



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICACIA DE LA SEMILLA
DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) Y TAGUA (*Phytelphas
aequatorialis*) EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y SÓLIDOS EN
TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS: IVETTE CARMEN MENDOZA ROSILLO

CRISTINA NAYELI RODRÍGUEZ REA

DIRECTORA: ING. MIRIAN YOLANDA JIMENEZ GUTIERREZ. M.Sc

El Coca – Ecuador

2024

©2024, Ivette Carmen Mendoza Rosillo y Cristina Nayeli Rodríguez Rea

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotras, Ivette Carmen Mendoza Rosillo y Cristina Nayeli Rodríguez Rea, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 26 de junio de 2024



Ivette Carmen Mendoza Rosillo
220032182-2



Cristina Nayeli Rodríguez Rea
220040034-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICACIA DE LA SEMILLA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) Y TAGUA (*Phytalephas aequatorialis*) EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y SÓLIDOS EN TRATAMIENTOS DE AGUA POTABLE**, realizado por las señoritas: **IVETTE CARMEN MENDOZA ROSILLO Y CRISTINA NAYELI RODRÍGUEZ REA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Mestanza Ramón Ph.D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-06-26
Ing. Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-26
Ing. Pedro Andrés Peñafiel Arcos MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-06-26

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado para las personas más importantes en mi vida, mis padres Gloria Mercedes Mendoza Rosillo y José Andalecio Cuenca Cumbicus los cuales me apoyaron en este camino. A mi tía por motivarme a seguir esforzándome, mis hermanas por ser mi fuente de alegría y motivación constante, mis amados abuelos, cuyo amor y sabiduría han sido una inspiración en mi vida. Para finalizar a mi tío Ángel Francisco Mendoza Rosillo que fue como un hermano mayor que a pesar de ya no estar con nosotros, siempre me levantaba y me impulsaba a cumplir mis metas.

Ivette

Dedico el presente trabajo de titulación primeramente a Dios, por brindarme salud y guiarme para cumplir una de mis metas. A mi madre María Marlene Rea Sisa, por ser mi apoyo incondicional, por su cariño y demostrarme cada día que soy capaz de lograr todo lo que me proponga. A mi padre Galo Ezequiel Rodríguez Jiménez, por siempre confiar en mí, por sus consejos brindados durante todo este tiempo, por su fuerza constante y por darme el valor para llegar a cumplir mis sueños. A mis hermanas Mabel Melissa Rodríguez Rea y Justin Ezequiel Rodríguez Rea, por ser mi motivación para seguir enforzándome.

Cristina

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres Gloria Mercedes Mendoza Rosillo y José Andalecio Cuenca Cumbicus por el sacrificio, esfuerzo y apoyo en el transcurso de todo mi trayecto académico, a mis hermanas por ser mi motivación para seguir, mis abuelitos por fomentar mi carácter y persistencia, a mi tía por ser como una segunda madre que me impulso a seguir y por último a mi tío Ángel Francisco Mendoza Rosillo por impulsarme a cumplir mis metas. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y permitirme culminar con esta etapa de aprendizaje. A los educadores de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Sede Orellana por impartirme sus conocimientos y experiencias. A la Ing. Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez MSc. y al Ing. Pedro Andrés Peñafiel Arcos MSc, su apoyo para la elaboración del presente Trabajo de Integración Curricular.

Ivette

Agradezco a cada una de las personas que me han apoyado de cualquier manera a culminar con esta etapa en mi vida, incluyendo a Dios, a mis padres y hermanos quienes han sido el pilar fundamental en mi vida y cuyo apoyo ha sido verdaderamente importante para cumplir una de mis metas. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de estudiar y obtener una profesión. Al personal docente de la carrera de Ingeniería Ambiental que me acompañó durante todo mi periodo académico y por impartirme todo el conocimiento adquirido. A mis amigas por crear inolvidables recuerdos durante todos estos años. A la Ing. Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez MSc. y al Ing. Pedro Andrés Peñafiel Arcos MSc. por sus conocimientos y apoyo brindado en realizar el presente Trabajo de Integración Curricular.

Cristina

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Objetivos	4
<i>1.2.1. Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2. Objetivos Específicos</i>	<i>4</i>
1.3. Justificación	4
1.4. Hipótesis.....	6
<i>1.4.1. Hipótesis Nula</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2. Hipótesis Alternativa</i>	<i>6</i>
1.5. Variables	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. El agua.....	7
<i>2.1.1. Ciclo hidrológico</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2. Agua potable</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3. Fuentes de agua.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3.1. Agua superficial.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3.2. Agua subterránea.....</i>	<i>8</i>
2.2. Contaminación hídrica.....	8
<i>2.2.1. Tipos de contaminación hídrica</i>	<i>8</i>
<i>2.2.1.1. Fuente natural</i>	<i>8</i>
<i>2.2.1.2. Fuente antropogénica</i>	<i>8</i>

2.3.	Calidad del agua	9
2.3.1.	Parámetros físicos y químicos del agua	9
2.3.1.1.	<i>Sólidos disueltos totales o salinidad</i>	9
2.3.1.2.	<i>Turbidez</i>	9
2.3.1.3.	<i>pH</i>	10
2.3.1.4.	<i>Color del agua</i>	10
2.4.	Tratamiento del agua	10
2.4.1.	Tratamiento primario del agua	10
2.4.1.1.	<i>Sedimentación</i>	10
2.4.1.2.	<i>Coagulación</i>	11
2.4.1.3.	<i>Floculación</i>	11
2.5.	Agentes coagulantes	11
2.5.1.	Coagulantes inorgánicos	11
2.5.2.	Coagulantes naturales	12
2.5.2.1.	<i>Moringa</i>	12
2.5.2.2.	<i>Tamarindo</i>	12
2.5.2.3.	<i>Chontaduro</i>	12
2.5.2.4.	<i>Tagua</i>	13
2.6.	Prueba de jarras	14
2.7.	Marco legal	14
2.7.1.	Normativa nacional	14
2.7.1.1.	<i>Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)</i> 14	

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1.	Lugar y área de estudio	15
3.2.	Equipos, materiales y reactivos	16
3.2.1.	<i>Equipos, materiales y reactivos utilizados en la extracción de los coagulantes</i>	16
3.2.2.	<i>Equipos, materiales y reactivos utilizados en la prueba de jarras</i>	17
3.2.3.	<i>Equipos, materiales y reactivos utilizados para el análisis de parámetros fisicoquímicos</i>	17
3.3.	Tipo de investigación	17
3.4.	Diseño de investigación	18
3.5.	Metodología experimental	18
3.5.1.	<i>Extracción de los coagulantes naturales</i>	18

3.5.2.	<i>Toma de muestras de agua a tratar</i>	20
3.5.3.	<i>Determinación de la dosis óptima de los coagulantes naturales</i>	21
3.5.3.1.	<i>Análisis de los parámetros fisicoquímicos</i>	22
3.5.3.1.1.	<i>Determinación del parámetro de turbidez</i>	22
3.5.3.1.2.	<i>Determinación del parámetro de sólidos disueltos totales (TDS)</i>	23
3.5.4.	<i>Comparación de la eficacia de los coagulantes naturales</i>	23

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	25
4.1.	Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	25
4.1.1.	<i>Extracción de coagulantes naturales</i>	25
4.1.2.	<i>Determinación de la dosis óptima de los coagulantes naturales</i>	27
4.1.2.1.	<i>Turbiedad</i>	29
4.1.2.2.	<i>Sólidos disueltos totales (TDS)</i>	30
4.1.3.	<i>Comparación de la efectividad de los coagulantes naturales</i>	31
4.1.3.1.	<i>Análisis de varianza (ANOVA)</i>	31
4.1.3.2.	<i>Prueba LSD de Fisher</i>	31
4.2.	Discusión	33

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
----	---	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Variables planteadas en el trabajo de investigación	6
Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la <i>Bactris gasipaes</i>	13
Tabla 2-2: Clasificación taxonómica de la <i>Phytelephas aequatorialis</i>	13
Tabla 2-3: Límite máximo permisible para fuentes de agua para consumo humano y domésticos	14
Tabla 3-1: Equipos, materiales y reactivos para la extracción de coagulante	16
Tabla 3-2: Equipos y materiales utilizados en la prueba de jarras	17
Tabla 3-3: Equipos, materiales y reactivos para analizar las muestras de agua	17
Tabla 3-4: Dosificación de los coagulantes naturales	21
Tabla 3-5: Esquema de diseño factorial A x B con bloques	24
Tabla 4-1: Caracterización de la semilla de Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	25
Tabla 4-2: Caracterización de la semilla de Tagua (<i>Phytelephas aequatorialis</i>)	26
Tabla 4-3: Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos	28
Tabla 4-4: Análisis ANOVA.....	31
Tabla 4-5: Prueba LSD de Fisher	32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de la recolección de las semillas.	15
Ilustración 3-2: Mapa de ubicación de la recolección de las muestras de agua del Río Payamino.	16
Ilustración 3-3: Diagrama de flujo para la extracción de coagulantes naturales.	20
Ilustración 4-1: Porcentaje de remoción de turbiedad.....	29
Ilustración 4-2: Porcentaje de remoción de sólidos disueltos totales.	30
Ilustración 4-3: Comparación de los coagulantes naturales.	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL POLVO DE LA SEMILLA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) Y SOLUCIÓN COAGULANTE

ANEXO B: OBTENCIÓN DEL POLVO DE LA SEMILLA DE TAGUA (*Phytelphas aequatorialis*) Y SOLUCIÓN COAGULANTE

ANEXO C: DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN COAGULANTE EN LA PRUEBA DE JARRAS

ANEXO D: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARÁCTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS COAGULANTES NATURALES

RESUMEN

En las plantas de tratamiento de agua potable el uso de coagulantes convencionales genera problemas ambientales y efectos sobre la salud humana, como la producción de grandes volúmenes de lodos y acumulación de metales. Los lodos al no gestionarse adecuadamente pueden afectar la salud humana y generar enfermedades neurológicas. Por lo tanto, el Trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo comparar la efectividad de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), mediante análisis en muestras de agua del río Payamino, como alternativa en la remoción de la turbidez y sólidos en el tratamiento de agua potable. La metodología tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo, se utilizó un diseño factorial A x B. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de rechazar o aceptar la hipótesis nula. También se realizó una prueba LSD de Fisher para identificar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos y cuál de los dos coagulantes es más eficaz. Este proceso se llevó a cabo utilizando el programa Minitab. Mediante esta metodología se determina que a un nivel de turbidez de 46.5 NTU en las muestras, la solución coagulante de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), reducen el nivel a una dosis de 5 mililitros, siendo el coagulante de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) el más eficaz. Sin embargo, en los sólidos disueltos totales no se apreció una remoción y presentaron un aumento, esto debido a que presentan una alta carga de partículas que sobresaturan las muestras. Con este contexto se concluye que mediante el análisis estadístico el coagulante de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) es más eficaz para la remoción de la turbidez y los dos coagulantes son ineficaces para la remoción de los sólidos disueltos totales a medida que aumenta su dosificación.

Palabras clave: <COAGULANTE>, <TRATAMIENTO DE AGUA>, <PRUEBA DE JARRAS>, <CHONTADURO (*BACTRIS GASIPAES*)>, <TAGUA (*PHYTELEPHAS AEQUATORIALIS*)>, <TURBIDEZ>, <SOLIDOS DISUELTOS TOTALES >.

Cristian Tenelanda S.

Ing. Cristian Sebastian Tenelanda S.
0604686709



0905-DBRA-UPT-2024

SUMMARY / ABSTRACT

In drinking water treatment plants, the usage of conventional coagulants causes environmental problems and effects on human health, such as the production of large volumes of sludge and the accumulation of metals. If sludge is not properly managed, it can affect human health and generate neurological diseases. Therefore, the objective of the Curricular Integration Work was to compare the effectiveness of Chontaduro (*Bactris gasipaes*) and Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) seeds, through analysis of water samples from the Payamino River, as an alternative in the removal of turbidity and solids in the treatment of drinking water. The methodology had a qualitative and quantitative approach, using a factorial design A x B. An analysis of variance (ANOVA) was performed to reject or accept the null hypothesis. A Fisher's LSD test was also performed to identify if there are significant differences between the means of the treatments and which of the two coagulants is more effective. This process was carried out using the Minitab program. Through this methodology it was determined that at a turbidity level of 46.5 NTU in the samples, the coagulant solution of Chontaduro (*Bactris gasipaes*) and Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), reduce the level at a dose of 5 milliliters, being the coagulant of Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) the most effective. However, the total dissolved solids did not show a removal and presented an increase, because they present a high load of particles that supersaturated the samples. With this context, it is concluded that using statistical analysis Tagua coagulant (*Phytelephas aequatorialis*) is more effective for turbidity removal and the two coagulants are ineffective for the total elimination of dissolved solids as their dosage increases.

Keywords: <COAGULANT>, <WATER TREATMENT>, <JAR TESTING>, <CHONTADURO (BACTRIS GASIPAES)>, <WATER (PHYTELEPHAS AEQUATORIALIS)>, <TURBIDITY>, <TOTAL DISSOLIDATED SOLIDS>.



Reviewed by

Lic. Licett Ramos I., Mgs.

ENGLISH PROFESSOR

C.I 0603066960

INTRODUCCIÓN

El agua se divide en un 97% salada y solo el 3% representa el volumen total de agua dulce en el planeta (Okello et al., 2015, págs. 1264-1290). Los recursos hídricos no están disponibles en su totalidad esto debido a que el agua dulce se compone en un 69% hielo y glaciares, un 30% es agua subterránea y un 1% es agua superficial (López et al., 2017, págs. 151-152) Donde la mayor parte del agua superficial se encuentra en lagos, pantanos, ríos, y solo una pequeña porción del agua dulce está disponible para consumo humano (Ravindiran et al., 2023, págs. 1-22).

