of drinking water to which common ground (40 g) was added to obtain a controlled sample with high turbidity. To carry out this study, the coagulants were prepared, the adequate dosage was calculated and the jar test was performed with the six concentrations calculated for each of the natural coagulants. In addition, the parameters of the sample were measured before the jar test process and the parameters of each of the jars were measured after the process, to perform an analysis and determine the most efficient coagulant.

KEYWORDS: Coagulant, pitahaya amarilla, aloe vera, turbidity, parameter

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El agua necesaria para abastecer a las poblaciones de agua potable se encuentra en escasez, por ello, los procesos para mejorar la calidad de agua son más estrictos y eficientes, esto trae consigo beneficios para la población, la preservación de la naturaleza y del recurso hídrico. Los controles de calidad del agua, son necesarios, importantes y de carácter obligatorio, esto asegura que la población que recibe el servicio de agua potable, obtenga un agua de buena calidad. Sin embargo, el 26.6 % de la población del país no tiene acceso a una fuente de agua segura (PRIMICIAS, 2020) debido a la escasez de fuentes de agua cercanas o a la falta de un sistema de distribución de agua potable, por lo que es importante implementar métodos de tratamientos de agua no convencionales que permitan mejorar la calidad del agua y cumplir con lo que exige la normativa (NTE INEN 1108 revisión 2020) agua apta para consumo humano.

El Ecuador enfrenta dos problemas principales relacionados con el acceso al agua: la cantidad y calidad del agua potable y la evacuación de aguas servidas, llamadas también aguas residuales. El tratamiento de aguas es muy costoso en nuestro país, y dentro del proceso se hace uso de productos sintéticos que tienen impacto en la salud del consumidor. Un estudio del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) muestra que el acceso al agua en el Ecuador para la zona rural alcanza a un 58.7 %, sin embargo, no es el único inconveniente, el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos midió la calidad del agua dando como conclusión que el 79.3 % de agua, a nivel nacional no está contaminada y un 20.7 % sí tiene contaminación (UNIVERSO, 2017). Así mismo la Red Nacional de la Calidad del Agua (SENAGUA) junto con la normativa vigente en el año 2015 midió el cumplimiento de los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano en el que se evidenció un 51 % de cumplimiento en el 2013, 52 % de cumplimiento en el 2014 y 55 % de cumplimiento en el 2015. (ENCA, 2016).

El uso de productos naturales en el proceso de tratamiento de aguas constituye una posibilidad para la reducción de los costos e impactos ambientales. En las últimas dos décadas, una estrategia innovadora de tratamiento de agua potable que utiliza coagulantes naturales ha demostrado una alta confiabilidad para la remoción de las partículas coloidales, dichas técnicas logran alta eficiencia en la eliminación de la turbidez y el color del agua.

El presente proyecto propone destacar las propiedades que ofrecen el aloe vera y la cáscara de la pitahaya amarilla como coagulantes, y evidenciar que poseen propiedades para la remoción de partículas coloidales. Estos elementos de la naturaleza son plantas

que se cultivan en el Ecuador como en muchos territorios de Latinoamérica y gracias a su reproducción acelerada es una potencial solución. Así, se representa una nueva estrategia para el tratamiento del agua potable que contribuye al ambiente y comunidad. En la actualidad las plantas de tratamiento de agua potable que emplee productos naturales durante el procedimiento de coagulación, son escasas. Se pretende lograr ahorros importantes y mitigar efectos negativos en la población y prevenir futuras enfermedades causadas por un tratamiento de aguas no adecuado.

1. Objetivo general

Utilizar el aloe vera y la pitahaya amarilla en el proceso de clarificación del agua para el consumo humano.

2. Objetivos específicos

- Determinar las características físico-químicas del agua a tratar.
- Determinar la dosis adecuada de coagulante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla) para un adecuado proceso de clarificación.
- Determinar la efectividad del parénquima (aloe vera) y de la pitahaya amarilla como coagulante natural
- Evaluar las características del agua clarificada

3. Alcance

Los análisis realizados de la eficacia de los coagulantes naturales para el proceso de clarificación del agua, se enfoca en alternativas de tratamiento aplicables en zonas rurales así como en plantas potabilizadoras. Cabe mencionar que estos coagulantes no solo tienen la cualidad de ser naturales, también de fácil preparación y uso, por lo que su adaptación a proyectos rurales podría resultar eficaz y eficiente. De este modo las personas con limitaciones de acceso a agua de calidad se verían beneficiados y podrían gozar de los múltiples beneficios que esto representaría.

4. Marco teórico

- **Floculación-coagulación**

El proceso de coagulación–floculación es un procedimiento eficaz para la división de partículas bastante finas de naturaleza coloidal que muestran una enorme insalubridad en el agua. Por otro lado, los límites óptimos de operación en este proceso necesitan ser

establecidos de manera empírica [1]. La coagulación utiliza sales minerales metálicas, los más usados son los coagulantes a base de aluminio o hierro, como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, normalmente las partículas sólidas en suspensión tienen una carga positiva y negativa (+ o -), por lo que se repelen, la función de los coagulantes es equilibrar las cargas dando paso a que las partículas sólidas no se repelen. Como se observa en la figura 1 el proceso de coagulación.



Figura 1.1 Proceso de coagulación

- **Floculantes**

La función que cumplen los floculantes es la de conglomerar las partículas suspendidas desestabilizadas presentes en el agua, que por consecuencia de la gravedad y el peso del conglomerado se sedimentan, de este modo la turbidez del agua se reduce de forma parcial o en su totalidad, depende del floculante usado. La variedad de floculantes en el mercado es amplia, hay aniónico, catiónico, natural, etc. Los floculantes naturales son los más utilizados, de preferencia aquellos extraídos de cactus, arbustos, cereales y nueces. [2]

- **Tipos de floculantes**

- **Catiónicos**

A base de co-polímeros de AETAC o METAC y acrilamida, esto quiere decir que poseen carga iónica positiva. Se pueden obtener en forma sólida, emulsionada y con diferentes pesos moleculares. [3]

- **Aniónicos**

A base de co-polímeros de ácido acrílico y acrilamida, esto quiere decir que poseen carga iónica negativa, con la característica que se junta a cargas positivas. A diferencia del catiónico, la capacidad de floculación radica en el aumento del peso molecular. Se puede conseguir en presentaciones emulsionadas o en polvo, según lo que se necesite. [3]

- **Aplicaciones**

Las diferentes aplicaciones de los floculantes permite abarcar varios aspectos como:

- Tratamiento de aguas residuales
- Producción de agua potable
- Formación de flocs en aguas residuales
- En piscinas
- En sistemas de deshidratación

Es importante determinar el uso al que se será destinado el floculante que se escoja, ya que, si aplica en áreas no designadas puede no funcionar o causar inconvenientes, debido a las dosis de aplicación para las diferentes áreas. [3]

- **Coagulantes**

La función que cumplen los coagulantes es crear una reacción química que elimina las cargas negativas de las partículas que se repelen entre sí. [4].

Las partículas en suspensión se desestabilizan por los coagulantes, formando coágulos que a su vez forman flocs o flóculos que serán decantados por el peso que adquieren en la sedimentación. [5]

Hay distintos coagulantes que se pueden usar, sin embargo, ésto dependerá de la efectividad, costos, disponibilidad y toxicidad del coagulante, es por esta última razón que se optan por coagulantes naturales al presentar menos grado de contaminación, aunque los coagulantes químicos son los más utilizados por su efectividad, menor costo y reduce parcialmente la DBO en el agua. [6]

- **Principales características de los coagulantes**

Las principales características de los coagulantes son:

- Los coagulantes causan la desestabilización (rápida), es decir posee una mayor valencia.
- Los coagulantes anulan el punto isoeléctrico.
- Los coagulantes poseen bajo peso molecular para facilitar la distribución en el agua a tratar.