La calidad del agua de las diferentes fuentes ha experimentado un deterioro a lo largo del tiempo debido a la presencia de contaminantes provenientes de la actividad antropogénica, el aumento demográfico, la industrialización, la urbanización y la evolución de la actividad agrícola (Kouassi et al., 2015, págs. 96-108), afectando la salud de los seres vivos y del medio ambiente (Akhtar et al., 2021, págs. 1-35). Estas actividades conllevan a la mejora en el proceso de potabilización en el tratamiento del agua potable, las cuales deben satisfacer los diferentes factores, como la eliminación de patógenos y metales, reducción de turbiedad, pH, color, olor, y otros parámetros que puedan ser perceptibles al ojo humano causando malestar u incomodidad a las personas por su apariencia al momento de ser consumida (Vammen et al., 2019, pág. 13).

Ecuador se caracteriza por tener una extensa red hídrica alimentada por los glaciares de los Andes de la región Interandina, pero es un país donde existen problemas de acceso al agua potable y alcantarillado debido a la falta de infraestructura y presupuesto destinado para mantener estos servicios de una manera eficiente (Cabrera y Sarmiento, 2023, págs. 1-12), donde solo el 46.2% de municipios cuentan con alcantarillado diferenciado, el 73.3% realizan tratamientos de aguas residuales y un 91.4 % posee uno o más sistemas de tratamiento de agua para consumo (Terán et al., 2023, págs. 13-20). Además, las fuentes hídricas se ven afectadas por las diferentes acciones cotidianas de los ciudadanos, entre las cuales se destaca la agricultura como el mayor problema de afectación debido al uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos en la región Litoral e Interandina y la extracción petrolera y minería ilegal a diferentes escalas en la región Amazónica (Sierra et al., 2019, pp. 132-138). Por lo que; en las plantas de tratamiento de agua potable se adoptan las etapas de floculación-coagulación utilizando sales férricas y de aluminio para la respectiva sedimentación del material orgánico y la reducción de los sólidos disueltos totales presentes en el agua (Avilés y Verlicchi, 2019, págs. 1-18).

Puerto Francisco de Orellana, también conocida como El Coca, se encuentra ubicado entre tres importantes ríos que son el Napo, el Coca y el Payamino, todos parten de la cuenca del río Napo, que es de gran importancia en la región Amazónica (Rodríguez, 2016, págs. 1-4). La infraestructura

del servicio de agua potable en la ciudad está integrada por sistemas independientes que incluyen la captación, una planta de tratamiento y las redes de distribución a la ciudadanía. La principal planta de agua potable llamada “Los Álamos” abastece con este servicio a la mayoría de los habitantes de la ciudad con agua del río Payamino (PDYOT, 2023, pág. 357). La instalación ha incrementado un sistema emergente, con una segunda bomba de captación de agua del río Coca, para reducir las interrupciones existentes en el abastecimiento de agua potable. Sin embargo, en Orellana como consecuencia de la explotación petrolera, ocurren roturas de oleoductos, y vertidos de líquidos contaminantes, los cuales generan contaminación en los ríos y afectan directamente a la disponibilidad y calidad de agua del cantón (Cuenca et al., 2021, págs. 1-14).

Las plantas de tratamiento de agua potable dependen en gran medida de la etapa de coagulación y sedimentación (Nayeri y Mousavi, 2022, págs. 1-2). El uso de coagulantes convencionales para el proceso de potabilización ha crecido considerablemente en los últimos años por la contaminación del agua en el medio ambiente (Lin y Ika, 2020, págs. 2-3). Donde el uso de estos compuestos sintéticos provoca el deterioro de la calidad del agua debido al aumento de la concentración de aluminio, que a menudo es utilizado en la etapa de coagulación y al ser un residuo que se acumula, este ocasiona un deterioro ambiental provocando la generación de lodos los cuales pueden ocasionar serios problemas en la planta de tratamiento de agua potable (Takaara y Kurumada, 2023, págs. 1-12).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, las personas están expuestas a niveles peligrosos de contaminantes químicos y biológicos en el agua debido al manejo inadecuado de este recurso. (Cardoso et al., 2018, págs. 1-2). En las plantas de tratamiento de agua potable se han utilizado los coagulantes químicos convencionales, para tratar el agua proveniente de diversas fuentes de agua (Shamsnejati et al., 2015, págs. 40-47), como, por ejemplo, el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso/férrico y el cloruro de polialuminio (Saritha et al., 2019, pp. 1-3), que son efectivos para la clarificación del agua, pero existen diversos inconvenientes asociados con su empleo, tales como la ineficacia a bajas temperaturas, los efectos adversos sobre la salud humana, la generación de grandes volúmenes de lodos y la alteración en el pH del agua tratada (Shamsnejati et al., 2015, págs. 40-47).

La principal preocupación de utilizar coagulantes convencionales en los tratamientos de agua potable radica en la generación de problemas ambientales y efectos sobre la salud humana (Hussein, 2016, págs. 505-516). Como es el caso de los coagulantes a base de polímeros sintéticos y derivados, por ejemplo, la poliacrilamida y las polietilimininas, que son responsables de la generación de monómeros residuales con propiedades neurotóxicas y cancerígenas (Tijjani et al., 2023, págs. 1-13).

En Ecuador, las plantas de tratamiento de agua involucran el uso de sales de aluminio, cloruro férrico y poliacrilamidas para el proceso de floculación y coagulación. Sin embargo, esto provoca la acumulación de metales en los lodos residuales, presentando la necesidad de reducir el contenido de aluminio en el agua potable por los posibles riesgos para la salud, como enfermedades neurológicas como el Alzheimer (Landázuri et al., 2018, pág. 4).

Desde este punto de vista, los coagulantes de origen vegetal pueden desempeñar el papel de un sustituto eficaz de los coagulantes convencionales (Vega et al., 2021, págs. 12-13). Las ventajas de emplear coagulantes naturales en el tratamiento del agua comprenden el bajo costo, no son perjudiciales para la salud, son biodegradables, generan un volumen reducido de lodos en comparación con los coagulantes químicos y son fáciles de obtener (Diver et al., 2023, pág. 2).

Por el motivo expuesto, se busca explorar nuevas alternativas que puedan sustituir el uso convencional del sulfato de aluminio, comúnmente conocido como alumbre, para la reducción de

coagulantes inorgánicos en el tratamiento de agua potable. Esto se llevará a cabo mediante la elaboración de coagulantes a partir de las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), con el objetivo de remover la turbidez y los sólidos presentes en diversas muestras de agua recolectadas del río Payamino situado en la ciudad de El Coca.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Comparar la efectividad de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), mediante análisis en muestras de agua del río Payamino, como alternativa en la remoción de la turbidez y sólidos en el tratamiento de agua potable.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Extraer la solución coagulante de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), a través de una serie de procesos unitarios para eliminar turbidez y sólidos presentes en el agua.
- Determinar la dosis óptima de coagulantes producidos a partir de las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) para la remoción del nivel de turbidez y concentraciones de sólidos en el agua mediante la prueba de jarras.
- Comparar la efectividad de los agentes coagulantes naturales a través de los parámetros de turbidez y sólidos disueltos totales en muestras de agua del río Payamino.

1.3. Justificación

El agua potable es esencial para el desempeño de las diversas actividades realizadas por el ser humano, por ello se promueve la investigación y el desarrollo de coagulantes y floculantes innovadores derivados de la celulosa y almidones vegetales para evitar su degradación (Sánchez et al., 2012, págs. 495-502). El principal objetivo es optimizar los procesos de tratamiento de agua, específicamente para reducir la turbidez y la presencia de sólidos, ya sean de origen naturales o generados por actividades humanas (Garcés y Pacheco, 2023, págs. 1-10).

El uso de coagulantes naturales es reconocido en los países más pobres de África, Asia y América

Latina, por ser lugares que dependen de fuentes tradicionales de aguas superficiales altamente turbias y patógenas, debido al bajo costo económico en el tratamiento del agua (Lea, 2014, págs. 1-8). En países como India que no cuentan o carecen con un sistema eficiente de tratamiento de agua, la Moringa se utiliza en el proceso de sedimentación y eliminación de turbidez y sólidos, teniendo la capacidad de reducir la turbidez y la carga bacteriana del 70% al 99% (Aboagye et al., 2021, págs. 1-12) En Sudamérica, se realizan estudios con el Cactus en conjunto con el metanol y acetato de etilo como medio de tratamiento del agua a una turbiedad de 20 a 150 NTU donde se produce una remoción entre el 80% y 90%. Otra combinación es la de sulfato de aluminio y almidón de yuca, para agua con 24 NTU donde su remoción es del 78% de la turbiedad en el tratamiento del agua (Ortiz et al., 2018, págs. 18-46).

Los coagulantes orgánicos no tienen impacto adverso sobre el medio ambiente, ya que son biodegradables y no causan problemas de salud, al no persistir después del tratamiento al ser arrastrados con la fuerza del caudal (Setia, 2018, págs. 1-44). A diferencia de los coagulantes inorgánicos como el sulfato de aluminio, comúnmente usado en el proceso de clarificación y sedimentación de partículas disueltas (Hussein, 2016, págs. 505-516).

En la planta de tratamiento de agua potable el uso de productos sintéticos ocasiona limitaciones como las fluctuaciones del pH que requieren el uso de compuestos inorgánicos para su ajuste, además la sedimentación de sólidos en el agua da lugar a la formación de importantes volúmenes de lodos, que provocan una ralentización en la producción de agua potable. Adicionalmente, estos químicos representan un alto costo para las plantas de tratamiento de agua potable (Oladoja, 2015, págs. 174-192). A diferencia de los coagulantes naturales que generan menos variación del pH, son igualmente efectivos, generan menos volumen de lodos y reducen la preocupación por daños a la salud humana porque muchos de estos se utilizan en medicina y alimentos naturales (Kanika y Brighu, 2020, págs. 1-11).

En el país no se han realizado estudios de la elaboración de coagulantes vegetales como la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*), a comparación de la pulpa conocida como alimento y secundariamente como uno de los complementos de un biocarbón para la eliminación de plomo y cadmio en el agua potable con una remoción del 95.96% para Pb y del 99.05% para Cd (Pineda et al., 2020, págs. 1-20). Lo mismo sucede con la semilla de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), no existen estudios sobre el tema a tratar, pero se reconoce como material para artesanías y el endocarpio se convierte en un material adsorbente para la eliminación de iones Pb (II) donde la cantidad máxima de plomo es 22.0348 mg·g⁻¹ a una temperatura de 298 K (Chávez et al., 2022, págs. 1-16). Por consiguiente, el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de utilizar por primera vez las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*)

para la elaboración de coagulantes naturales para determinar la eficacia de estas en la remoción de turbidez y sólidos disueltos totales en el agua potable, por medio de pruebas con muestras del río Payamino.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis Nula

Los coagulantes elaborados con la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y la semilla de Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) no son capaces de remover significativamente el nivel de turbidez y sólidos en el tratamiento de agua potable.

1.4.2. Hipótesis Alternativa

Los coagulantes elaborados con la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y la semilla de Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) son capaces de remover significativamente el nivel de turbidez y sólidos en el tratamiento de agua potable.

1.5. Variables

Las variables planteadas en el presente trabajo de investigación son las que se detallan a continuación en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Variables planteadas en el trabajo de investigación

Variable	Tipo de variable	Indicador	Unidad
Coagulante natural elaborado a partir de la semilla de Chontaduro y Tagua Dosis	Independiente	Volumen	mL
Remoción de turbidez y sólidos disueltos totales	Dependiente	Porcentaje	%

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El agua

El agua es un compuesto químico compuesto por la unión de un átomo de hidrógeno dos de oxígeno unidos por enlaces covalentes. El agua es el elemento más abundante del planeta y el más importante para los organismos vivos. Es un líquido incoloro, inodoro e insípido al que se denomina disolvente universal porque en contacto con ella pueden disolverse distintas sustancias, independientemente de su estado, formando coloides, iones complejos o partículas disueltas que varían en peso y tamaño (Castellanos y Martín, 2020, pág. 31).

2.1.1. *Ciclo hidrológico*

El ciclo hidrológico se basa en el movimiento o transferencia constante de masas de agua de un punto a otro del planeta Tierra y entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está impulsado por dos causas: la primera, el sol, que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada fluya hacia abajo (precipitación y escorrentía) (Ordoñez, 2011, págs. 6-10).

2.1.2. *Agua potable*

Agua potable hace referencia al agua con características físicas, químicas y microbiológicas modificadas con diferentes tratamientos con el fin de garantizar su aptitud para el consumo humano, pudiendo ser ingerida sin restricciones. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad establecidas por las regulaciones locales e internacionales (Camacho, 2014, pág. 31).

2.1.3. *Fuentes de agua*

2.1.3.1. *Agua superficial*

El agua superficial se encuentra dividido en ríos, riachuelos, quebradas, lagunas, manantiales entre otras fuentes que forman parte del abastecimiento para las diferentes actividades antrópicas, las mismas que son la principal causa de contaminar el agua a nivel global. Estas aguas están sujetas a contaminación por su naturaleza mineralógica (traslado de materia natural) y

contaminación antrópica por descargas de aguas residuales de campamentos, industrias y mineras (Díaz y Mamani, 2020, págs. 5-6).

2.1.3.2. Agua subterránea

El agua subterránea es una fuente de abastecimiento fundamental para proteger la salud humana, el desarrollo económico y los servicios ecosistémicos. Esto tomando en cuenta la creciente demografía que actualmente hace insostenible la demanda de este recurso, pero lamentablemente estas fuentes de agua se están deteriorando debido a la contaminación por diversas actividades, principalmente aquellas realizadas por el ser humano (Xie et al., 2023, págs. 395-418).

2.2. Contaminación hídrica

La contaminación del agua es el resultado de la adición de cualquier tipo de sustancia que pueda alterar la calidad del agua hasta el punto de limitar e impedir su uso. Esta contaminación se produce desde el momento del contacto con el recurso hídrico y, dependiendo de su naturaleza, provoca cambios inmediatos o graduales. Es importante señalar que estas sustancias, que se consideran contaminantes, pueden ser naturales o antropogénicas (Córdoba et al., 2010, págs. 175-193).

2.2.1. Tipos de contaminación hídrica

2.2.1.1. Fuente natural

Las fuentes naturales de contaminación como su nombre mismo lo dicen son originados por los arrastres de componentes naturales que contienen la atmósfera que llegan al recurso agua al momento de las precipitaciones y por medio del suelo cuando este es arrastrado por las corrientes de las inundaciones o por medio de la filtración de los compuestos que posee a las fuentes subterráneas, entre los componentes que pueden contaminar se pueden encontrar las sales minerales y hierro. A pesar de ser de origen natural estos pueden ser perjudiciales para la salud de los diferentes seres vivos, suelen ser visibles y fáciles de detectar (Megersa, 2018, págs. 1-2).

2.2.1.2. Fuente antropogénica

Este tipo de contaminación es producida por las diferentes actividades humanas que afectan de manera negativa el equilibrio del medio ambiente entre estas actividades podemos encontrar las industriales, minería legal e ilegal, el uso de pesticidas agrícolas, la actividad petrolera, entre otras actividades. Estas fuentes de contaminación son capaces de generar serios problemas ambientales

y afectar la salud todos los seres vivos (Grijalva et al., 2020, págs. 81-93) . Entre el 75% y 80% de la contaminación se debe a las aguas domesticas residuales, residuos industriales, pesticidas, textil, entre otros, los cuales provocan la generación de olor intolerable y generan la disminución de diversidad (Kiliç, 2021, págs. 129-132).

2.3. Calidad del agua

La calidad del agua se utiliza para determinar las propiedades químicas, físicas y biológicas mediante métodos que permitan evaluar la idoneidad de cualquier tipo de agua. Los usuarios pueden aceptar o rechazar la calidad del agua que se encuentra sin tratar, pero si esta no cumple con los estándares de buena calidad, se debe diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas para lograr obtener agua de mejor calidad apta para el consumo. El término de calidad es importante al momento de realizar las diferentes actividades en especial si se trata de agua para consumo humano, esta se puede clasificar en agua de baja calidad, medio y buena calidad (Ramírez, 2017, pág. 39).

2.3.1. Parámetros físicos y químicos del agua

2.3.1.1. Sólidos disueltos totales o salinidad

Son partículas sólidas de origen orgánico e inorgánico que se encuentran presentes en el agua, compuestas principalmente por minerales, sales y metales, con un tamaño inferior a 2 μm , siendo invisibles para el ojo humano. Estas partículas no pueden ser retenidas mediante filtros convencionales y requieren de otros procesos, como la coagulación, para ser eliminadas adecuadamente. Son las responsables de la turbidez, olor, sabor y color en el agua que afectan la calidad del agua (Poveda, 2022, págs. 4-14).

2.3.1.2. Turbidez

La turbidez se refiere a una medida de la propiedad o el efecto óptico generado por la dispersión o interferencia de los rayos de luz al atravesar una muestra de agua. Es una característica óptica de una suspensión que provoca que la luz se disperse en lugar de transmitirse a través de dicha suspensión. Esto puede ocurrir en el agua debido a la gran variedad de materia suspendida, que puede variar en tamaño. Los valores de turbidez se utilizan para determinar el grado de tratamiento necesario para una fuente de agua cruda, como la efectividad en el proceso de coagulación, floculación, sedimentación y filtración en el agua potable (Castrillón y Giraldo 2012, págs. 9-10).

2.3.1.3. pH

El pH permite determinar si una solución es ácida, neutra o básica calculando la cantidad de iones de hidrógeno presentes. Se utiliza para estimar los efectos de la acidez o alcalinidad causados por procesos naturales o humanos. Las mediciones se realizan en campo en una escala de 0 a 14, donde valores menores a 7 son los que presentan acidez, mayores a 7 representan basicidad y el pH 7 indica neutralidad (Frías y Montilla 2016, pág. 20).

2.3.1.4. Color del agua

El parámetro del color del agua se divide en color verdadero y color aparente. El color verdadero muestra la tonalidad libre de turbidez tras procesos como filtración. La coloración del agua, denominada color aparente, puede ser influenciada por iones metálicos naturales y sustancias como humus, turbas, plancton y residuos industriales (Delgado, 2016, pág. 25).

2.4. Tratamiento del agua

Los tratamientos de aguas son un conjunto de procesos que tienen como objetivo eliminar o reducir la contaminación del agua con el fin de mejorar su calidad. Esto se logra a través de una serie de operaciones que incluyen procedimientos mecánicos, químicos, biológicos y fisicoquímicos (Carpio, 2014, págs. 24-25).

2.4.1. Tratamiento primario del agua

El tratamiento primario tiene como finalidad separar parte de los sólidos en suspensión (insolubles) del agua residual mediante sedimentación por gravedad, así como remover o eliminar los componentes solubles y coloidales mediante procesos de coagulación-floculación y posterior decantación (Castillo y Díaz, 2022, pág. 34).

2.4.1.1. Sedimentación

La sedimentación es el tratamiento físico que se presenta antes del proceso de la purificación, filtración y desinfección para eliminar partículas disueltas no deseadas, como arena, arcilla y limo. Estas partículas se precipitan mediante la fuerza de la gravedad. En este proceso, es importante saber que cuanto más tiempo el agua permanezca inmóvil, mayor será el asentamiento de los materiales disueltos en el fondo del contenedor (Jaramillo, 2023, págs. 8-9).

2.4.1.2. Coagulación

La coagulación es un procedimiento que forma parte del tratamiento de agua. Consiste en adicionar un coagulante al agua a tratar y aplicar energía de mezclado para generar la formación de partículas gelatinosas de tamaño reducido. Estos coagulantes provocan la desestabilización de las partículas suspendidas debido a la neutralización de las cargas de coloides cargadas negativamente (Salgado, 2018, págs. 14-16).

2.4.1.3. Floculación

La floculación se define como el proceso que sigue a la coagulación. Este proceso permite el crecimiento y la aglomeración correspondiente de los flóculos formados, con el objetivo de aumentar su tamaño, necesario para facilitar su respectiva sedimentación. Inicialmente, estos flóculos son pequeños, pero crecen al unirse, formando aglomerados de gran tamaño que pueden sedimentarse fácilmente (Razuri, 2017, pág. 12).

2.5. Agentes coagulantes

La coagulación generalmente se logra mediante el uso de sustancias químicas conocidas como coagulantes. Los coagulantes son materiales químicos que se agregan al agua para lograr la separación de todas las partículas coloidales, lo que resulta en la formación de medios más grandes (flóculos) que se sedimentan más rápidamente (Salgado, 2018, pág. 21).

2.5.1. Coagulantes inorgánicos

Un coagulante inorgánico es aquel que está compuesto de hierro y aluminio u otros elementos con capacidad de formar un flóculo, para que puedan actuar como coagulante cuando se añade al agua. Los coagulantes de origen inorgánico se pueden clasificar en dos subgrupos:

Aluminio: El sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, aluminato de sodio, clorhidrato de aluminio, policloruro de aluminio, sulfato de cloruro de polialuminio, silicato de cloruro de polialuminio, y formas de cloruro de polialuminio con polímeros inorgánicos.

Hierro: El sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico, sulfato de cloruro férrico, sulfato poliférrico, y sales de hierro con polímeros orgánicos (Lopera, 2019, págs. 29-30).

2.5.2. *Coagulantes naturales*

Los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua que se derivan de materiales de origen vegetal o animal. Estos actúan de manera similar a los coagulantes inorgánicos al propiciar la aglomeración de partículas en suspensión presentes en el agua, facilitando la sedimentación y reduciendo la turbidez inicial. Algunos de estos coagulantes poseen propiedades antimicrobianas, contribuyendo a la disminución o eliminación de microorganismos patógenos causantes de enfermedades (García 2007, págs. 11-15).

2.5.2.1. *Moringa*

La *Moringa oleífera* tiene sus orígenes en la India y Bangladesh. Las semillas contienen proteínas catiónicas y se pueden utilizar como coagulantes para la clarificación del agua para consumo humano. La proteína catiónica en las semillas presenta características y propiedades coagulantes y floculantes utilizadas en la purificación del agua. Estudios han demostrado que el uso de las semillas de moringa como coagulante natural no deja residuos tóxicos que puedan afectar al cuerpo humano (Astudillo y Mera, 2017, págs. 24-25).

2.5.2.2. *Tamarindo*

Las semillas de tamarindo han sido probadas como una alternativa para reducir diferentes grados de turbidez en aguas crudas y residuales. *Tamarindus indica* es una fruta de la familia de las leguminosas, subfamilia de las casias. Es un árbol grande y longevo, originario de los trópicos del viejo mundo. Al igual que en la semilla de *Moringa oleífera*, los responsables de la capacidad coagulante de la semilla de Tamarindo son sus proteínas ácidas y aminoácidos solubles en agua (Feria et al., 2020, pág. 183).

2.5.2.3. *Chontaduro*

La planta de chontaduro, científicamente conocida como *Bactris gasipaes*, es una palma que puede alcanzar hasta 20 m de altura, con hojas de 1.5 a 4 m de largo. Su tronco, delgado con un espesor de 20 a 30 cm. A menudo está cubierto de espinas finas y duras, aunque existen variedades sin espinas. Esta especie se desarrolla en bosques tropicales a alturas entre el nivel del mar y los 1200 metros, siendo óptima para la producción entre 600 y 800 m. La chonta crece rápidamente, aproximadamente 1.5 a 2 m por año, y comienza a producir frutos después de tres años. La maduración de los frutos lleva de 3 a 4 meses, con generalmente dos cosechas al año. El fruto, es

igual a un coco en miniatura, se presenta en racimos y puede variar en color (rojo, amarillo o anaranjado), tamaño (2.5 a 5.0 cm) y peso (20 a 100 g). Cada fruto contiene una semilla dura de hasta 2 cm y una pulpa firme, fibrosa y harinosa, de color blanco, amarillo o naranja. La taxonomía de la planta se presenta en la Tabla 2-1 (Méndez y Suconota, 2021, págs. 18-20).

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica de la *Bactris gasipaes*

Taxonomía del Chontaduro	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Espadiciflorineas
Familia	Arecaceae
Género	Bactris
Especie	<i>Bactris gasipaes</i>

Fuente: iNaturalistEc 2023.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

2.5.2.4. Tagua

La tagua corresponde a la semilla de la palma *Phytelephas aequatorialis* que se encuentra en las cercanías de los ríos y aluviales de la costa ecuatoriana. La palma puede alcanzar una altura aproximada de 8 a 10 m, el tallo entre 25 y 30 cm de diámetro, sus hojas hasta 8 m de largo. Cada palma puede producir entre 15 y 16 frutos al año, se ubican en la parte superior de la palma y tienen un epicarpio grueso con muchas proyecciones espinosas, duras y de color marrón oscuro, mientras que el mesocarpio o parte interna del fruto es carnoso, delgado y de color amarillento; el fruto puede tener unos 30 cm de diámetro y contener de 4 a 6 semillas de varios tamaños. La producción de los primeros frutos se produce después de 14 a 15 años, cuando la planta ha alcanzado la madurez; luego de florecer y fructificar, se producen anualmente de forma continua con un pico de fructificación en la temporada de verano. La taxonomía de la planta se presenta en la Tabla 2-2 (Oña, 2012, págs. 1-5).

Tabla 2-2: Clasificación taxonómica de la *Phytelephas aequatorialis*

Taxonomía de la Tagua	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta

Clase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Areaceae
Género	Phytelephas
Especie	<i>Phytelephas aequatorialis</i>

Fuente: iNaturalistEc 2019.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

2.6. Prueba de jarras

La prueba de jarras es una técnica de laboratorio que tiene como objetivo realizar una simulación del proceso de clarificación del agua que se realiza en una planta de tratamiento, permitiendo evaluar a escala y rápidamente la acción que ejerce sobre el proceso de clarificación mediante varios parámetros como la velocidad, el tiempo de agitación y dosificación de diversos compuestos químicos solos o en combinación (Pacheco y Zapana, 2018, pág. 27).

2.7. Marco legal

2.7.1. Normativa nacional

2.7.1.1. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

Para el cumplimiento de las normativas vigentes en el Ecuador que tienen relación con este trabajo de investigación se usó como base legal el Acuerdo Ministerial 097A. Donde se menciona al Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tomando como dato referencial el límite máximo permisible de turbiedad y sólidos disueltos totales para fuentes de agua para consumo humano y domésticos (Tabla 2-3).

Tabla 2-3: Límite máximo permisible para fuentes de agua para consumo humano y domésticos

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Normativa
Turbidez	NTU	100	Acuerdo Ministerial 097 A/Tabla 1/ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TULSMA
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	

Fuente: (TULSMA, 2015, p.13)

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Lugar y área de estudio

Las frutas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) fueron recolectadas de la finca de la familia “Mendoza” ubicada en la comunidad García Moreno km 11, perteneciente a la parroquia Puerto Francisco de Orellana (El Coca), cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana (Ilustración 3-1).