- Los coagulantes eliminan las cargas negativas en la superficie por su elevada densidad de carga.
- **Aloe vera y pitahaya´**
 - **Aloe vera (Sábila).**

Se sabe de las propiedades medicinales del aloe vera y los diferentes usos que las personas le han dado a lo largo del tiempo, esta es una planta de especie suculenta que crece en climas cálidos y secos, esta planta es cultivada en Latinoamérica y en una zona fronteriza de Estados Unidos y México, una de sus cualidades es que puede ser cultivada en maceta, además de presentar diferentes beneficios para la salud. Sin embargo, debe cumplir ciertos aspectos para que pueda crecer ya sea en un jardín o en una maceta. En la actualidad la sábila ha pasado por varios experimentos en laboratorio, dando como resultado en uno de los estudios que es eficiente en la remoción de partículas coloidales, el mucílago atrapa estas partículas, resultando eficiente para el tratamiento de agua potable. [7]



Figura 1.2. Aloe vera [7]

- **Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*)**

La Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es un fruto proveniente de un tipo de cactus originario de Centroamérica y la selva peruana, este fruto puede presentar distintas tonalidades como roja, púrpura, roja, blanca y amarilla. Este fruto resulta beneficioso para la salud por las propiedades que presenta (Anggie Verona, 2020). Después de algunos estudios, la pitahaya de color amarillo mostró ser efectiva en la remoción de partículas coloidales, gracias a los carbohidratos presentes en el fruto, responsables de la coagulación, para el estudio realizado se comparó el sulfato de aluminio que es un coagulante químico. [8]



Figura 1.3. Pitahaya amarilla

- **Cultivo de aloe vera en Ecuador**

Las principales zonas donde se cultiva el aloe vera o sábila en el país son: El Guayas y Los Ríos en la Costa; Chimborazo, Tungurahua, Imbabura, Bolívar y Pichincha, en la Sierra. El aloe vera o sábila es perteneciente a la familia de las Liliáceas, se sabe que existen 320 especies de aloes. Aproximadamente el aloe produce 20 brotes laterales (rosetas), la altura que alcanza es 50 a 70 cm, además que el pH que presenta es básico a neutro o levemente ácido. Para su correcto desarrollo las condiciones ambientales van de 18 a 40 ° C, es decir que el ambiente propicio son zonas tropicales, subtropicales y desérticos, que presentan una humedad relativa de 65 % a 85 %. También es importante el tipo de suelo en el cual se pretende cultivar la sábila, éste puede ser seco, calcáreo y/o arenoso. [9]

- **Cultivo de la pitahaya amarilla en Ecuador**

La producción de la pitahaya amarilla se encuentra en los pequeños, medianos y grandes productores. Una de las características que presenta la pitahaya amarilla es que no puede ser cultivada en criaderos, deben ser cultivadas directamente en el campo. La penca no tiene una longitud estándar. Sin embargo, se estima una longitud entre 0.5 m a 1.20 m, que dependerá de ciertos factores, como la cantidad producida y condiciones ambientales. Se puede usar abono orgánicos o fertilizantes químicos para preparar el suelo en donde será cultivada, esto con la finalidad de preparar el suelo, además, se deben tener controles de poda y fitosanitarios. [10]

- **Prueba de jarras**

La prueba de jarras se usa especialmente para determinar la cantidad idónea de coagulante, que se usa en el proceso de tratamiento de agua potable y/o agua residual. Es decir, que la clarificación del agua sea más efectiva, permitiendo la reducción de las

partículas coloidales y materia orgánica, Además se puede medir el pH (por lo general entre 7.3 a 7.6). Para este proceso se usa comúnmente 6 jarras [11]. Aunque esto dependerá del equipo que se tenga a disposición. El proceso de la determinación del coagulante solo se puede realizar en laboratorio para posteriormente aplicarlo en un diseño a gran escala.



Figura 1.4. Prueba de jarras

- **Potabilización del agua**

El servicio de agua potable es un derecho, por ello es importante potabilizar el agua cruda. Para esto es necesario un conjunto de estructuras, elementos y procedimientos que serán parte esencial del proceso de potabilización, de este modo se podrá brindar un buen servicio a las personas, sin que represente un riesgo para la salud. Además es un bien natural en escases, aproximadamente el 4 % del agua del planeta tierra es idónea para consumo humano, pero es indispensable eliminar sustancias que resultan tóxicas para el consumo, como: el cromo, plomo, algas, arenas, bacterias, virus, etc. Y evitar riesgos en la salud. [12]

- **Características del agua**

Para que un agua sea considerada de calidad se debe considerar ciertos parámetros indispensables como: temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales (STD), pH, color, salinidad, alcalinidad y dureza, los mismos que se encuentra normados y diferenciados entre físicos y químicos.

- **Características químicas**

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH ayuda a determinar la acidez o basicidad del agua que se analice, el rango del pH está entre 0 a 14, siendo así los valores por debajo de 7 se consideran ácido

y valores mayores a 7 se consideran básicos. El pH puede generar problemas como incrustaciones o corrosión en las tuberías principalmente. El rango del pH del agua superficial y subterránea oscila entre 6.5 a 8.5, sin embargo, el pH puede variar y esto depende de las características que presente la fuente de agua. [13]

- **Alcalinidad**

La alcalinidad es una propiedad que presenta el agua para disminuir la acidez, esta se debe a la presencia de hidroxilos y carbonatos formados en las rocas y el suelo, y se infiltra en la superficie terrestre. Este aspecto es de mucha importancia porque protege la vida acuática, por ello se debe regular y así controlar la variación de pH. [14]

- **Características físicas**

- **Turbidez**

Esta característica del agua mide el grado de claridad que pierde el agua por la presencia de partículas suspendidas, para la medición se usa los NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez), el equipo que se usa es el turbidímetro. [15] La turbidez es nocivo para la fuente de agua, ya que los microorganismos se mantienen vivos, además estimula la reproducción de las bacterias. La turbidez, el color y el olor son principalmente los responsables de dar un mal aspecto al agua, es decir, no es apto para el público. [15]

- **Sólidos disueltos totales (SDT)**

Es el conjunto de sales orgánicas e inorgánicas, presentes en el agua después del proceso de evaporación y secado. Los SDT están conformados por: sólidos filtrables, sedimentables y suspendidos. Los sólidos sedimentados caen hasta la superficie debido a la gravedad. Los sólidos filtrables y en suspensión, en cambio se elevan hacia la superficie debido a su tamaño y peso. Los STD pueden influir en el crecimiento de microorganismos y en la perturbación del paso de la luz, por ellos es un parámetro importante para la calidad del agua. [16]

- **Temperatura**

Este parámetro es fundamental para determinar si el agua es de calidad y apta para el consumo humano, así como para el crecimiento microbiano y la preservación de la vida acuática. Permite conocer características del agua como la densidad, velocidad de reacción (química y biológica), estado de agregación e influencia en la absorción del oxígeno. [17]

- **Conductividad eléctrica**

Es la facultad que posee el agua para conducir la corriente eléctrica, este parámetro está relacionada con la llamada fuerza iónica, que se determina por la concentración y carga de cada ion presente en el agua. La medición de la conductividad resulta ser un buen control de calidad de agua, tomando ciertos aspectos como: contaminación orgánica (sustancias no ionizables), la temperatura de las mediciones y la composición del agua. [18].

Además, la conductividad cambia dependiendo el tipo de fuente de agua, como: subterránea, escorrentía agrícola, aguas residuales y agua lluvia o de precipitaciones, de este modo la conductividad puede servir como indicador de filtraciones o fugas de aguas residuales o subterráneas. [19]

Así mismo existen parámetros referenciales de la conductividad en los diferentes tipos de agua como se muestra en la figura 5.

Tabla de conductividad del Agua	
Agua ultra pura	0,055 $\mu\text{S/cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S/cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S/cm}$
Max. Para agua potable	1055 mS/cm
Agua de mar	56 mS/cm
Agua salobre	100 mS/cm

Figura 1.5. Conductividad del agua [20]

- **Contaminación por un floculante**

Los floculantes químicos o naturales se usan en primera estancia para tratar los residuos acuosos, que contienen partículas suspendidas. Ésta se complementa con la coagulación, estos procesos son etapas del tratamiento de agua y aunque son muy eficientes, también presentan inconvenientes si no se los administra y maneja de manera correcta. Por lo que una ligera cantidad que se añada por accidente puede causar problemas, esto se debe a que los floculantes se deben añadir en pequeñas cantidades a una gran cantidad de agua (<1%). Puede presentar inconvenientes si la limpieza no se realiza de manera adecuada, haciendo que la superficie sea resbaladiza, por ello es importante realizar un correcto mantenimiento y limpieza, así como la aplicación de la dosis ideal evitando excesos por accidente. [21]

2 METODOLOGÍA

2.1 Caracterización del agua a tratar

- **Obtención de la muestra controlada**

Para la obtención de la muestra de agua controlada, se prefirió no tomar de una fuente de agua superficial o subterránea, por lo que el agua usada para el proyecto fue del grifo, es decir, agua potable y al tratarse de una muestra controlada, fue importante conocer la turbidez con el fin de lograr los objetivos deseados en lo posible, además se midió los parámetros requeridos de la muestra de agua tomada, antes de la aplicación de los coagulantes naturales (pitahaya amarilla y aloe vera). Al concluir el debido proceso se realizó una comparación de los datos obtenidos entre los coagulantes naturales utilizados y la muestra de agua inicial, y se definió el más apto para el proceso de clarificación del agua.

El proceso que se realizó para la muestra de agua controlada:

- Se tomaron 12 litros de agua potable de un grifo del laboratorio donde se realizó el proceso de clarificación del agua con coagulantes naturales (0.5 litros para cada jarra)
- Se procedió a preparar la muestra de agua con turbidez conocida, fue necesario pesar 40 g aproximadamente de tierra común (turbidez alta), la tierra fue tomada de un jardín, por lo que puede presentar ramas pequeñas, piedras pequeñas y raíces, de este modo se procedió a retirar las ramas, piedras y raíces, dentro de lo posible para evitar interferencias en los cálculos.
- Se colocaron los 40 g de tierra común en la muestra de agua potable, después se agitó los 12 litros de agua, para que se mezcle de forma adecuada con el agua, este paso se realizó durante 15 min y después fue necesario dejar en reposo por 10 min.
- Se midió los parámetros de la muestra de agua, los mismos que se establecieron en el proyecto como la turbidez, temperatura, pH y conductividad.