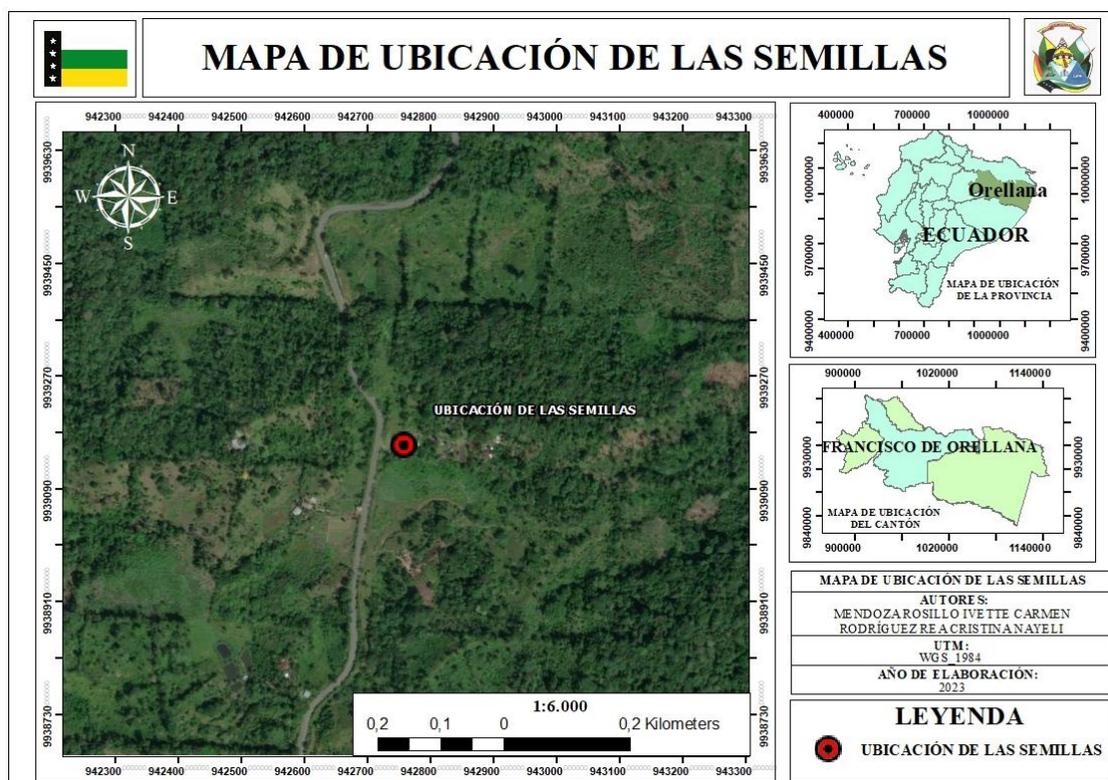


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de la recolección de las semillas.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

Las muestras de agua utilizadas para este Trabajo de Integración Curricular fueron recolectadas del río Payamino, el cual es una fuente de abastecimiento para la planta de tratamiento de agua potable "Los Álamos" en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana, cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana (Ilustración 3-2).

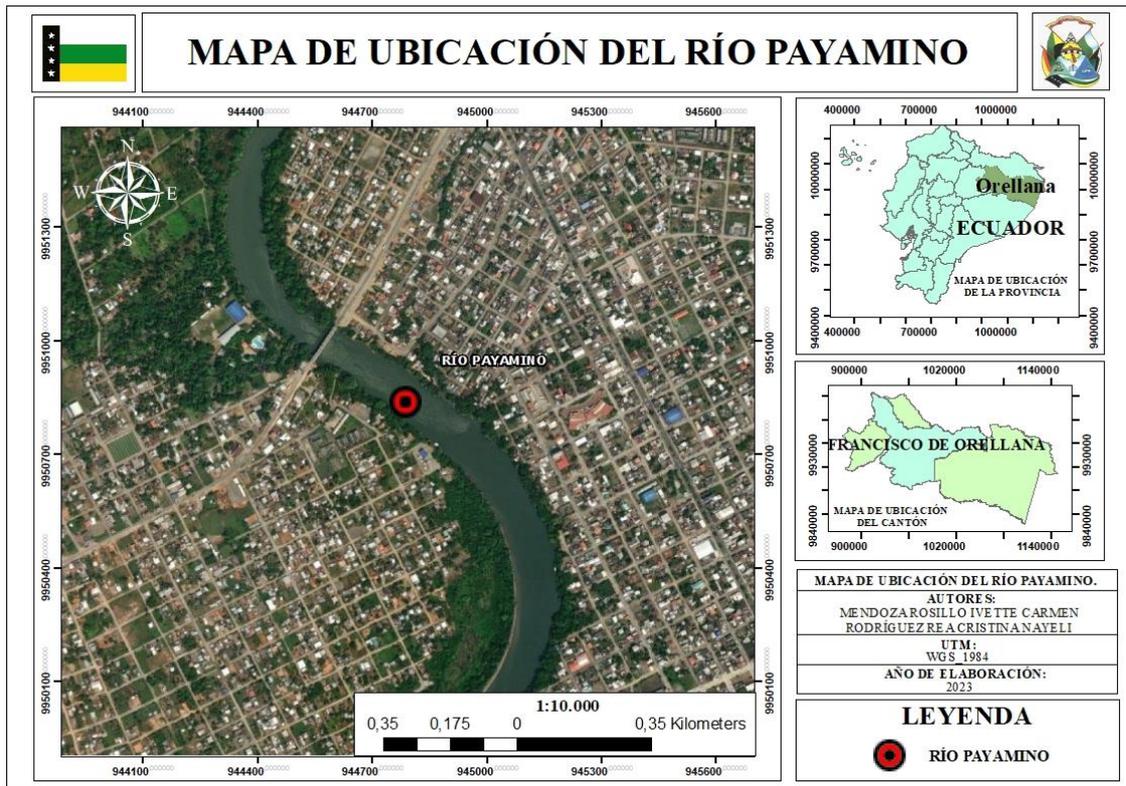


Ilustración 3-2: Mapa de ubicación de la recolección de las muestras de agua del Río Payamino.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

3.2. Equipos, materiales y reactivos

3.2.1. Equipos, materiales y reactivos utilizados en la extracción de los coagulantes

Para el proceso de extracción de los coagulantes naturales y obtención de la solución coagulante a partir de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) se utilizaron los equipos, materiales y reactivos detallado en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Equipos, materiales y reactivos para la extracción de coagulante

Equipos	Materiales	Reactivos
Molino manual	Recipientes de vidrio	Agua destilada
Balanza de precisión modelo BWL 51 de la marca BOECO	Cuchillo	
	Espátula de laboratorio	
	Vasos de precipitación de 500 mL	
	Varilla de agitación	

Tamiz o colador

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

3.2.2. *Equipos, materiales y reactivos utilizados en la prueba de jarras*

Los equipos, materiales y reactivos utilizados en la prueba de jarras para la determinación de la dosis óptima de solución coagulante para cada coagulante natural en muestra de agua del río Payamino se detallan a continuación en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Equipos y materiales utilizados en la prueba de jarras

Equipos	Materiales	Reactivos
Turbidímetro modelo 2020 we de la marca LaMotte	Vasos de precipitación 250 mL	Muestras de agua
Conductímetro modelo CT-676 de la marca BOECO	Envases plásticos	Solución coagulante
Prueba de Jarras	Pipeta	

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

3.2.3. *Equipos, materiales y reactivos utilizados para el análisis de parámetros fisicoquímicos*

Los equipos, materiales y reactivos utilizados para analizar los parámetros fisicoquímicos en las muestras de agua antes y después de aplicar la prueba de jarras se detallan a continuación en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Equipos, materiales y reactivos para analizar las muestras de agua

Equipo	Material	Reactivos
Turbidímetro modelo 2020 we de la marca LaMotte	Vasos de precipitación de 250 mL	Muestras de agua
Conductímetro modelo CT-676 de la marca BOECO		

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

3.3. **Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo exploratoria y descriptiva:

Exploratoria: Es de tipo exploratoria debido a que se investiga la dosificación adecuada del coagulante natural de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) para un volumen específico de agua, con el objetivo de lograr una remoción eficaz de turbidez y sólidos disueltos totales.

Descriptiva: Es de tipo descriptiva ya que se detalla el comportamiento que adoptan las muestras de agua después de la aplicación de los coagulantes naturales. Estos coagulantes van modificando las propiedades fisicoquímicas iniciales del agua, especialmente en lo que respecta a la turbidez y los sólidos disueltos totales, que son los parámetros medidos una vez concluido la prueba de jarras.

3.4. Diseño de investigación

El diseño utilizado para el presente trabajo de investigación fue de tipo experimental, llevándose a cabo en tres etapas. La primera etapa implicó la extracción del coagulante natural de las dos semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), mientras que la segunda etapa consistió en determinar la dosis óptima de solución coagulante para cada muestra de agua recolectada del río Payamino, utilizando la prueba de jarras. Por último, la tercera etapa fue analizar los parámetros fisicoquímicos como la turbidez y sólidos disueltos totales, al inicio y una vez aplicado el tratamiento. Con los resultados obtenidos se determinó el porcentaje de remoción y se realizó una comparación para determinar el coagulante más eficiente para el tratamiento de agua potable.

3.5. Metodología experimental

Para llevar a cabo el proceso de experimentación en el presente trabajo de investigación se tomó como referencia al manual técnico para la elaboración de coagulantes/floculantes a partir de productos naturales elaborado por Murillo et al (2020, págs. 22-26).

3.5.1. Extracción de los coagulantes naturales

Para extraer los coagulantes naturales de las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) se siguieron a detalle los siguientes pasos:

Recolección: Las frutas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) se recolectaron una vez culminada su etapa de maduración. Se obtuvo aproximadamente 10

racimos de Chontaduro y 2 racimos de Tagua. Cada racimo de Chontaduro contenía 40 frutos y en lo que respecta a la Tagua 6 frutas por racimo, para la obtención de su semilla. Las frutas fueron recolectadas de la finca de la familia “Mendoza” ubicada en la comunidad García Moreno km 11, perteneciente a la parroquia Puerto Francisco de Orellana (El Coca), cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana.

Obtención de la semilla: Para obtener las semillas de ambas frutas, éstas fueron cortadas cuidadosamente por la mitad y luego retiradas del fruto. Realizado este proceso se obtuvieron aproximadamente 800 gramos de semilla de Chontaduro y 700 gramos semillas de Tagua.

Presecado: Debido a que ambas semillas vienen recubiertas por el endocarpio que es la parte que rodea la semilla y se caracteriza por tener una textura dura adherido firmemente, se procedió a secar durante 24 horas a temperatura ambiente, para facilitar la separación de su cubierta con la semilla.

Triturado y molienda: Las semillas fueron fragmentadas en pedazos pequeños con ayuda de un mazo y/o cuchillo para posteriormente, pasar por un molino manual con la finalidad de reducir su tamaño hasta obtener ambas semillas en forma de polvo.

Secado: El polvo obtenido fue secado de forma directa con acción del sol durante 3 días continuos. La temperatura ambiente de secado rondó entre los 20 a 40 °C. Para eliminar cualquier rastro de humedad y proporcionando una conservación por mucho más tiempo.

Tamizado: Una vez secado el polvo de ambas semillas, se tamizó con un tamiz de 2 milímetros, el proceso se llevó a cabo varias veces, con la finalidad de obtener las partículas más pequeñas posibles.

Obtención de coagulante en polvo: La cantidad de coagulante en polvo obtenido una vez pasado por una serie de procesos unitarios fue aproximadamente de 500 gramos para cada semilla, sumando un total de 1000 gramos de polvo seco que sería utilizado para preparar la solución coagulante.

Caracterización: Una vez extraído el coagulante en polvo, este se analizó para determinar sus componentes más relevantes (humedad, extracto etéreo o grasa y proteínas o nitrógeno total), y poder así, establecer cuáles de estos podrían influir en la eficacia del coagulante.

Obtención de solución coagulante: Para obtener la solución coagulante se pesaron 30 gramos

de polvo seco y se disolvieron en 300 mL de agua destilada. Este paso al igual que los anteriores fue aplicado para ambas semillas.

En la Ilustración 3-3, se detalla el proceso para la extracción de coagulantes naturales por medio de un diagrama de flujo:

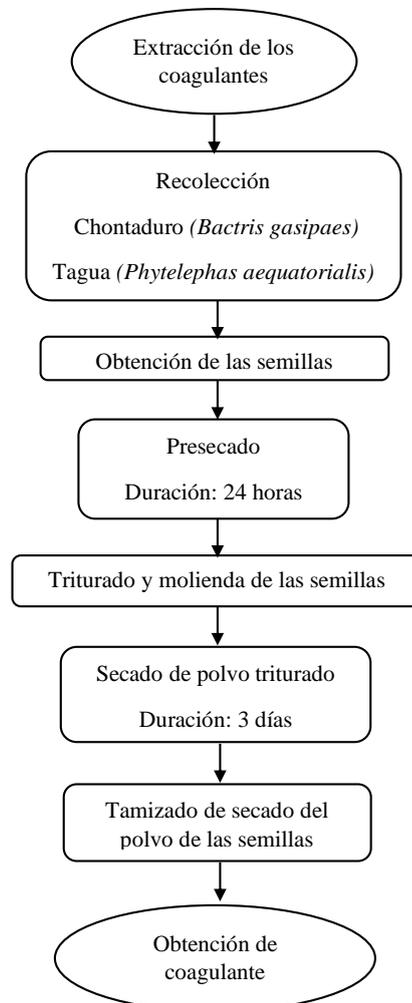


Ilustración 3- 3: Diagrama de flujo para la extracción de coagulantes naturales.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

3.5.2. Toma de muestras de agua a tratar

Las muestras de agua fueron recolectadas del río Payamino, ubicado en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana, cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana. Las muestras fueron tomadas directamente del río en recipientes de plástico, bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013, que establece las técnicas y precauciones que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua (INEN 2169, 2013, págs.1-26).