2.2 Dosis adecuada de coagulante-floculante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla) para un adecuado proceso de clarificación

El proceso que se realizó para la obtención del coagulante natural de aloe vera:

- Se estimaron las diferentes dosis de coagulante natural para cada jarra (6) por cada coagulante, se tomó como referencia dosis similares de proyectos similares para realizar los cálculos.
- Se retiró la parte verde del aloe vera es decir el cortex, evitando que queden rastros de un color amarillento en el gel de la sábila, llamada aloína, ya que puede ser perjudicial y afectar a los resultados.
- Se procedió a cortar el gel del aloe vera en cuadros pequeños con un bisturí, cuchillo u estilete, los cortes no superaron los 3 mm de grosor, el gel del aloe vera se trabajó en frío, por lo que la penca permaneció en refrigeración hasta que se utilizó.
- Después se añadieron 0.5 litros de la muestra de agua controlada y se añadió la cantidad de coagulante natural de aloe vera calculada para cada una de las jarras.
- Se añadió, en lo posible al mismo tiempo la cantidad de coagulante natural para cada una de las jarras.
- Se colocó con cuidado cada una de las jarras, se observó que no rocen con las paletas del sistema.
- Se procedió a encender el sistema (test de jarras), se programó para una mezcla rápida, se esperó el tiempo debido y después se programó para una mezcla lenta, fue importante la observación del comportamiento y acción del coagulante en cada una de las jarras.
- Todas las jarras trabajaron con la misma velocidad de mezclado lento y rápido.
- Se observó el resultado del coagulante natural de aloe vera después de dejar un tiempo estimado de 15 min en reposo.
- Se utilizó el agua que se dejó en reposo y se midió en cada una de las jarras los parámetros que se consideraron importantes como pH, conductividad, turbidez y temperatura.
- El test de jarras se realizó con vigilancia continua por ser de corto periodo y los detalles visuales fueron importantes para analizar el comportamiento del coagulante natural de aloe vera.

- Los análisis de resultados proporcionaron la información idónea y así se determinó la cantidad óptima de coagulante natural.

El proceso que se realizó para la obtención del coagulante natural de la cáscara de la pitahaya amarilla:

- Se estimaron las diferentes dosis de coagulante natural para cada jarra (6) por cada coagulante, se tomó como referencia dosis similares de proyectos similares para realizar los cálculos.
- Se retiró la parte comestible de la pitahaya amarilla, es decir la pulpa con sus semillas, evitando que queden rastros de la parte comestible, ya que puede afectar a los resultados.
- Se procedió a cortar la cáscara de la pitahaya amarilla con un bisturí, cuchillo u estilete, los cortes no fueron muy pequeños, por lo que se optó por cortar por la mitad la cáscara.
- La cáscara de la pitahaya se deshidrató en un horno de secado en el laboratorio, para esto fue necesario tener el horno a una temperatura de 53 ° C por un tiempo de 30 horas continuas.
- Se procedió a triturar la cáscara seca, para esto se utilizó un rayador casero hasta lograr una textura como polvo.
- Después se añadieron 0.5 litros de la muestra agua controlada y se añadió la cantidad de coagulante natural de la pitahaya amarilla calculada para cada una de las jarras.
- Se añadió en lo posible al mismo tiempo la cantidad de coagulante natural para cada una de las jarras.
- Se colocó con cuidado cada una de las jarras, se observó que no rocen con las paletas del sistema.
- Se procedió a encender el sistema (test de jarras), se programó para una mezcla rápido, se esperó el tiempo debido y después se programó para una mezcla lenta, fue importante la observación del comportamiento y acción del coagulante en cada una de las jarras
- Todas las jarras trabajaron con la misma velocidad de mezclado lento y rápido.

- Se observó el resultado del coagulante natural de la pitahaya amarilla después de dejar un tiempo estimado de 15 min en reposo.
- Se midió y analizó en cada una de las jarras los parámetros que se consideraron importantes como pH, conductividad, turbidez y temperatura.
- El test de jarras se realizó con vigilancia continua por ser de corto periodo y los detalles visuales fueron importantes para analizar el comportamiento del coagulante natural de la pitahaya amarilla.
- Los análisis de resultados proporcionaron la información idónea y así se determinó la cantidad óptima de coagulante natural.

Para determinar la dosis adecuada de coagulante natural se utilizó la siguiente fórmula:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

Ecuación 1. Dilución [22]

Dónde:

C1: Concentración inicial

V1: Volumen inicial

C2: Concentración final

V2: Volumen final

Esta fórmula se aplicó para ambos casos de coagulante natural, de este modo se logró calcular la dosis adecuada para cada una de las jarras.

2.3 Efectividad del parénquima (aloe vera) y de la pitahaya amarilla como coagulante natural

El método que se empleó para determinar cuál fue la dosis adecuada de coagulante natural para una alta efectividad en el proceso de clarificación del agua, fue el test de jarras y se aplicaron dos coagulantes naturales, que en este caso fueron el parénquima (aloe vera) y la cáscara de la pitahaya amarilla, por las propiedades que brindan para la remoción de partículas coloidales presentes en el agua, además se tomó en cuenta parámetros como pH (Adimensional), temperatura (°C), turbiedad (NTU) y conductividad (uS/cm²), los mismos que fueron medidos con los respectivos equipos como: multiparámetro y turbidímetro.

También se empleó la ecuación 2 para determinar el porcentaje de remoción del agua, de esta forma se podrá comparar porcentualmente la efectividad de cada uno de los coagulantes naturales en el proceso de remoción de los sólidos, además se tomó en cuenta la misma fórmula para determinar la variación de la conductividad de manera porcentual.

$$\%Remoción = \frac{Ci - Co}{Ci} \times 100$$

Ecuación 2. Porcentaje de remoción [23]

Dónde:

Ci: Condición inicial

Co: Condición final

Fue importante considerar la relación de Sólidos Disueltos Totales (TDS), con la conductividad, esta resulta directamente proporcional a la concentración de TDS, es decir, si la concentración de sólidos es alta, la conductividad también será alta. [24]

Para la relación entre TDS y conductividad se utilizó la siguiente ecuación 3:

$$TDS (ppm) = 0.64 * EC \left(\frac{\mu S}{cm} \right) = 640 * EC \left(\frac{dS}{m} \right)$$

Ecuación 3. Relación de TDS [25]

Donde:

EC: Conductividad eléctrica

Un estudio de la OMS (Organización Mundial de la Salud), sugiere niveles de TDS (Sólidos Disueltos Totales) en el agua potable (mg/l o ppm). [26]

Niveles de TDS

- 0 – 300 Excelente
- 300 – 600 Nivel bueno

- 600 – 900 Nivel aceptable
- 900 – 1200 Nivel no recomendable
- 1200 en adelante Inaceptable

Se tomó en cuenta factores como la temperatura en el agua, ya que debido al aumento de la misma puede producir variaciones en la conductividad eléctrica. Esto se debe a que depende de la temperatura, entre mayor sea el aumento de temperatura, mayor será la conductividad eléctrica, de esta forma, por cada 1 grado centígrado que sube, la conductividad aumenta en un 2 a 3 % aproximadamente. De este modo se puede considerar si las características que presenta el agua entran en los parámetros establecidos para considerarse de calidad. [25]

Para la dosificación se tomó como referencia un proyecto similar, adoptando valores cercanos para la determinar la dosificación en ambos coagulantes naturales. Además, se tomó como referencia la velocidad de la mezcla rápida y lenta, no solo de éste proyecto, también de otros y se optó tomar el tiempo de mezcla con los mejores resultados obtenidos. [27]

2.4 Evaluación de las características del agua clarificada

Se analizó los datos registrados previos al proceso de clarificación, por lo que fue importante haber analizado los parámetros iniciales en la muestra de agua controlada, también se tuvo registro de los parámetros en cada una de las jarras de los diferentes coagulantes después del proceso y se determinó el coagulante con mejores resultados, es decir, el de mayor efectividad para el proceso de clarificación del agua, esto se logró después de haber realizado los respectivos cálculos, análisis y comparaciones entre los coagulantes naturales que se aplicaron en la muestra de agua controlada. Además, que parámetros como pH y temperatura no tuvieron variaciones significativas manteniéndose dentro del rango de lo que se considera aceptable.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de coagulación es esencial para la purificación o clarificación del agua, para que este proceso sea eficiente se debe determinar una dosis óptima de coagulante con la finalidad de cumplir con los requisitos establecidos en la norma INEN 1108. El proceso de coagulación es una técnica química, que principalmente usa coagulantes químicos como el sulfato de aluminio, sulfato ferroso, sulfato férrico, cloruro férrico, entre otros. Sin embargo estos químicos aunque eficientes pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana y el ambiente, es por eso la importancia de encontrar alternativas a los coagulantes químicos, y para esto se opta por los coagulantes naturales. Se sabe que ciertos productos naturales en su mayoría de origen vegetal que debido a su composición de carbohidratos, taninos y proteínas presentan cualidades similares los coagulantes químicos, siendo así una alternativa con un gran potencial al no generar daños o contaminación al ambiente, no afectan la salud humana, son biodegradables, de este modo se optó por utilizar la pitahaya amarilla y el aloe vera para evaluar su efectividad como coagulantes naturales.

3.1 Caracterización de agua

La caracterización del agua es de suma importancia para determinar el tipo de tratamiento que se le puede dar, por ello es importante determinar el tipo de fuente de donde será tomada la muestra, además se evalúa las variaciones en la calidad de la fuente que este siendo sometida a estudio. Para este caso la fuente de agua es del grifo, es decir, agua potable, por lo que las variaciones en la calidad se pueden despreciar o no tomar en cuenta ya que por normativa esta no puede sufrir cambios bruscos. Además es importante conocer las características del agua a tratar o en este caso la muestra de agua tomada, con la finalidad de determinar los procesos adecuados para su tratamiento, para esto se hace referencia a los parámetros de calidad que se deben tomar en cuenta para realizar un correcto tratamiento. Para evaluar el poder de coagulación de las diferentes sustancias naturales usadas se precisó tener una muestra de agua controlada, donde se conozcan los parámetros importantes, entre el que destaca la turbiedad para los fines del presente proyecto. (Tabla 1)

Tabla 1. Parámetros muestra controlada

Muestra controlada inicial				
Muestra	pH	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	Conductividad ($\mu\text{s/cm}$)
1	7.84	16.1	93.7	178

Para determinar los parámetros iniciales de la muestra controlada se tomó 2 litros de agua para medir los parámetros como pH, temperatura, turbiedad y conductividad, que dio como resultado una muestra de agua con turbidez alta y un pH neutro, esto se debe a que para la muestra controlada se utilizó agua potable (grifo) que por normativa debe estar entre 6.5 y 7.5, sin embargo, se asume que por la adición de la tierra común el pH se ve alterado mínimamente por lo que aumenta su valor saliendo de los estándares de la normativa. Para tener validez y confiabilidad de los datos obtenidos se hizo una verificación previa a los equipos con los estándares correspondientes, esto se efectuó antes de realizar la medición de los parámetros iniciales de la muestra de agua controlada obteniendo así los siguientes parámetros de verificación. (Tabla 2)

Tabla 2. Verificación de equipos

Verificación de equipos			
	Valor referencia	Valor obtenido	Resultado
pH	7	7.04	Calibrado
Conductividad	12.89 $\mu\text{s/cm}$	13.61 $\mu\text{s/cm}$	Calibrado
Turbiedad	800 NTU	792 NTU	Calibrado

Con los instrumentos de medición verificados, se logró trabajar sin inconvenientes de datos erróneos o alterados, este proceso de verificación se recomienda hacerlo por cada día que se vaya a realizar nuevas mediciones, ya que un mal uso u otros factores pueden alterar

estos equipos y ocasionar errores en las mediciones, de este modo los datos obtenidos tendrían mayor índice de confiabilidad.

3.2 Dosis adecuada de coagulante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla)

Para determinar la dosis adecuada o idónea de un coagulante natural se aplica la Ecuación 1, y se reemplazan los datos conocidos (Tabla 3), de este modo se calculó que para la pitahaya amarilla se requiere menos cantidad de coagulante en comparación con el aloe vera, sin embargo, la efectividad de cada uno de ellos se podrá ver después de realizar el test de jarras y los respectivos análisis y comparaciones entre coagulantes.

Tabla 3. Cálculo de la dosis de coagulante

Coagulante (pitahaya)			Coagulante (aloe vera)		
V1C1=V2C2			V1C1=V2C2		
V1=	(500ml)*(20mg/l)		V1=	(500ml)*(40mg/l)	
	(1000 ml/g)			(1000 ml/g)	
V1=	10	ml	V1=	20	ml

Después de calcular las dosis adecuadas para cada una de las jarras (ANEXO III), las mismas que fueron calculadas en base a un proyecto similar [8]. Para este proceso se utilizaron 6 jarras de 500 ml cada una, es decir, 6 jarras para la pitahaya amarilla y 6 jarras de 500 ml para el aloe vera. Una vez que se tiene diferenciadas los recipientes se procedió a tomar 500 ml de la muestra previamente preparada para cada jarra, es importante evitar causar un movimiento brusco dentro de la muestra de agua, esto con el fin de evitar la resuspensión de partículas coloidales. Esto podría causar que en cada jarra se tenga una turbiedad diferente, haciendo difícil el comparar la efectividad de los coagulantes utilizados. Una vez que se tomó las medidas respectivas para evitar dificultades se procedió a verter los 500 ml en cada uno de los recipientes, después se colocó el coagulante natural de la pitahaya amarilla en cada uno de los recipientes, en este paso es importante colocar las diferentes cantidades de coagulantes al mismo tiempo para evitar alteraciones en los datos. Luego se debe colocar la jarra en el área correspondiente, es importante colocarla de

manera correcta, evitando que las paletas rocen con las paredes de la jarra, se repite el mismo proceso para cada una de las jarras, una vez listo se procede a programar la máquina, esto depende de qué tipo de test de jarras se tiene a disposición, en este caso, se programa primero para la mezcla rápida que es de 1 min a 100 rpm y después de programa la mezcla lenta que es de 15 min a 40 rpm [28]. La velocidad de mezcla rápida y lenta se tomó como recomendación de otros proyectos y bibliografía, por lo que no se realizaron cálculos para determinar esta variable [8] [28]. Éste procedimiento se repite para ambos coagulantes, manteniendo el mismo tiempo de mezcla, así como la velocidad. Ya que el test de jarras es de corta duración, se recomienda que en este tiempo de 15 min observar los cambios importantes en la muestra de agua por el efecto de los coagulantes, al transcurrir 5 min aproximadamente se puede observar la sedimentación de los sólidos coloidales, para ambos casos.

3.3 Efectividad de los coagulantes naturales (Pitahaya amarilla y aloe vera)

Una vez finalizada el test de jarras se pudo determinar la efectividad de los dos coagulantes naturales, para determinar la eficacia se calculó el porcentaje de remoción de la turbidez y la variación de la conductividad. En las Tabla 4 y 5, se presentan los datos más llamativos del análisis, en dónde se colocan las dosis usadas que destacaron entre el resto de dosis, así como los resultados obtenidos.

Tabla 4. Porcentaje de remoción y variación (Aloe vera)

Porcentaje de los parámetros seleccionados	
Aloe vera	
Turbidez	Conductividad
$\% \text{remoción} = (T1 - T0/T1) * (100)$	$\% = (T1 - T0/T1) * (100)$
Dosis de 40 mg/l	Dosis de 40 mg/l
%remoción 82,497	%Variación -0,955
Dosis de 80 mg/l	Dosis de 80 mg/l
%remoción 85,699	%Variación -1,461
Dosis de 120 mg/l	Dosis de 120 mg/l
%remoción 87,834	%Variación -1,742
Dosis de 160 mg/l	Dosis de 160 mg/l
%remoción 86,339	%Variación -2,584
Dosis de 200 mg/l	Dosis de 200 mg/l
%remoción 86,98	%Variación -3,371
Dosis de 240 mg/l	Dosis de 240 mg/l
%remoción 83,885	%Variación -3,708

Tabla 5. Porcentaje de remoción y variación (Pitahaya amarilla)

Porcentaje de los parámetros seleccionados	
Pitahaya	
Turbidez	Conductividad
$\% \text{remoción} = (T1 - T0/T1) * (100)$	$\% = (T1 - T0/T1) * (100)$
Dosis de 20 mg/l	Dosis de 20 mg/l
%remoción 85,379	%Variación -33,708
Dosis de 40 mg/l	Dosis de 40 mg/l
%remoción 87,407	%Variación -70,787
Dosis de 60 mg/l	Dosis de 60 mg/l
%remoción 86,553	%Variación -101,685
Dosis de 80 mg/l	Dosis de 80 mg/l
%remoción 83,351	%Variación -137,64
Dosis de 100 mg/l	Dosis de 100 mg/l
%remoción 82,497	%Variación -169,101
Dosis de 120 mg/l	Dosis de 120 mg/l
%remoción 80,683	%Variación -188,764

Para el porcentaje de remoción y variación de la conductividad se usó la ecuación 1.

Se destaca la dosis de 120 mg/l del coagulante del aloe vera o parénquima como la más efectiva para el porcentaje de remoción de la turbidez teniendo un 87.834 % de eficacia. Sin embargo, la conductividad tuvo una variación negativa, es decir, que aumentó en relación a la muestra de agua inicial, el resultado de conductividad para la misma dosis de coagulante fue de -1.742 %, al ser un valor bajo se podría despreciar o tomar en cuenta de ser necesario. Para el coagulante de la cáscara de la pitahaya amarilla la dosis con mayor eficacia fue la dosis de 40 mg/l, obteniendo un porcentaje de remoción del 87.407 %, una

diferencia casi despreciable de la dosis de 120 mg/l del aloe vera o parénquima, sin embargo, la conductividad en la dosis de 40 mg/l se vio alterada de manera significativa, obteniendo un valor -70.787 %, de este manera, aumento en gran medida en comparación con la muestra de agua inicial, una alta conductividad en el agua puede ser indicativo de un agua de calidad, alta cantidad de electrolitos, etc. Esto dependerá de los valores que presente este parámetro.