3.5.3. Determinación de la dosis óptima de los coagulantes naturales

Para determinar la dosis óptima, se realizaron pruebas de jarras para cada coagulante natural con niveles específicos de turbidez y sólidos disueltos totales. Se seleccionaron volúmenes de 5, 10, 15 y 20 mL de solución coagulante, utilizando 1000 mL de agua del río Payamino en cada vaso de la prueba de jarras, los cuales estaban equipados con cuatro paletas y una base iluminada. Se aplicó agitación rápida y lenta, seguida de un período de reposo o sedimentación determinado. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de parámetros fisicoquímicos para determinar el porcentaje de remoción de turbidez y sólidos disueltos totales. Este proceso se realizó individualmente para cada uno de los coagulantes naturales elaborados a partir de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelphas aequatorialis*). La dosificación óptima de los coagulantes se detalla a continuación en la Tabla 3-4

Tabla 3-4: Dosificación de los coagulantes naturales

N° de jarra	Volumen de agua a tratar (mL)	Solución coagulante (mL)	Dosificación				
			Velocidad de agitación (rpm)		Tiempo		
			Rápida	Lenta	Agitación rápida	Agitación lenta	Reposo
1	1000	5	120	45	1 m	30 m	10 m
2	1000	10	120	45	1 m	30 m	10 m
3	1000	15	120	45	1 m	30 m	10 m
4	1000	20	120	45	1 m	30 m	10 m

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

De acuerdo con la Tabla 3-4 para cada jarra con 1000 mL de muestra de agua del río Payamino, se le agregó volúmenes en intervalos de 5 mililitros de solución coagulante, es decir, dosis de 5 mL, 10 mL, 15 mL y 20 mL. Tomando en consideración que son dos coagulantes naturales elaborados a partir de la semilla de Chontaduro y Tagua. El proceso se realizó tres veces para cada muestra de agua dando un total de 24 unidades experimentales.

Cada unidad experimental se sometió a 120 revoluciones por minuto por un tiempo de 1 minuto y luego a 45 revoluciones por minuto por un lapso de 30 minutos. Posteriormente, para la sedimentación se dejó en reposo durante 10 minutos. Todos los datos mencionados anteriormente,

se encuentran dentro de los rangos apropiados para simular el proceso de coagulación, floculación y sedimentación en un equipo de prueba de jarras.

3.5.3.1. Análisis de los parámetros fisicoquímicos

Al finalizar la prueba de jarras se procedió a analizar los parámetros fisicoquímicos. Destacando que los parámetros se analizaron antes y después de la adición de los coagulantes elaborados a partir de las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) en el Laboratorio de Ciencias Básicas ESPOCH Sede Orellana, Campus Norte.

Para la determinación de los valores de turbidez y sólidos disueltos totales se tomaron 50 mililitros por cada muestra de agua en un vaso de precipitación de 250 mililitros. Luego, se realizaron los análisis fisicoquímicos con los equipos de laboratorio aptos para este tipo de parámetros. A continuación, se detallan los procedimientos que se llevaron a cabo para la medición de los diferentes parámetros fisicoquímicos en las muestras de aguas.

3.5.3.1.1. Determinación del parámetro de turbidez

La medición de la turbidez de las muestras de agua se realizó con la ayuda de un turbidímetro modelo 2020 we de la marca LaMotte y se llevó a cabo mediante el procedimiento que se detalla a continuación:

- Encender el equipo para medir el parámetro de turbidez.
- Calibrar el equipo con las muestras en blanco.
- Lavar la celda con agua destilada.
- Enjuagar la celda 3 veces con agua de la muestra.
- Colocar la muestra en la celda hasta la marca de señalización.
- Introducir la celda en el turbidímetro.
- Leer el valor del nivel turbidez que arrojó el equipo.

Además, se utilizó la siguiente ecuación para determinar el porcentaje de remoción de turbidez para cada muestra de agua una vez culminado los análisis fisicoquímicos:

$$\% \text{ Remoción turbiedad} = \frac{T_0 - T_f}{T_0} \times 100$$

Donde:

T₀: es el valor inicial de la turbiedad

T_f: representa el valor final de la turbiedad en cada ensayo

3.5.3.1.2. Determinación del parámetro de sólidos disueltos totales (TDS)

Para determinar los sólidos disueltos totales presentes en las muestras de agua se utilizó un conductímetro modelo CT-676 de la marca BOECO y se llevó a cabo la medición mediante el siguiente procedimiento detallado a continuación:

- Encender el equipo del parámetro a medir.
- Limpiar con agua destilada los electrodos del conductímetro.
- Secar el electrodo con una toalla de papel absorbente
- En un vaso de precipitación de 250 mililitros limpio colocar la muestra de agua.
- Introducir el electrodo del conductímetro en el vaso con la muestra de agua.
- Seleccionar en el conductímetro la opción de medir sólidos disueltos totales.
- Leer el valor del nivel de solidos disueltos totales que arrojó el equipo.

3.5.4. Comparación de la eficacia de los coagulantes naturales

En este apartado se procedió a comparar la remoción que ocasiona el coagulante elaborado de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*), con relación al coagulante elaborado de la semilla de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), para evaluar cual es el más eficiente. Para hacer dicha comparación se realizó un diseño factorial A x B, donde el factor A es el tipo de coagulante y el factor B es la dosis de la solución coagulante. El factor A tiene dos niveles que son el coagulante de Chontaduro y coagulante de Tagua, mientras que el factor B tiene cuatro niveles (5, 10, 15 y 20 mililitros) por cada 1000 mL de agua. Los niveles de los dos factores se combinaron y formaron ocho tratamientos, con cada tratamiento se realizaron tres repeticiones, por lo tanto, se llevaron a cabo 24 corridas experimentales y se utilizaron 24 unidades experimentales (muestras de agua), a las cuales se les asignaron todos los tratamientos de manera aleatoria. La variable de respuesta media fue la remoción de la turbidez.

El esquema del diseño experimental se presenta en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Esquema de diseño factorial A x B con bloques

Tratamiento	Coagulante	Dosis (mL)
T1	Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	5
T2	Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	10
T3	Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	15
T4	Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	20
T5	Tagua (<i>Phytelephas aequatorialis</i>)	5
T6	Tagua (<i>Phytelephas aequatorialis</i>)	10
T7	Tagua (<i>Phytelephas aequatorialis</i>)	15
T8	Tagua (<i>Phytelephas aequatorialis</i>)	20

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

El análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95 % (nivel de significancia $\alpha = 0.05$) con el programa Minitab. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores en donde se probaron las siguientes hipótesis. Además, se realizó una prueba de LSP de Fisher para identificar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

H₀: Efecto factor A (Tipo de coagulante) = 0

H₁: Efecto factor A (Tipo de coagulante) \neq 0

H₀: Efecto factor B (Dosis de coagulante) = 0

H₁: Efecto factor B (Dosis de coagulante) \neq 0

H₀: Efecto interacción A x B = 0

H₁: Efecto interacción A x B \neq 0

Para decidir si se rechaza o no las hipótesis nulas (H₀) se siguió la regla del valor p, donde si el valor de $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, mientras que si el valor $p \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Extracción de coagulantes naturales

Los coagulantes elaborados a partir de las semillas de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) fueron sometidos a una serie de operaciones unitarias que incluyeron principalmente la eliminación de su cubierta, trituración y secado. Estos procedimientos resultaron en la obtención de un polvo con los componentes que se detallan en la Tabla 4-1 y Tabla 4-2, el informe original aparece en el Anexo E.

Tabla 4-1: Caracterización de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*)

Determinación	Unidad	Método	Resultado
Humedad	%	LCA-PO-03	1.716
Extracto Etéreo o Grasa	%	LCA-PO-05	29.559
Proteínas o Nitrógeno Total	%	LCA-PO-012	10.050

Fuente: INIAP, 2024.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2024.

En la Tabla 4-1, se puede apreciar que la muestra de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) presento un bajo contenido de humedad. Para determinar este componente se utilizó el método LCA-PO-03 y se registró un contenido de humedad del 1.716%. Para el porcentaje de extracto etéreo o grasa se utilizó el método LCA-PO-05 y se obtuvo un contenido del 29.559%. En cuanto a la proteína se utilizó el método LCA-PO-012 dando un resultado del 10.050%. Se decidió analizar la humedad y la grasa, considerando que a valores elevados de estos componentes podría influir en la capacidad de coagulación de las partículas presentes en el agua (Chuiza et al., 2019, págs. 245-252). Adicionalmente, se analizó la proteína la cual según revisión bibliográfica es el principal componente activo capaz de realizar el proceso de coagulación (Toapanta, 2020, págs. 42-43).

El contenido de humedad, grasa y proteína del Chontaduro es mucho menor a comparación a la del frejol o poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) con un contenido del 9.51% de humedad, 1.48% de grasa y 23.43% de proteína (Osorio, 2022, pág. 5). Sin embargo, la Tuna (*Opuntia Ficus Indica*) presenta un contenido muy similar a la del Chontaduro con un contenido de humedad del 5.75%, 1.28% de grasa y 11.60% de proteína (Vargas., 2018, pág. 48). Estos resultados nos indican que el contenido del componente depende del origen natural del cual provengan y del método aplicado para obtener el coagulante en polvo de las semillas.

Tabla 4-2: Caracterización de la semilla de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*)

Determinación	Unidad	Método	Resultado
Humedad	%	LCA-PO-03	0.349
Extracto Etéreo o Grasa	%	LCA-PO-05	1.019
Proteínas o Nitrógeno Total	%	LCA-PO-012	5.232

Fuente: INIAP, 2024.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2024.

Por otro lado, en la Tabla 4-2, se exponen los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la semilla de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) donde se puede apreciar un contenido de humedad del 0.349%, un contenido de extracto etéreo o grasa del 1.019%, y un porcentaje de proteínas o nitrógeno total del 5.232%, Para determinar los valores se utilizaron los métodos de LCA-PO-03, LCA-PO-05 y LCA-PO-012. Al igual que en el caso del Chontaduro, se optó por analizar la humedad y la grasa, ya que una concentración elevada de estos componentes podría afectar la capacidad de coagulación de las partículas presentes en el agua. Al igual se decidió incluir el análisis de proteínas, ya que constituye el componente principal activo con capacidad para llevar a cabo el proceso de coagulación.

El contenido de humedad, grasa y proteína de Tagua es mucho menor a comparación de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica*) ya que está se encuentra compuesta por un 9.4% de humedad, 4.5% de grasa y 13.3% de proteína (Naranjo, 2019, p. 24). No obstante, la Moringa (*Moringa oleífera*) presenta un contenido muy similar al componente de grasa con un valor del 2.81%, mientras que el contenido de humedad es del 8.3% y 21.2% de proteína, valores mucho mayores a la de la Tagua (Toapanta, 2020, p. 43). Al igual que el Chontaduro, los resultados dependen del origen natural del cual provengan y del método utilizado para obtener el coagulante en polvo de las semillas.

4.1.2. Determinación de la dosis óptima de los coagulantes naturales

Con el propósito de determinar la dosis óptima de los coagulantes naturales en muestras de agua del río Payamino, se llevó a cabo la prueba de jarras. Fue necesario realizar varios ensayos los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de Ciencias Básicas ESPOCH Sede Orellana, Campus Norte. En la prueba de jarras, se aplicaron dosis de 5 mL, 10 mL, 15 mL y 20 mL de solución coagulante de elaborada con 300 mililitros de agua destilada y 30 gramos de semilla en polvo, tanto para la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) como la de Tagua (*Phytalephas aequatorialis*), en muestras de agua de 1000 mililitros a un nivel específico de turbidez y sólidos disueltos totales.

Posteriormente, se aplicó una velocidad de agitación rápida de 120 rpm durante 1 minuto, seguida de una velocidad de agitación lenta de 45 rpm durante 30 minutos, y finalmente un reposo de 10 minutos. Durante el transcurso de la prueba se observó que en la primera etapa de floculación (agitación rápida) los flóculos se esparcían por todo el recipiente y conforme avanzaba la etapa de floculación (agitación lenta) se formaba una cantidad considerable de flóculos, cuyo tamaño era apreciable a simple vista y durante la etapa de sedimentación se logró observar gran cantidad de material particulado en la parte inferior del vaso.

Una vez culminado la prueba de jarras se analizaron los parámetros fisicoquímicos por cada unidad experimental para determinar la dosis de solución coagulante con mayor remoción al aplicar los tratamientos. En la Tabla 4-3 se detallan los resultados obtenidos de los parámetros medidos una vez aplicada las dosis de solución coagulante

Tabla 4-3: Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos

Semilla	Dosis de coagulante (mL)	Parámetros iniciales			Parámetros finales				Remoción de turbiedad (%)	Promedio	Remoción de TDS (%)	Promedio	
		Turbiedad (NTU)	T (°C)	TDS (mg/L)	Turbiedad (NTU)	AM 097 A	T (°C)	TDS (mg/L)					AM 097 A
Chontaduro	5	46.5	24.1	25.8	42.6	Cumple	23.9	35.3	Cumple	8.39		-36.82	
	5	46.5	24.1	25.8	40.8	Cumple	26.5	35.2	Cumple	12.26	11.68	-36.43	-36.95
	5	46.5	24.1	25.8	39.8	Cumple	25.8	35.5	Cumple	14.41		-37.60	
	10	46.5	24.1	25.8	43	Cumple	23.9	47.4	Cumple	7.53		-83.72	
	10	46.5	24.1	25.8	42.6	Cumple	26.5	46.8	Cumple	8.39	7.17	-81.40	-81.65
	10	46.5	24.1	25.8	43.9	Cumple	25.8	46.4	Cumple	5.59		-79.84	
	15	46.5	24.1	25.8	43.9	Cumple	23.9	52.5	Cumple	5.59		-103.49	
	15	46.5	24.1	25.8	43.5	Cumple	26.5	54.7	Cumple	6.45	5.81	-112.02	-109.82
	15	46.5	24.1	25.8	44	Cumple	25.8	55.2	Cumple	5.38		-113.95	
	20	46.5	24.1	25.8	44.8	Cumple	23.9	54.9	Cumple	3.66		-112.79	
	20	46.5	24.1	25.8	44.7	Cumple	26.5	55	Cumple	3.87	4.01	-113.18	-115.25
	20	46.5	24.1	25.8	44.4	Cumple	25.8	56.7	Cumple	4.52		-119.77	
Tagua	5	46.5	24.1	25.8	31.8	Cumple	23.7	27.6	Cumple	31.61		-6.98	
	5	46.5	24.1	25.8	33.4	Cumple	24.4	28.2	Cumple	28.17	27.89	-9.30	-9.43
	5	46.5	24.1	25.8	35.4	Cumple	26.1	28.9	Cumple	23.87		-12.02	
	10	46.5	24.1	25.8	41.5	Cumple	23.7	30.9	Cumple	10.75		-19.77	
	10	46.5	24.1	25.8	43.9	Cumple	24.4	32.9	Cumple	5.59	10.68	-27.52	-26.87
	10	46.5	24.1	25.8	39.2	Cumple	26.1	34.4	Cumple	15.70		-33.33	
	15	46.5	24.1	25.8	44.5	Cumple	23.7	32.6	Cumple	4.30		-26.36	
	15	46.5	24.1	25.8	44.9	Cumple	24.4	34.2	Cumple	3.44	4.23	-32.56	-33.72
	15	46.5	24.1	25.8	44.2	Cumple	26.1	36.7	Cumple	4.95		-42.25	
	20	46.5	24.1	25.8	45.8	Cumple	23.7	33.1	Cumple	1.51		-28.29	
	20	46.5	24.1	25.8	46.2	Cumple	24.4	36.1	Cumple	0.65	0.79	-39.92	-37.86
	20	46.5	24.1	25.8	46.4	Cumple	26.1	37.5	Cumple	0.22		-45.35	

Fuente: Laboratorio de Ciencias Básicas ESPOCH Sede-Orellana, Campus Norte. 2024.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2024.

4.1.2.1. Turbiedad

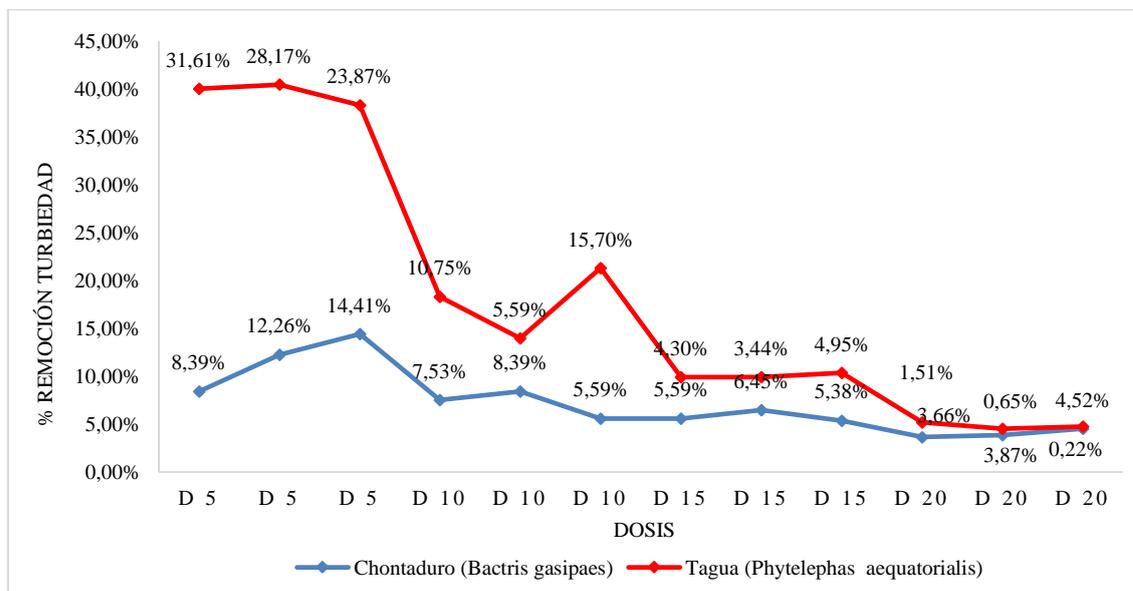


Ilustración 4-1: Porcentaje de remoción de turbiedad.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

En la Ilustración 4-1, se observa que al aplicar diferentes dosis de solución coagulante de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) en muestras de agua con un nivel de 46.5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit), se presenta una disminución drástica en los niveles de turbiedad. En dosis de 5 mililitros se obtiene una remoción del 8.39%, 12.26% y 14.41% con un promedio del 11.68%, mientras que en dosis de 10 mililitros se remueve un 7.53%, 8.39% y 5.59% con un promedio del 7.15%, en cuanto a las dosis de 15 mililitros se reduce el 5.59%, 6.45% y 5.38% de turbiedad con un promedio del 5.81% y las dosis de 20 mililitros la cantidad de remoción es del 3.66%, 3.87% y 0.22% con un promedio del 4.01%. Dicho esto, se puede determinar que la dosis óptima para remover turbiedad en muestras de agua con coagulante de Chontaduro es de 5 mililitros de solución coagulante, ya que su porcentaje promedio de remoción fue de 11.86% valor mucho mayor a comparación de los demás resultados.

En lo que respecta al coagulante de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), una vez aplicado las diferentes dosis de solución coagulante, se observan porcentajes de remoción mayores al de Chontaduro (*Bactris gasipaes*). En dosis de 5 mililitros los niveles de turbiedad se reducen al 31.61%, 28.17% y 23.87% con un promedio del 27.89%, en cuanto a las dosis de 10 mililitros la cantidad de remoción es del 10.75%, 5.59% y 15.70% con un promedio del 10.68%, mientras que en dosis de 15 mililitros disminuyen al 4.30%, 3.44% y 4.95% con un promedio del 4.23%, y en dosis de 20 mililitros se disminuyen al 1.51%, 0.65 y 0.22 con un promedio del 0.79%. Por lo

tanto, se puede determinar que en el caso de la Tagua la dosis óptima es la solución coagulante de 5 mililitros ya que presentó un porcentaje promedio mayor de remoción del 27.89% en comparación a los resultados obtenidos con las dosis de 10, 15 y 20.

4.1.2.2. Sólidos disueltos totales (TDS)

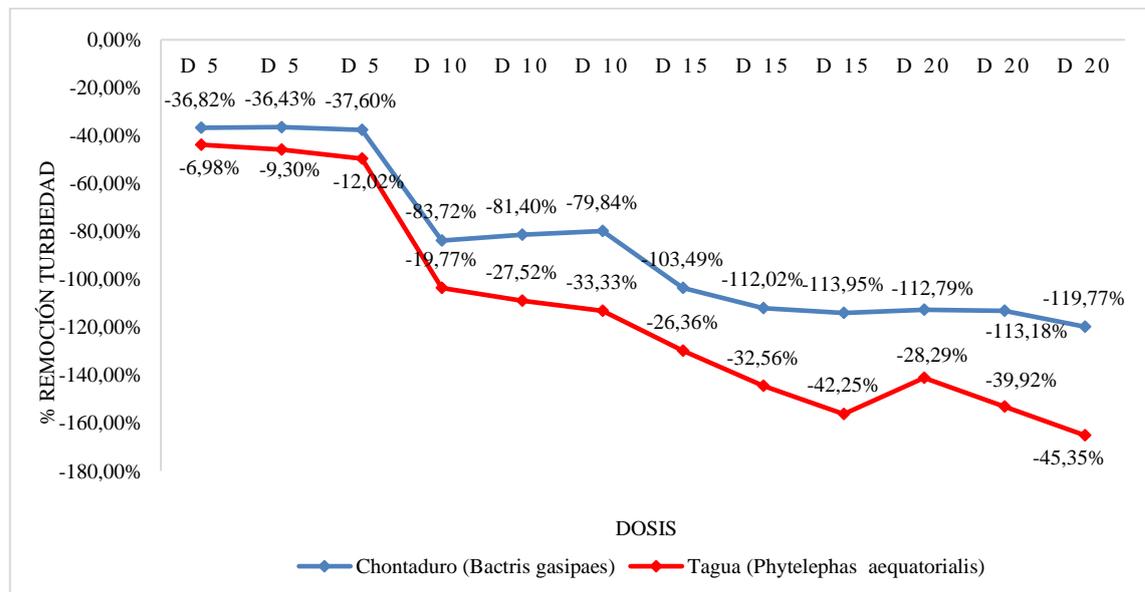


Ilustración 4-2: Porcentaje de remoción de sólidos disueltos totales.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

En la Figura 4-2, se evidencia que cuando se usan diferentes dosis de solución de coagulación de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelphas aequatorialis*) en 1000 mililitros de agua, hay un aumento drástico en los valores de sólidos disueltos totales. Estos resultados nos muestran que no existe remoción al utilizar las dosis de solución coagulante. De acuerdo a revisión bibliográfica esto puede estar relacionado con el estudio realizado por Toapanta (2020, pág. 72) quien nos menciona que al utilizar la Moringa (*Moringa oleifera*) como coagulante, no se pueden agregar dosis superiores a 10 mililitros en 1000 mililitros de agua residual, esto se debe a que esta planta se caracteriza por no ser soluble en agua y poseer un alto contenido de fibra, provocando que la solución presente sobresaturación y al añadir la solución coagulante, los flóculos se destruirán, debido a la diferencia en las cargas electrostáticas sufriendo un desequilibrio y en lugar de tener dos cargas opuestas, se tienen cargas iguales que se disipan. Este fenómeno provoca que los flóculos no se formen de manera correcta y con ello aumente la cantidad de partículas presentes en el agua, aumentando así la turbidez y sólidos en el agua en lugar de reducirlos.

4.1.3. Comparación de la efectividad de los coagulantes naturales

4.1.3.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 4-4: Análisis ANOVA

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Coagulante	1	83.37	83.370	12.47	0.003
Dosis	3	1054.29	351.429	52.57	0.000
Coagulante*Dosis	3	348.17	116.96	17.36	0.000
Error	16	106.96	6.685		
Total	23	1592.79			

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

A través de los resultados de la Tabla 4-4, se observa que el valor de p es menor a 0.05, con lo cual se rechaza a la hipótesis nula y se concluye que el efecto del coagulante es significativo. Por lo tanto, el tipo de coagulante sí influye en la remoción de la turbidez.

Para la dosis de coagulante se observa que el valor de p es menor a 0.05, rechazando la hipótesis nula y concluyendo que la dosis del coagulante es significativa. Por lo tanto, la dosis de coagulante sí influye en la remoción de la turbidez.

Finalmente, se observa que, para la interacción entre el tipo de coagulante y las dosis de solución coagulante, el valor de p es menor a 0.05, rechazando la hipótesis nula y concluyendo que el efecto de la interacción es significativo.

4.1.3.2. Prueba LSD de Fisher

En la prueba LSD de Fisher se observa que los tratamientos con la menor remoción de turbidez es el del coagulante de Chontaduro. Mientras que el tratamiento que produce la mayor remoción de la turbidez es el coagulante de Tagua. Se debe recordar que los tratamientos que tiene la misma letra son estadísticamente iguales.

Tabla 4-5: Prueba LSD de Fisher

Coagulante	Dosis	Medias	n	E.E.		
Tagua	20	0.79	3	1.49	A	
Chontaduro	20	4.01	3	1.49	A	B
Tagua	15	4.23	3	1.49	A	B
Chontaduro	15	5.81	3	1.49		B
Chontaduro	10	7.17	3	1.49		B C
Tagua	10	10.68	3	1.49		C D
Chontaduro	5	11.68	3	1.49		D
Tagua	5	27.89	3	1.49		E

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

En la Ilustración 4-3, se comprueba que el coagulante con mayor remoción se presenta con el coagulante de Tagua con un porcentaje promedio del 27.89%. Mientras que el coagulante de Chontaduro se obtiene un porcentaje de remoción menor a comparación de la Tagua, con un promedio del 11.68%. Por lo tanto, se puede deducir que el coagulante elaborado de Tagua es mucho más eficiente que el coagulante elaborado de Chontaduro puesto que presenta una mayor remoción de turbiedad.

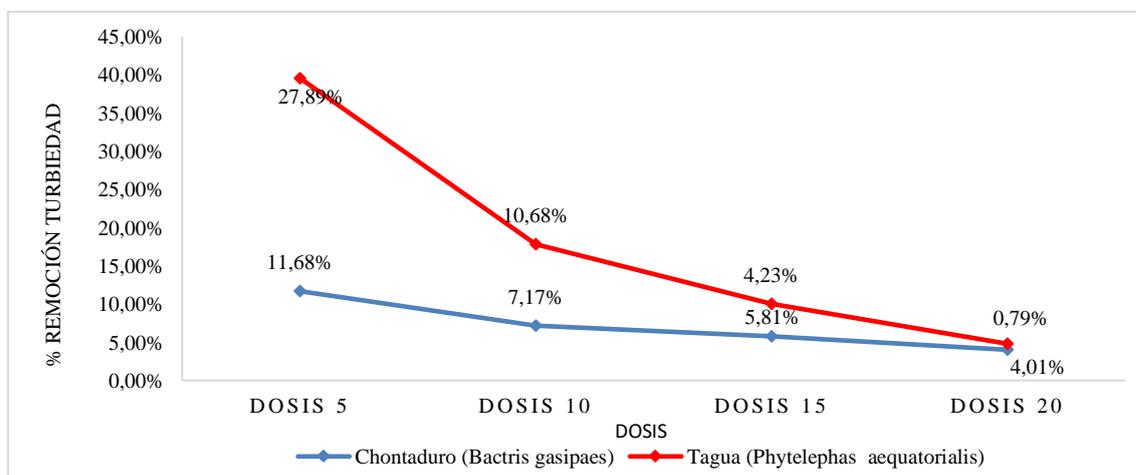


Ilustración 4-3: Comparación de los coagulantes naturales.