3.4 Características de la muestra de agua controlada después del test de jarras

Una vez concluido el test de jarras para ambos coagulantes naturales y haber obtenido los resultados correspondientes, así como la observación de la acción de los coagulantes dentro de los 15 min de la mezcla lenta, se pudo determinar las características de la muestra de agua. (Tabla 6)

Tabla 6. Características de la muestra de agua en comparación con los datos relevantes de los coagulantes.

Muestra controlada inicial		
Muestra	Turbiedad (NTU)	Conductividad ($\mu\text{s/cm}$)
Agua	93.7	178
C. Pitahaya	11.8	304
C. Aloe vera	11.4	180.1

La conductividad eléctrica es útil para las mediciones de campo de los sólidos disueltos suspendidos ya que se encuentra relacionada con este parámetro, existe una fórmula que permite realizar la conversión de conductividad a TDS (Ecuación 2), cabe mencionar que esta relación es solo una aproximación.

A pesar que se obtuvieron variaciones significativas en la conductividad de la muestra analizada, con la aproximación de la conversión de conductividad a TDS podemos observar que no sobrepasa los estándares propuestos por la normativa. (Tabla 7 y Tabla 8)

Tabla 7. Conversión de conductividad a TDS (Pitahaya)

Conversión de conductividad a TDS (Pitahaya)	
Conductividad ($\mu\text{s/cm}$)	TDS (ppm)
238	152.32
304	194.56
359	229.76
423	270.72
479	306.56
514	328.96

Tabla 8. Conversión de conductividad a TDS (Aloe vera)

Conversión de conductividad a TDS	
Conductividad ($\mu\text{s/cm}$)	TDS (ppm)
179.7	115.008
180.6	115.584
181.1	115.904
182.6	116.864
184	117.76
184.6	118.144

3.5 Características de la muestra controlada

Al tener una muestra controlada se pudo constatar a simple vista las características que presentaba la muestra de agua, la más notoria era la turbidez, que por fines de cálculos era lo que se esperaba, esto con la finalidad de probar la efectividad de los coagulantes naturales que se usaron para la remoción de las partículas coloidales, los resultados obtenidos demostraron que ambos coagulantes fueron eficaces al momento de comparar con la muestra inicial, ya que en ambos casos se obtuvo una remoción de turbidez de más del 87 % (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de la muestra inicial con los porcentajes de remoción de la turbidez

MUESTRA	PITAHAYA		ALOE VERA	
Turbidez	Turbidez		Turbidez	
93,7 NTU	Dosis de 40 mg/l		Dosis de 120 mg/l	
	%remoción	87.407	%remoción	87.834

Con los datos obtenidos se decidió seleccionar el coagulante natural a base de aloe vera, debido a que no solo presentó una remoción del 87.834 % de la turbidez, además, se obtuvo una variación mínima de la conductividad eléctrica, que fue del 1.742 %, se tomó en cuenta éstos parámetros principalmente debido a que los otros parámetros seleccionados como la temperatura y el potencial de hidrógeno (pH), no obtuvieron una variación considerable que afecte a los resultados por lo que se decidió no tomar en cuenta para definir el coagulante natural más eficaz, como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Temperatura de ambos coagulantes

Temperatura		
Muestra	Pitahaya	Aloe vera
1	16	16.1
2	16	16.1
3	16	16.1
4	16	16.1
5	16	16.1
6	16	16.1

Al tener la muestra original una temperatura de 16 ° C, no se observa una diferencia o variación de la misma en cuanto a las muestras analizadas, por lo que se reafirma que éste parámetro no se toma en consideración para seleccionar el floculantes más efectivo para la clarificación del agua.

Sin embargo, hubieron parámetros que arrojaron datos valiosos, por ello es importante resaltar que la diferencia entre coagulantes en cuanto a porcentaje de remoción de la turbidez es mínima, con una diferencia de 0.427 % siendo este restante perteneciente al aloe vera, a continuación, se presenta los resultados de turbiedad para cada una de las dosis en ambos coagulantes naturales. (Figura 6).

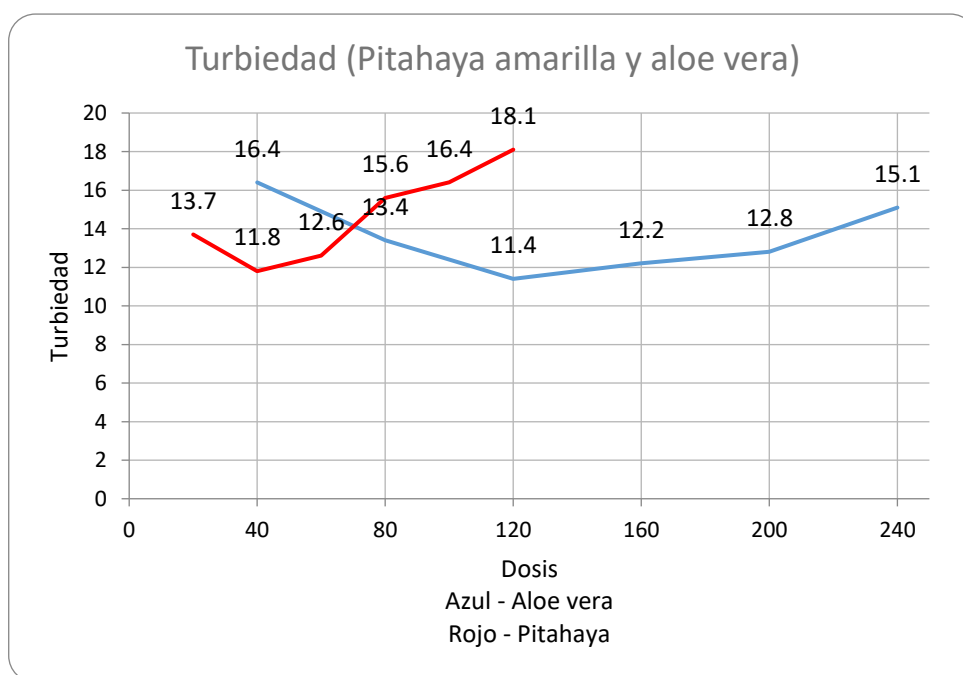


Figura 6. Turbiedad (Pitahaya amarilla y aloe vera)

En la figura 6 se puede observar una tendencia en ambos casos, en las primeras dosis de los dos coagulantes tiende a disminuir la turbiedad hasta un punto máximo, en el caso de la pitahaya amarilla esto sucede en la dosis número 2, donde alcanza su valor mínimo de 11.8 NTU, a partir de este punto la turbiedad aumenta, lo mismo sucede con el aloe vera, esta sucede en la dosis número 3, donde alcanza su valor mínimo de 11.4 NTU, de igual manera a partir de este punto la turbiedad aumenta, por lo que se puede asumir dos variables, la primera es que a más cantidad de coagulante menos efectivo el proceso de clarificación, la segunda es que alcance el punto máximo de turbiedad y vuelva a disminuir, para determinar esto se necesitan más análisis que no son relevantes para el presente proyecto, por lo que no se tomó en cuenta para el análisis de los datos obtenidos. Sin embargo, el parámetro de conductividad obtuvo grandes diferencias en ambos coagulantes naturales, por este motivo fue que se escogió el aloe vera como el coagulante más eficaz, a continuación se presenta la variabilidad que presentó la conductividad, (Figuras 7 y 8).

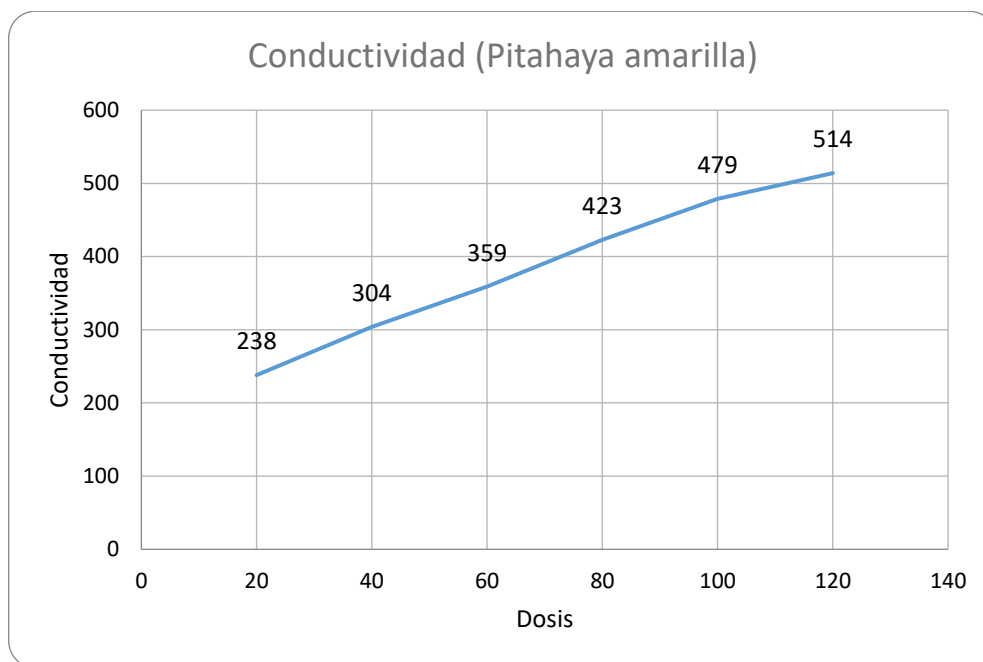


Figura 7. Conductividad de la pitahaya amarilla

El aumento de la conductividad se debe a una mayor concentración de iones totales, ya que no hubo cambios de temperatura, de este modo, se observa que en comparación con la muestra inicial la conductividad aumenta significativamente, tomando como referencia la muestra número 2 de la pitahaya amarilla donde se obtuvo el menor valor de turbiedad, la conductividad eléctrica obtuvo un valor de 304 $\mu\text{s}/\text{cm}$, además mantiene una tendencia de aumento, en cada muestra con mayor concentración de coagulante, la conductividad aumenta, esta misma tendencia se puede evidenciar en el coagulante natural de aloe vera, presentando los siguientes valores, (Figura 8).