Realizado por: Mendoza, I y Rodríguez, C., 2023.

4.2. Discusión

Actualmente no existen estudios de la utilización de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytalephas aequatorialis*) como coagulantes naturales para el tratamiento de agua potable. En este sentido, la búsqueda de elaborar coagulantes naturales a partir de las semillas de Chontaduro y Tagua surge como una alternativa para ser aplicado en el tratamiento de agua potable como coagulante natural y como posible sustituto de los coagulantes convencionales como lo es el sulfato de aluminio. En el presente trabajo de investigación los coagulantes naturales elaborado a partir de la semilla de Chontaduro y Tagua han obtenido resultados favorables ya que en la mayoría de las pruebas se ha logrado remover un gran porcentaje de turbiedad en muestras de agua del río Payamino.

En comparación con otros coagulantes naturales, la semilla de Chontaduro y Tagua como se mencionó anteriormente no han sido usadas en investigaciones como coagulantes naturales para remover turbiedad ni sólidos disueltos totales de acuerdo con revisión bibliográfica, no obstante, se puede discutir con resultados obtenidos con otros coagulantes naturales. Uno de los coagulantes naturales es la Moringa (*Moringa Olifera*) que presenta una remoción promedio del 78.8% de la turbiedad en muestras de agua cruda con un rango de concentración de 30 mg/L a 75 mg/L (Calle, 2021, pág. 73). Así mismo, con el Tamarindo (*Tamarindo Indica*) con una remoción del 89% con una concentración de 10 mg/L en muestras de agua turbia sintética con un nivel de turbiedad de 10.20 FTU (Ramírez, 2019, págs. 32-33).

Los resultados anteriores son superiores, sin embargo, existen coagulantes que indican porcentajes menores de remoción de turbidez, como es el estudio realizado por Barbarán et al. (2017, págs. 11-13) en donde se obtuvo una remoción del 48.92% de turbiedad a una concentración de 5 gr/L, con niveles de turbidez de 1302 NTU y sólidos suspendidos de 5260 mg/L, utilizando la semilla de palta (*Persea americana*). De igual manera, el uso de semilla de aguacate (*Persea americana*) usado por Barreto et al. (2020, págs. 105 - 116) demostró una baja remoción del 44.27% en muestras de agua con nivel de turbiedad de 155 NTU para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

De acuerdo con los estudios que se han mencionado, el coagulante de Chontaduro ha logrado resultados similares en cuanto a la remoción de turbiedad en muestras de agua del río Payamino. Las muestras de agua con un nivel de turbiedad de 46.5 NTU con un volumen de 5 mililitros de solución coagulante lograron el 11.68% de remoción, llegando a estar por debajo del límite máximo permisible para fuentes de agua para consumo humano y domésticos dispuesto en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del

Ambiente (TULSMA). Sin embargo, si se agregaba dosis mayores de coagulante al agua este se saturaba produciendo la separación de las partículas ya floculadas y un aumento tanto en el nivel de turbidez como el de sólidos disueltos totales.

Por otra parte, el mayor porcentaje registrado con el coagulante de Tagua logró remover el 27.89% con un volumen de 5 mililitros de la solución coagulante, logrando mantenerse bajo los límites máximos permisibles de la normativa nacional vigente. Y al igual que el coagulante de Chontaduro se observó el mismo comportamiento, es decir, si se agregaba más solución coagulante a las muestras de agua estas se saturaban produciendo la separación de las partículas ya floculadas y los valores de los parámetros fisicoquímicos se elevaban.

Dichos resultados son variados debido a que los coagulantes naturales contienen componentes que influyen en el proceso de coagulación como lo es la proteína, que está formada por aminoácidos. Los ácidos glutámico y aspártico son los responsables de la coagulación ya que por ser sustancias que poseen grupos con cargas formales negativa y positiva permiten desestabilizar y coagular las partículas presentes en el agua. Sin embargo, son resultados que contribuyen al desarrollo y mejora continua de alternativas amigables con el ambiente para el tratamiento de agua potable con altos niveles de turbiedad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se logró elaborar los coagulantes a partir de las dos semillas, donde, por medio de un análisis de caracterización, se determinó que el Chontaduro poseía un contenido de humedad de 1.716%, grasa de 29.559%, y proteína de 10.232%, en el caso de la Tagua, se obtuvo una humedad de 0.349%, grasa de 1.019%, y proteína de 5.232%.
- Por medio de la prueba de jarras realizadas, se determinó que la muestra de agua, con un nivel de turbidez del 46.5 NTU, la solución coagulante de Chontaduro remueve un porcentaje de turbiedad del 11.68%, 7.17%, 5.81%, 4.01%, en dosis de 5, 10, 15 y 20 mL, respectivamente. En cuanto al coagulante de Tagua, a la misma dosificación, se presentaron remociones de 27.89%, 10.68%, 4.23% y 0.79%, donde la dosis con mayor remoción fue la de 5 mL para las dos semillas. En el caso de los sólidos disueltos totales, no se logró apreciar una reducción, esto debido a que los coagulantes, al presentar una alta carga de partículas, estas provocan una sobresaturación, impidiendo la sedimentación y aumentan su contenido al permanecer presentes en las muestras.
- Mediante el análisis estadístico se logró determinar que el coagulante de Chontaduro presenta una remoción del 11.68%, mientras que la Tagua logró remover un 27.89% de turbiedad. Por lo tanto, se puede deducir que el coagulante de Tagua es más eficaz para la remoción de turbidez en muestras de agua con 46.5 NTU.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar con la investigación para mejorar el proceso de obtención del coagulante, buscando un método más eficiente para separar el endocarpio y triturar las semillas de manera más rápida, teniendo en cuenta la presencia de sus propiedades.
- Se recomienda realizar las respectivas pruebas con muestras de agua que posean un mismo nivel de turbidez para disminuir la variabilidad de los resultados estadísticos y que presenten una precisión mayor en la determinación de la hipótesis.
- Realizar más de tres replica para mejorar la precisión en los resultados y reducir el error experimental presentado en el análisis estadístico por la variación de los datos estadísticos.
- Continuar con el estudio de los coagulantes elaborados de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*), en tratamiento con agua residuales e industriales.
- Se recomienda continuar con los estudios comparativos entre las diversas semillas nativas de Orellana para determinar su eficacia en la remoción de turbidez y sólidos disueltos totales en el tratamiento de agua potable, con la perspectiva de ampliar este conocimiento al tratamiento de aguas residuales.
- Se sugiere llevar a cabo estudios para identificar posibles coagulantes orgánicos que sean capaces de medir y ajustarse a diversos parámetros fisicoquímicos presentes en los diferentes tratamientos de agua. Con el objetivo de mejorar la eficacia de los procesos de tratamiento de agua.
- Se propone extender la investigación al campo de tratamiento y eliminación de lodos generados por los coagulantes elaborados de la semilla de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) y Tagua (*Phytelephas aequatorialis*).

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABOAGYE, George; et al.** “Protocols for assessing antibacterial and water coagulation potential of Moringa oleifera seed powder”. *ScienceDirect* [en línea], 2021, Vol. 8, págs. 1-12. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 101283. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016121000765>
2. **AKHTAR, Naseem; et al.** “Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2021, (Switzerland), vol. 13(19), págs. 1-35. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 2660. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/19/2660>
3. **AVILÉS, Estefanía & VERLICCHI, Paola.** “A New Alternative for Flocculation with Moringa Oleifera in Ecuador”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2019, vol. 48(1), págs. 1-18. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 24. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ECWS-4-06431>
4. **ASTUDILLO, Cristian & MERA, Carlos.** Dosificación de pasta de Moringa Oleífera como coagulante-floculante natural para el pretratamiento de aguas superficiales. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Guayaquil-Ecuador. 2017. págs. 24-25. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/102845/D-CD102889.pdf>
5. **BERNABÉ, Evelyn.** Características morfológicas de la Moringa oleífera Lam en la fase de prendimiento post trasplante en río verde, Santa Elena. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ciencias agrarias. Ecuador. 2021. págs. 4. [Consulta: 2023-11-12]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6383>
6. **BARBARÁN, Hellen, LÓPEZ, Jhanny & CHICO, Julio.** “Removal of water turbidity with natural coagulants obtained from peach seeds (*Prunus Persica*) and avocado (*Persea Americana*).” *Sagasteguiana* [en línea]. 2017, (Perú), vol. 5(1), págs. 11-13. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2309-5644. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/267889063.pdf>

7. **BARRETO, Sebastián, VARGAS, Diana, RUÍZ, Lida & GÓMEZ, Sandra.** “Evaluación de coagulantes Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”. Revista de Investigación Agraria y Ambiental” [en línea]. 2020, (Perú), vol. 11(1), págs. 105 - 116. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2145-6097. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1301258001/html/>
8. **CALLE, Gustavo.** Identificación de un Coagulante Orgánico para el Tratamiento del Agua en el Acueducto veredal Rancho Largo del Municipio de Samaná. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA. Colombia. 2021. págs. 73. [Consulta: 2024-02-18]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41998/Gacallec.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. **CASTILLO, Fernanda & DÍAZ, Humberto.** Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales y validarlo mediante un software de simulación y optimización para la parroquia crucita, Portoviejo-Manabí. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2022. pág. 34. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22938/1/UPS-CT009990.pdf>
10. **CASTELLANOS, Laura & MARTÍN, María.** Desarrollo de un coagulante orgánico a partir de la semilla de moringa para la empresa comercial DACETEX LTDA. [En línea]. (Trabajo de titulación). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías. Bogotá-Colombia. 2021. pág. 31. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7789/1/6151576-2020-I-IQ.pdf>
11. **CARPIO, Priscila.** Análisis in vitro de la capacidad de remoción de materia orgánica de aguas residuales procedentes de la matanza y faenamiento de ganado, mediante la utilización de quitosano. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2014. págs. 24-25. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6701/1/UPS-CT003357.pdf>
12. **CABRERA, Fanny & SARMIENTO, Juan.** “Exploring Technical Efficiency in Water Supply Evidence from Ecuador: Do Region Location and Management Type Matter?”.

Multidisciplinary Digital Publishing Institute [en línea], 2023, vol. 15(8), págs. 1-22. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 6983. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15086983>

13. **CAMACHO, Beatriz.** Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de caluma nuevo del cantón Caluma-provincia de Bolívar. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ecuador. 2014. pág. 31. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7413/1/Tesis%20775%20-%20Camacho%20Garc%C3%ADa%20Marlene%20Beatr%C3%ADz.pdf>
14. **CARDOSO, Karina; et al.** “Moringa oleifera Lam. and Its Potential Association with Aluminium Sulphate in the Process of Coagulation/Flocculation and Sedimentation of Surface Water.” *Hindawi* [en línea], 2018, págs. 1-6. [Consulta: 07 de octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/4342938>
15. **CASTRILLÓN, Daniela & GIRALDO, María.** Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica de Pereira, Tecnológica, Escuela de Química. Colombia. 2021. págs. 9-10. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/da0ab4cd-b7ce-4cf0-96e2-e6bb99b4e60b>
16. **CHUIZA, Marco; et al.** “Clarificación de un agua residual de una industria láctea mediante coagulación con Tuna (*Opuntia ficus indica*)”. *Redalyc* [en línea], 2019, vol. 40(3), págs. 245-252. [Consulta: 29 de febrero 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5075/507567854003/html/>
17. **CHÁVEZ, Gino; et al.** “Novel Application of Tagua Shell (*Phytelephas Aequatorialis*) as Adsorbent Material for the Removal of Pb (II) Ions: Kinetics, Equilibrium, and Thermodynamics of the Process”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2022, vol. 14(3), págs. 1-16. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 1309. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14031309>

18. **CÓRDOBA, María; et al.** “Agua y salud humana”. *Redalyc* [en línea], 2022, vol. 9(3), págs. 105-119. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86315692002>
19. **CUENCA, Jefferson; et al.** 2021. “Percepción social de la calidad y servicio de agua potable en la ciudad de El Coca, Orellana – Ecuador”. *Greem World Journal* [en línea], 2021, Vol. 4(1), págs. 1-14. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 2737-6109. Disponible en: <https://doi.org/10.53313/gwj41-001>
20. **DELGADO, Claudia.** Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos de floculantes naturales y químicos en 3 tipos de agua residual pre y post tratamiento. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Javeriano, Ciencias Básicas, Escuela de Biología. Colombia. 2016. pág. 25. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/71420361.pdf>
21. **DÍAZ, Kelly & MAMANI, Nesenia.** Diagnóstico situacional del abastecimiento del agua superficial del centro poblado de San Miguel de Viso – Huarochirí. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Peruana Unión, Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Lima. 2020. págs. 5-6. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3217?show=full>
22. **DIVER, Denzil; et al.** “The potential and constraints of replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water and wastewater treatment”. *ScienceDirect* [en línea], 2023, Vol. 13, pág. 2. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 100421. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100421>
23. **FERIA, Jhon; et al.** “Uso de semillas de *Tamarindus indica* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda”. *RevistaEspacios* [en línea], 2020, vol. 41(38), pág. 183. [Consulta: 02 de febrero 2024]. ISSN 0798-1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p17.pdf>
24. **FORTIER, Riley.** Tagua, Cadillo, Corozo, Marfil Vegetal (*Phytelephas Aequatorialis*). *iNaturalist Ecuador* [en línea], 2021. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://ecuador.inaturalist.org/observations/101763260>