Figura 8. Conductividad aloe vera

Sin embargo, el aumento de la conductividad con el coagulante de aloe vera no tuvo una variación significativa en comparación con la muestra original y tomando como referencia la muestra número 3 que fue la que obtuvo el mejor resultado para la remoción de la turbidez, se tiene como resultado de conductividad un valor de 181.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ que en comparación con la muestra inicial existe una diferencia de 3.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$, esta variación es mínima en relación al valor presentado de conductividad en el coagulante de pitahaya amarilla. Además se puede observar que el pH no tuvo cambios significativos (Tablas 11 y 12), en relación a la muestra original que presentó un valor de 7.84.

Tabla 11. Variación de pH con el coagulante de aloe vera

Muestra	Aloe vera (mg/l)	pH
1	40	8,22
2	80	7,95
3	120	7,68
4	160	7,45
5	200	7,28
6	240	7,09

Tabla 12. Variación de pH con el coagulante de la pitahaya amarilla

Muestra	Pitahaya amarilla (mg/l)	pH (Aloe vera)
1	20	7.68
2	40	7.4
3	60	7.16
4	80	6.93
5	100	6.76
6	120	6.69

De este modo el valor de la muestra 5 de la pitahaya amarilla presenta una diferencia de 1,08 siendo la diferencia de mayor valor, en cambio la diferencia de menor valor se presentó en la muestra 1 de la pitahaya amarilla, con un valor de 0,16 de diferencia, sin embargo, las muestras de la 1 a la 6 se encuentran dentro de la normativa. En el caso del aloe vera que fue elegido como el coagulante natural más eficaz, presento valores de pH sobre el 7 en todas sus muestras, siendo la muestra número 1 con la diferencia más alta, con un valor de 0,84 de diferencia y la muestra número 2 la de menor valor de diferencia, sin embargo, al considerar los demás parámetros se pudo determinar que la muestra número 3 del coagulante de aloe vera es más propicia para el proceso de clarificación del agua.

4 CONCLUSIONES

- La muestra usada en el proceso de clarificación de agua presentó una turbidez alta, esto fue lo que se esperaba, ya que por fines de cálculo fue lo más óptimo, por lo que en ésta muestra se tomaron en cuenta ciertos parámetros que se consideraron importantes como potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, turbidez y temperatura, aunque es recomendable tomar en cuenta el parámetro de color, en este proyecto no se contempló para realizar los análisis.
- Mediante el uso del horno del laboratorio se secó la cáscara de 6 pitahayas amarillas cortadas por la mitad y sin la pulpa, para lograr esto el horno estuvo a una temperatura de 52 °C por 30 horas continuas, para la preparación del aloe es importante trabajar en frío, por falta de indumentaria, se optó por mantener en refrigeración en un refrigerador común, para después usarla.
- En el test de jarras se empleó un tiempo de mezcla rápida de 1 min a 100 rpm y una mezcla lenta de 15 min a 40 rpm, el tiempo de mezcla y la velocidad se tomó como recomendación de las normas y bibliografía, obteniendo resultados considerablemente buenos, siendo la dosis de 120 mg/l de aloe vera la más eficaz, con un 87.834 % de remoción de la turbidez, con un aumento mínimo de la conductividad, la temperatura se mantuvo y el pH de 7.68, disminuyó en 0.16 puntos a la muestra inicial.
- Con los mismos parámetros antes mencionados para el aloe vera se obtuvo que la dosis de 40 mg/l de pitahaya amarilla es la más eficaz, con un 87.407 % de remoción de la turbidez, sin embargo, la conductividad aumento en un 70 %, la temperatura se mantuvo y el pH de 7.4, disminuyó en 0.44 puntos a la muestra inicial.
- Para determinar el coagulante más eficaz fue necesario tomar en cuenta todos los parámetros que se consideraron de importancia como la temperatura, pH, conductividad, sólidos totales suspendidos y determinar la opción de coagulante con mejores resultados para el proceso de clarificación del agua.
- Con la finalidad de optimizar los procesos de potabilización, se busca alternativas eficientes y de fácil acceso, en especial cuando se trata de comunidades con dificultad para acceder a agua potable, de este modo, se toma en cuenta a los

coagulantes naturales como alternativa porque resultan ser efectivos para el tratamiento de agua

- El uso de floculantes naturales para el tratamiento de agua potable, puede ser efectivo debido al porcentaje de remoción que presento el aloe vera.

5 RECOMENDACIONES

- Optar por otro método alternativo de secado para mejorar la eficacia de los coagulantes, estos métodos pueden ser naturales o con procesos específicos, lo importante es lograr una deshidratación adecuada y eficaz.
- De usarse un proceso de deshidratación mecánico, se debe evitar intermitencias, en este caso del horno de laboratorio, en el momento del secado para lograr una deshidratación adecuada, ya que fluctuaciones de temperatura puede causar que los resultados deseados no sean los obtenidos.
- Con el fin de mejorar los procesos, se puede mezclar otros coagulantes naturales para mejorar los resultados, adecuando así la mezcla de estos para que cumpla los parámetros deseados y sean más eficientes en el proceso de clarificación del agua.
- Realizar un análisis de costos del empleo de los coagulantes naturales como la pitahaya amarilla y el aloe vera.
- Analizar en grandes masas de agua el comportamiento de los floculantes, con la finalidad de conocer su reacción y analizar si su efectividad es la misma que los resultados obtenidos en el laboratorio o utilizar un reactor a escala piloto.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1 F. R. & C. M. Cabrera Bermúdez, «Floculantes,» Tecnología Química, septiembre - diciembre] 2009. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>. [Último acceso: 17 febrero 2022].

[2 M. A. B. GALLARDO., «COAGULANTES Y FLOCULANTES NATURALES USADOS EN LA REDUCCIÓN] DE,» UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS., 2017. [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5609/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf;jsessionid=DF7FA916F5F4C76BD20221DF9CC91C6B?sequence=1>. [Último acceso: 17 febrero 2022].

[3 I. L. Technologies, «Floculantes,» Ingeniería Liquid Technologies, [En línea]. Available:] <https://floculantes.com/>. [Último acceso: 18 febrero 2022].

- [4 N. A. O. SCIENCES, «Coagulación-Floculación-Sedimentación convencionales,» 2007. [En línea].
] Available: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation-technologies.html>.
- [5 J. V. P. Caicedo, «Evaluación de la eficiencia como coagulante de la semilla de soja molida, soja
] deslipidificada y,» Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2017. [En línea]. Available:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7694/PinillaCaicedoJenniferViviana2018.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [6 N. C. Cabrera Martínez, A. R. Hernández Julio y Simancas Vásquez, «Coagulantes naturales
] extraídos de Ipomoea incarnata en el tratamiento de aguas,» Universidad Tecnológica de Pereira, marzo 2017. [En línea]. Available:
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84953102015.pdf>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [7 Semana, «Aloe vera: ¿cómo tratar las quemaduras y heridas de manera natural?,» 30 julio
] 2021. [En línea]. Available: <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/aloe-vera-como-tratar-las-quemaduras-y-heridas-de-manera-natural/202112/>.
- [8 J. U.-C. L. M. P.-M. Anggie Verona-Ruiz, «Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características
] fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos,» Universidad Nacional del Santa, julio - septiembre 2020. [En línea]. Available:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300439.
[Último acceso: 17 febrero 2022].
- [9 P. B. Zambrano Aguilar, «Análisis de producción y comercialización del cultivo de sábila aloe
] vera en Ecuador,» Universidad Técnica de Machala, 2006. [En línea]. Available:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/176#:~:text=Las%20zonas%20de%20cultivo%20en,la%20familia%20de%20las%20Lili%C3%A1ceas..> [Último acceso: 18 febrero 2022].
- [1 J. P. A. D. D. S. A. B. C. C. Yadira Vargas, «Manual del cultivo de la pitahaya para la amazonia
0] ecuatoria,» Instituto nacional de investigaciones agropecuarias , Junio 2020. [En línea].
Available: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5551/1/INIAPMANUAL117-2020.pdf>. [Último acceso: 18 febrero 2022].
- [1 ISA, «Prueba de jarras,» ISA, 2022. [En línea]. Available: <https://isa.ec/prueba-de-jarras/>.
1] [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [1 acciona, «POTABILIZACIÓN DEL AGUA,» 2020. [En línea]. Available:
2] https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?_adin=02021864894.
- [1 H. instruments, «Qué es el pH,» HANNA, 23 Octubre 2020. [En línea]. Available:
3] <https://www.hannacolombia.com/blog/category/7?page=4>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [1 HACH, «Qué es la alcalinidad,» HACH, 2022. [En línea]. Available:
4] <https://es.hach.com/parameters/alkalinity>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [1 higieneambiental, «¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?,»
5] higieneambiental.com, 24 diciembre 2018. [En línea]. Available:

<https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>. [Último acceso: 17 febrero 2022].

- [1 G. y. A. Kohli, Physical, Chemical and biological characteristics of water, Universidad central de Punjab, 2017.
- [1 H. y. Yarleque, «Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum Tuberosum*) en la purificación del agua del Rio Patari para uso de consumo humano,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3822>.
- [1 U. d. Ibagué, «QUÍMICA AMBIENTAL 02,» 2014. [En línea]. Available: 8] <https://sites.google.com/a/unibague.edu.co/quimica-ambiental-02/modulo-aire>.
- [1 W. Boards, «Folleto informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad,» 2022. [En línea]. 9] Available: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf.
- [2 REITEC, «CONDUCTIVIDAD ELECTRICA,» 2015. [En línea]. Available: 0] <http://www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf>.
- [2 P. M. AMBIENTE, «GRUPO PREVOR,» 15 Julio 2021. [En línea]. Available: 1] <https://environnement.prevor.com/es/como-se-gestiona-una-contaminacion-accidental-por-un-floculante/>.
- [2 Hach, «Cuál es el propósito de la dilución,» 19 enero 2022. [En línea]. Available: 2] https://support.hach.com/app/answers/answer_view/a_id/1020871/~/%C2%BFcu%C3%A1-es-el-prop%C3%B3sito-de-la-diluci%C3%B3n%3F-.
- [2 T. Muñoz-Sánchez y R. Reyes-Mazzoco, «EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE 3] MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO EN,» Revista Mexicana de Ingeniería Química,, diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62029966019.pdf>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [2 H. instruments, «Conductividad y sólidos disueltos,» 01 Enero 2021. [En línea]. Available: 4] <https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos>.
- [2 S. FERTILIZER, «La conductividad electrica del agua,» 12 Febrero 2020. [En línea]. Available: 5] <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/electrical-conductivity/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20agua%20tambi%C3%A9n%20depende%20de%20la%20temperatura,de%20la%20temperatura%20del%20agua..>
- [2 Carbotecnia, «Significado de los sólidos disueltos totales en agua (TDS),» 13 Octubre 2021. [En 6] línea]. Available: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/>.

- [2 C. S. F. V. -. V. C. J. Magaly, «BINGQ-IQ-20P34,» Universidad de Guayaquil, Octubre 2020. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BINGQ-IQ-20P34%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BINGQ-IQ-20P34%20(1).pdf). [Último acceso: 14 Febrero 2022].
- [2 J. A. M. Osorio, «T026_70495263_T.pdf,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión , 2018. 8] [En línea]. Available: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1422/1/T026_70495263_T.pdf. [Último acceso: 14 febrero 2022].
- [2 L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., 9] Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [3 H. instruments, «Conductividad y sólidos disueltos,» 01 Enero 2021. [En línea]. Available: 0] <https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos>.
- [3 A. García Pérez y A. Rojas Vargas, «COMPARACIÓN DE LOS FLOCULANTES CHEMADD A-41, 42 1] Y 43 DE LA FIRMA,» Tecnología Química,, Septiembre-diciembre 2006. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543751006.pdf>. [Último acceso: 16 febrero 2022].
- [3 A. BORUNDA, «El suministro de agua dulce del planeta peligra ante la desaparición de los 2] recursos hídricos de alta montaña,» National Geographic, 11 diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/12/recursos-hidricos-planeta-peligran-torres-de-agua-montanas>. [Último acceso: 17 febrero 2022].
- [3 FACSA, «La dureza del agua,» FACSA, 23 enero 2017. [En línea]. Available: 3] <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/>. [Último acceso: 17 febrero 2022].

7 ANEXOS

ANEXO I. Certificado Turnitin porcentaje máximo 12%.

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 23 de febrero de 2022

De mi consideración:

Yo, PATRICIA PANCHI JIMA, en calidad de Directora del Trabajo de Integración Curricular titulado: APLICACIÓN DEL ALOE VERA Y LA PITAHAYA AMARILLA EN EL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, asociado al proyecto: UTILIZACIÓN DE ALOE VERA Y EL FRUTO DE LA PITAHAYA AMARILLA COMO COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO, elaborado por el estudiante JUSTIN ABELARDO HUERTAS OLEAS de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 6 %.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Ing. Patricia Panchi Jima, Mgtr

Docente

Escuela de Formación de Tecnólogos

Turnitn

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	5% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	1% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
2	www.carbotecnia.info Fuente de Internet	<1%
3	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
4	www.ilustrados.com Fuente de Internet	<1%
5	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Systems Link Trabajo del estudiante	<1%
7	www.primicias.ec Fuente de Internet	<1%
8	www.upme.gov.co Fuente de Internet	<1%
9	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%

ANEXO II. Parámetros de calidad (Turbidez)

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

ANEXO III. Cálculo de la dosis de coagulante natural

Coagulante (pitahaya)		Coagulante (aloe vera)	
V1C1=V2C2		V1C1=V2C2	
V1	(500ml)*(20mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(40mg/l) (1000 ml/g)
V1=	10 ml	V1=	20 ml
V1	(500ml)*(40mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(80mg/l) (1000 ml/g)
V1=	20 ml	V1=	40 ml
V1	(500ml)*(60mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(120mg/l) (1000 ml/g)
V1=	30 ml	V1=	60 ml
V1	(500ml)*(80mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(160mg/l) (1000 ml/g)
V1=	40 ml	V1=	80 ml
V1	(500ml)*(100mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(200mg/l) (1000 ml/g)
V1=	50 ml	V1=	100 ml
V1	(500ml)*(120mg/l) (1000 ml/g)	V1	(500ml)*(240mg/l) (1000 ml/g)
V1=	60 ml	V1=	120 ml

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

Nombres: Jostin Abelardo Huertas Oleas

Fecha: 22/02/2022

Tema: Determinar la dosis adecuada de coagulante natural (parénquima y de la pitahaya amarilla) para un adecuado proceso de clarificación.

RESUMEN

Para la determinación de la dosis óptima de coagulante natural se hizo uso del test jarras, necesitando 6 jarras para cada uno de los coagulantes naturales a utilizar, para ello se hizo la determinación de la dosis idónea con las respectivas fórmulas, preparaciones de los coagulantes y con el manejo y cuidado respectivo de los instrumentos, de esta manera se logró determinar el coagulante más eficaz tomando en cuenta parámetros como la turbidez y la conductividad, no se toma en cuenta parámetros como la temperatura o pH porque no obtuvieron variación significativa, pues no altera los datos.

INTRODUCCIÓN

El agua necesaria para abastecer a las poblaciones de agua potable se encuentra en escasez, por ello, los procesos para mejorar la calidad de agua para consumo humano son más estrictos y eficientes. Esto trae consigo beneficios para la población, la preservación de la naturaleza y del recurso hídrico. Los controles de calidad del agua para consumo son necesarios, importantes y de carácter obligatorio, esto asegura que la población que recibe el servicio de agua potable, obtenga un agua de buena calidad. Sin embargo, el 26.6 % de la población del país no tiene acceso a una fuente de agua segura (PRIMICIAS, 2020) debido a la escasez de fuentes de agua cercanas o a la falta de un sistema de distribución de agua potable, por lo que es importante implementar métodos de tratamientos de agua no convencionales que permitan mejorar la calidad del agua y cumplir con lo que exige la normativa (NTE INEN 1108 revisión 2020: agua potable para consumo humano)

METODOLOGÍA

Para la determinación de la dosis adecuada de floculante natural se realizó el siguiente proceso:

El proceso que se realizó para la obtención del coagulante natural de aloe vera:

1. Se estimó las diferentes dosis de coagulante natural para cada jarra (6) por cada coagulante con los cálculos previamente realizados.
2. Las dosis fueron tomadas en base a investigaciones similares de coagulantes naturales, así como el tiempo y velocidad de mezcla.
3. Se preparó el aloe vera y se retiró la cáscara del aloe vera es decir el cortex, evitando que queden rastros de un color amarillento en el gel de la sábila, llamada aloína, ya que puede ser perjudicial y afectar a los resultados.
4. Se procedió a cortar el gel del aloe vera en cuadros pequeños con un bisturí, cuchillo u estilete, los cortes no deben superar los 3 mm de grosor, además, el gel del aloe vera se trabajó en frío, por lo que la penca permaneció en refrigeración hasta que se utilizó.
5. Después se añadió 0.5 litros de la muestra agua controlada, que fue preparada previamente, que por fines de cálculo se preparó con una turbidez alta y después se añadió la cantidad de coagulante natural de aloe vera calculada para cada una de las jarras.
6. Se añadió en lo posible al mismo tiempo la cantidad de coagulante natural para cada una de las jarras, así se evitó posibles errores en los cálculos.
7. Se colocó con cuidado cada una de las jarras, se observó que no rocen con las paletas del sistema, esto se realizó para cada uno de los coagulantes.
8. Se procedió a encender el sistema para cada coagulante (test de jarras), se programó y se esperó el tiempo debido que fue de 1 min a 100 rpm para la mezcla rápida y 15 min a 40 rpm para la mezcla lenta, fue importante la observación del comportamiento y acción del coagulante en cada una de las jarras.
9. Se observó el resultado del coagulante natural de aloe vera después de dejar un tiempo estimado de 15 min en reposo, de esta manera se sedimentó las partículas suspendidas.
10. Se midió y analizó en cada una de las jarras los parámetros que se consideraron importantes como pH, conductividad, turbidez y temperatura.

11. El test de jarras se realizó con vigilancia continua por ser de corto periodo y los detalles visuales fueron importantes para analizar el comportamiento del coagulante natural de aloe vera.
12. Los análisis de resultados proporcionaron la información idónea y así se determinó la cantidad óptima de coagulante natural, por lo que se comparó los datos obtenidos con la muestra inicial y con el otro coagulante natural.

El proceso que se realizó para la obtención del coagulante natural de la cáscara de la pitahaya amarilla:

1. Se estimó las diferentes dosis de coagulante natural para cada jarra (6) por cada coagulante con los cálculos previamente calculados.
2. Las dosis fueron tomadas en base a investigaciones similares de coagulantes naturales, así como el tiempo y velocidad de mezcla.
3. Se retiró la parte comestible de la pitahaya amarilla, es decir la pulpa con sus semillas, evitando que queden rastros de la parte comestible, ya que puede afectar a los resultados y se utilizó la cáscara.
4. Se procedió a cortar la cáscara de la pitahaya amarilla con un bisturí, cuchillo u estilete, los cortes no deben ser muy pequeños, por lo que se optó por cortar por a la mitad la cáscara.
5. La cáscara de la pitahaya se deshidrató en un horno de secado en el laboratorio, para esto fue necesario tener el horno a una temperatura de 53° C por un tiempo de 30 horas continuas, este proceso se realizó sin interrupciones, así se evitó posibles fallos.
6. Se procedió a triturar la cáscara seca, para esto se utilizó un rayador casero hasta lograr una textura como polvo.
7. Después se añadió 0.5 litros de la muestra agua controlada y se añadió la cantidad de coagulante natural de la pitahaya amarilla calculada para cada una de las jarras.
8. Se añadió en lo posible al mismo tiempo la cantidad de coagulante natural para cada una de las jarras.
9. Se colocó con cuidado cada una de las jarras, se observó que no rocen con las paletas del sistema.
10. Se procedió a encender el sistema para cada coagulante (test de jarras), se programó para una mezcla rápido, se esperó el tiempo debido que fue de 1 min a 100 rpm para la mezcla rápida y 15 min a 40 rpm para la mezcla lenta, fue importante la observación del comportamiento y acción del coagulante en cada una de las jarras.

11. Se observó el resultado del coagulante natural de la pitahaya amarilla después de dejar un tiempo estimado de 15 min en reposo.
12. Se midió y analizó en cada una de las jarras los parámetros que se consideraron importantes como pH, conductividad, turbidez y temperatura.
13. El test de jarras se realizó con vigilancia continua por ser de corto periodo y los detalles visuales fueron importantes para analizar el comportamiento del coagulante natural de la pitahaya amarilla.
14. Los análisis de resultados proporcionaron la información idónea y así se determinó la cantidad óptima de coagulante natural.

Para determinar la dosis adecuada de coagulante natural se utilizó la siguiente fórmula:

$$C1*V1=C2*V2$$

Ecuación 1. Dilución (Hach, 2022)

Dónde:

C1: Concentración inicial

V1: Volumen inicial

C2: Concentración final

V2: Volumen final

Esta fórmula se aplicó para ambos casos de coagulante natural, de este modo se logró calcular la dosis adecuada para cada una de las jarras.

RESULTADOS

Entre los coagulantes usados el aloe vera demostró ser más eficiente en cuanto al porcentaje de remoción de la turbidez y variación de la conductividad, aunque la diferencia de porcentaje de remoción de ambos coagulantes es mínima, existe una alta diferencia en la variación de la conductividad. (Tabla 1 y 2)

Tabla 1. Porcentaje de remoción y variación (Pitahaya)

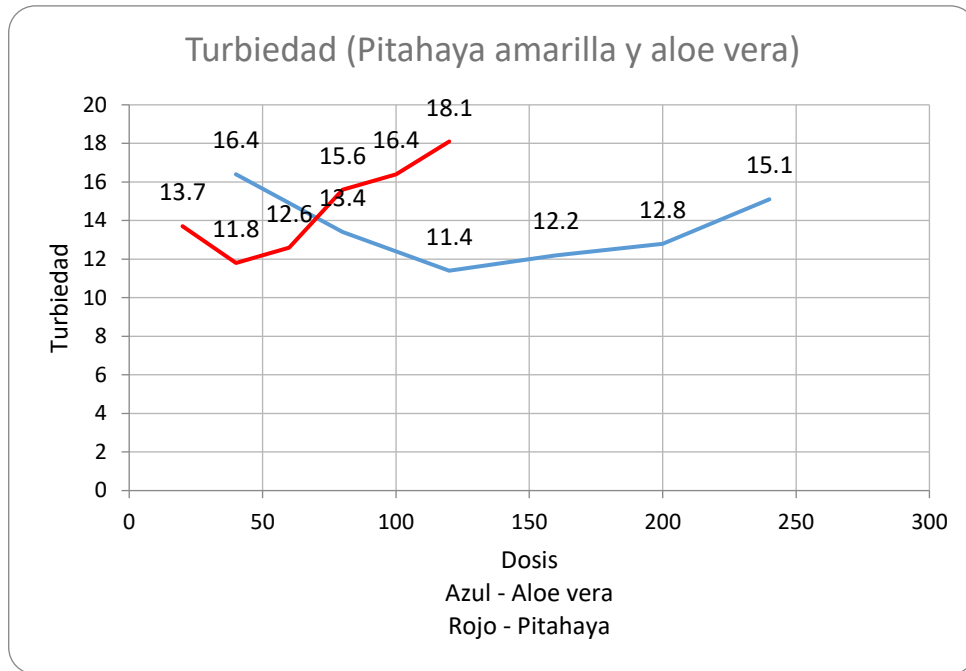
Porcentaje de los parámetros seleccionados			
Pitahaya			
Turbidez		Conductividad	
Dosis de 40 mg/l		Dosis de 40 mg/l	
%remoción	87,407	%remoción	-70,787

Tabla 2. Porcentaje de remoción y variación (Aloe vera)

Porcentaje de los parámetros seleccionados			
Aloe vera			
Turbidez		Conductividad	
Dosis de 120 mg/l		Dosis de 120 mg/l	
%remoción	87,834	%remoción	-1,742

De este modo se puede establecer que el aloe vera resulta ser más efectivo para el proceso de clarificación del agua. Además es importante mencionar que los parámetros de temperatura y pH no se tomaron en cuenta al no presentar un dato de relevancia para elegir el coagulante natural más efectivo.

Sin embargo, el parámetro de turbiedad que se consideró el de mayor importancia, presentó una tendencia en ambos coagulantes naturales. Aunque las dosis aplicadas fueron diferentes en ambos casos, teniendo así 20 mg/l de pitahaya y el doble para el aloe vera, 40 mg/l y así para cada una de las muestras, que en los resultados la tendencia marcada fue la disminución de la turbiedad hasta cierto punto y después vuelve a aumentar, como se puede ver en la figura 1.



De esta forma, se puede observar que la pitahaya muestra una disminución hasta la dosis 2 y después empieza a aumentar, en cambio, el aloe vera muestra una disminución hasta la dosis 3 y después tiende a aumentar.

CONCLUSIONES

- Con la finalidad de optimizar los procesos de potabilización, se busca alternativas eficientes y de fácil acceso, en especial cuando se trata de comunidades con dificultad para acceder a agua potable, de este modo, se toma en cuenta a los coagulantes naturales como alternativa porque resultan ser efectivos para el tratamiento de agua
- En el test de jarras se empleó un tiempo de mezcla rápida de 1 min a 100 rpm y una mezcla lenta de 15 min a 40 rpm, el tiempo de mezcla y la velocidad se tomó como recomendación de las normas y bibliografía, obteniendo resultados considerablemente buenos, siendo la dosis de 120 mg/l de aloe vera la más eficaz, con un 87.834 % de remoción de la turbidez, con un aumento mínimo de la conductividad, la temperatura se mantuvo y el pH de 7.68 disminuyó en 0.16 puntos a la muestra inicial.
- Para determinar el coagulante más eficaz es necesario tomar en cuenta todos los parámetros que se consideraron de importancia y determinar la opción de coagulante con mejores resultados para el proceso de clarificación del agua.