25. **FRÍAS, Tatiana & MONTILLA, Lizeth.** Evaluación de los Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos en el Sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Científica del Perú, Ciencias e Ingeniería, Escuela Profesional de Ecología. Perú. 2016. pág. 20. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FRÍAS-MONTILLA-Evaluación-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. **GARCÉS, Yeison & PACHECO, Sebastián.** “Method for Extraction and Evaluation of *Heliocarpus popayanensis* and *Triumfetta bogotensis* as Natural Coagulants for the Treatment of Wastewater”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2023, vol. 6(6), págs. 1-10. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 105. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/mps6060105>
27. **GARCÍA, Beatriz.** Metodología de Extracción In Situ de Coagulantes Naturales Procedentes de Semillas para la Clarificación de Agua Superficial. Aplicación en Países en Vías de Desarrollo. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Seguridad Industrial y Medioambiente, Instituto de seguridad industrial, Radiofónica y Medio ambiente. España. 2007. pág. 20. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/12458>
28. **GRAZIATI, Georgina.** Qué es el ciclo del agua - resumen. *Unprofesor* [en línea], 2023. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-el-ciclo-del-agua-resumen-2575.html>
29. **GRIJALVA, Ana.** “Contaminación del agua y aire por agentes químicos”. *Recimundo* [en línea], 2020, vol. 4 (4), págs. 79-93. [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN 2588-073X. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/883/1425>
30. **HUSSEIN, Janna.** “Effectiveness of Using Natural Materials as a Coagulant for Reduction of Water Turbidity in Water Treatment”. *ScientificResearch* [en línea], 2016, vol. 4 (4), págs. 505-516. [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN 2331-4249. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=71213>

31. **INEN 2169:2013.** *Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.* [en línea]. págs. 1-26. [Consulta: 01 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>
32. **INATURALISTEC.** Tagua, cadillo, corozo, marfil vegetal (Phytelephas Aequatorialis). *iNaturalist Ecuador* [en línea], 2019. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/327363-Phytelephas-aequatorialis>
33. **INATURALISTEC.** Chonta duro (Bactris Gasipaes). *iNaturalist Ecuador* [en línea], 2023. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/85315-Bactris-gasipaes>
34. **JARAMILLO, Kevin.** Mejoramiento Hidráulico de la Planta de Tratamiento de agua potable de la Parroquia Valle de la Virgen del Cantón Pedro Carbo. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. 2023. págs.8-9. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5253>
35. **JIANG, Xingjiao; et al.** “Moringa oleifera leaf improves meat quality by modulating intestinal microbes in white feather broilers”. *ScienceDirect* [en línea], 2023, vol. 20, págs. 1-2. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. ISSN 100938. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100938>
36. **KANIKA, Saxena & BRIGHU, Urmila.** “Comparison of floc properties of coagulation systems: Effect of particle concentration, scale and mode of flocculation”. *ScienceDirect* [en línea], 2020, vol. 8(5), págs. 1-11. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. ISSN 104311. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104311>
37. **KILIÇ, Zeyneb.** “Water Pollution: Causes, Negative Effects and Prevention Methods”. *Recimundo* [en línea], 2021, vol. 3(1), págs. 129-132. [Consulta: 20 agosto 2009]. ISSN 2667-792X. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1514334>

38. **LANDÁZURI, Andrea; et al.** “Experimental evaluation of crushed Moringa oleifera Lam. seeds and powder waste during coagulation-flocculation processes”. *ScienceDirect* [en línea], 2018, vol. 6(4), págs. 5443-5451. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.08.021>
39. **LEA, Michael.** “Bioremediation of Turbid Surface Water Using Seed Extract from the Moringa oleifera Lam. (Drumstick) Tree”. *Current Protocols* [en línea], 2014, vol. 33(1), págs. 1-8. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9780471729259.mc01g02s33>
40. **LIN, Jr Lin & IKA, Aldeno Rachmad.** “Minimization of halogenated DBP precursors by enhanced PACl coagulation: The impact of organic molecule fraction changes on DBP precursors destabilization with Al hydrates”. *ScienceDirect* [en línea], 2020, vol. 703(10), págs. 2-3. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. ISSN 134936. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134936>
41. **LOPERA, Fernanda.** Proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales de una heladería: Eficiencia de diferentes coagulantes de origen inorgánico. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Ciencias y Educación, Escuela de Química. Colombia. 2019. págs. 29-39. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23323/LoperaLópezFernandaCarolina2019.pdf>
42. **LÓPEZ, Carlos; et al.** *El agua en México: Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. México: Friedrich-Ebert-Stiftung. 2017.[Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/04/El-agua-en-Mexico.pdf>
43. **MEGERSA, Dinka.** *Safe Drinking Water: Concepts, Benefits, Principles and Standards*. Rijeka: Matjaž Glavan. 2018.[Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/6157>
44. **MENDÉZ, Edgar & SUCONOTA, Juan.** Aplicación de técnicas de cocina de autor para

el desarrollo de recetas con base en la Chonta (*Bactris Gasipaes*) y el Chontaduro (*Larvas de Rhynchophorus palmarum*). [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Cuenca-Ecuador. 2021. págs. 18-20. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36588/1/Trabajo%20de%20Titulac%C3%A9n.pdf>

45. **MONTOYA, Sergio; et al.** *Manual técnico para la elaboración de coagulantes/floculantes a partir de productos naturales*. Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Bogotá. 2018. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6813>

46. **NARANJO, María.** Determinación de la capacidad coagulante del extracto obtenido de la semilla de *Tamarindus Indica* en el tratamiento de lixiviados (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas (Riobamba-Ecuador). 2019. pág. 24. [Consulta: 01 febrero 2024]. Recuperado a partir de: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11134/1/236T0436.pdf>

47. **NAYERI, Danial & MOUSAVI, Seyyed Alireza.** “A comprehensive review on the coagulant recovery and reuse from drinking water treatment sludge”. *ScienceDirect* [en línea], 2022, vol. 319, págs. 2-3. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. ISSN 115649. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115649>

48. **OÑA, Flor.** Estudio del efecto de la incorporación de partículas provenientes de los residuos de tagua (*Phytelephas Aequatorialis Macrocarpa*) a una matriz de poliestireno. [En línea]. (Trabajo de titulación). Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2017. págs. 1-5. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17024/1/CD-7605.pdf>

49. **OSORIO, Juan.** Obtención y caracterización de un coagulante catiónico a partir del fréjol arbustivo (*Phaseolus Vulgaris L.*) para clarificación de agua (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias (Riobamba-Ecuador). 2022. pág. 5. [Consulta: 01 febrero 2024]. Recuperado a partir de:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17748/1/96T00791.pdf>

50. **OKELLO, Cornelius; et al.** “Impact of Population Growth and Climate Change on the Freshwater Resources of Lamu Island, Kenya”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2015, vol. 7(3), págs. 1264-1290. [Consulta: 07 de octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w7031264>
51. **OLADOJA, Abiola.** “Nurudeen Abiola, 2015. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations”. *ScienceDirect* [en línea], 2015, vol. 6, págs. 174-192. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>
52. **ORDOÑEZ, Juan.** *Ciclo Hidrológico*. Lima - Perú: Sociedad Geográfica de Lima. 2011. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
53. **ORTIZ, Víctor; et al.** “Almidón de yuca (Manihot Esculenta Crantz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas”. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* [en línea], 2018, vol. 7(13), págs. 18-46. [Consulta: 18 de noviembre 2023]. ISSN 2007-9990. Disponible en: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/73>
54. **PACHECO, Prisiani & ZAPANA, Kelly.** Evaluación de los parámetros en el proceso de clarificación de aguas de la subcuenca del río yura en la zona la caleta para la potabilización de aguas de la JASS-VITOR. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Arequipa-Perú. 2018. pág. 27. [Consulta: 2024-02-03]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1ba7cfaa-3595-45b6-8a38-f7759c1e7b1c/content>
55. **PDYOT.** *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana 2023*. Ecuador – Orellana. 2023. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.orellana.gob.ec/docs/PDYOT>

[/PDYOT DOC.pdf](#)

56. **PINEDA, Edgar; et al.** “Biochar from Agricultural By-Products for the Removal of Lead and Cadmium from Drinking Water”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2020, vol. 12(10), págs. 1-20. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 2933. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12102933>

57. **POVEDA, Rebeca.** Obtención de coagulantes/ floculantes orgánicos a partir de extractos naturales y evaluación de su potencial como coadyuvante en el proceso de tratamiento de agua. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería En Sistemas, Electrónica e Industrial, Escuela de Química. Ecuador. 2022. págs. 4-14. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34289>

58. **POZO, Glenda.** Moringa de la India (Moringa oleífera). *iNaturalist Ecuador* [en línea], 2023. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/observations/157446621>

59. **PUMALEMA, Mariana.** Caracterización de la goma obtenida de la Semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.). [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad César Vallejo, Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Ecuador. 2020. págs. 4-14. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31410/1/AL_748.pdf

60. **RAMÍREZ, Kelly.** Dosis de Coagulante Natural *Caesalpinia Spinosa* para Mejorar la Calidad de las Aguas Residuales en el Dren 4000. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Ecuador. 2017. pág. 39. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33240>

61. **RAMÍREZ, Lizet.** Evaluación de semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2019. págs. 32-33. [Consulta: 2024-02-18]. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17855/1/UPS-CT008454.pdf>

62. **RAVINDIRAN, Gokulan; et al.** “A Review of the Status, Effects, Prevention, and Remediation of Groundwater Contamination for Sustainable Environment”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2023, vol. 15(20), págs. 1-22. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 3662. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w15203662>

63. **RAZURI, Kriss.** Disminución del contenido de la DBO5 y la DQO mediante coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad César Vallejo, Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Ecuador. 2017. pág. 12. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3588>

64. **RODRÍGUEZ, José.** Evaluación económica-ambiental, de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, del cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, para identificar y evaluar los aspectos ambientales y económicos, en el año 2015. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Ecuador. 2016. págs. 1-4. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en:
65. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6180>

66. **RODRÍGUEZ, José.** Evaluación económica-ambiental, de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, del cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, para identificar y evaluar los aspectos ambientales y económicos, en el año 2015. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Ecuador. 2016. págs. 1-4. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6180>

67. **SALGADO, María.** Evaluación de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*) en la remoción de turbidez de aguas superficiales. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad del Sucre, Ingenierías, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ecuador. 2018. págs. 14-16. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/642>

68. **SÁNCHEZ, Martín; et al.** “Improvement of the flocculation process in water treatment by using moringa oleifera seeds extract”. *Scielo* [en línea], 2012, vol. 29(3), págs. 495-502. [Consulta: 07 de octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322012000300006>
69. **SARITHA, Vara; et al.** “Exploring natural coagulants as impending alternatives towards sustainable water clarification – A comparative studies of natural coagulants with alum”. *ScienceDirect* [en línea], 2019, vol. 32, págs. 1-3. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 100982. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100982>
70. **SETIA, Anupama.** “Chapter 1 - Applications of Graft Copolymerization: A Revolutionary Approach”. *ScienceDirect* [en línea], 2018, págs. 1-44. [Consulta: 07 de octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810462-0.00001-6>
71. **SHAMSNEJATI, Sorour; et al.** “Mucilaginous seed of *Ocimum basilicum* as a natural coagulant for textile wastewater treatment”. *ScienceDirect* [en línea], 2015, vol. 69, págs. 40-47. [Consulta: 07 de octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.045>
72. **SIERRA, Julio; et al.** “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante”. *UIS Ingenierías* [en línea], 2019, vol. 18(4), págs. 131-138. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7152680>
73. **TERÁN, Christian; et al.** *Gestión de Agua Potable y Saneamiento 2022*. Ecuador: INEC. 2023. [Consulta: 18 enero 2024]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Agua_potable_alcantarillado/Documento_tecnico_APA_2022VFJA.pdf
74. **TAKAARA, Tomoko & KURUMADA, Kenichi.** “Optimum Conditions for Enhancing Chitosan-Assisted Coagulation in Drinking Water Treatment”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2023, vol. 15(19), págs. 1-12. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 14197. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su151914197>

75. **TIJJANI, Ibrahim; et al.** “Evaluation of *Annona diversifolia* Seed Extract as A Natural Coagulant for Water Treatment”. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea], 2023, vol. 15(7), págs. 1-13. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 6324. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su15076324>
76. **TRUJILLO, Juliana.** Frudelpa, una empresa que vende chontaduro y creció 70% después de la pandemia | Agronegocios.co. *Agronegocios* [en línea]. 2022. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/frudelpa-una-empresa-que-vende-chontaduro-y-crecio-70-despues-de-la-pandemia-3509783>
77. **TOAPANTA, Dolores.** Evaluación de la eficiencia de la moringa oleífera como floculante para el tratamiento de aguas residuales. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Ecuador. 2020. págs. 42-43. [Consulta: 2024-02-27]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14885>
78. **TULSMA.** *Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios* [en línea]. pág. 13. [Consulta: 01 febrero 2023]. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
79. **VAMMEN, Katherine; et al.** *Calidad de Agua en las Americas. Riesgos y Oportunidades.* México: IANAS. 2019.[Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/09/03-Water-quality-ESPAÑOL.pdf>
80. **VARGAS, Jorge.** Evaluación de la eficiencia de la tuna (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas (Riobamba-Ecuador). 2018. págs. 48. [Consulta: 01 febrero 2024]. Recuperado a partir de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8660/1/96T00462.pdf>
81. **VEGA, Priscila; et al.** “Use of *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation”. *ScienceDirect* [en línea], 2021, vol. 40, págs. 12-13. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN

101859. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.045>

82. **XIE, Xianjun; et al.** “Annual Review of Environment and Resources Groundwater Quality and Public Health”. *Annual reviews* [en línea], 2023, págs. 395-418. [Consulta: 07 de octubre 2023]. ISSN 101859. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-112321-114701>
83. **YORDÁN, Eugenia.** Tamarindo: qué es, propiedades y beneficios. *Ecologiaverde* [en línea]. 2023. [Consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/tamarindo-que-es-propiedades-y-beneficios-4251.html>
84. **ZAMBRANO, Yolanda.** Análisis de la compraventa de la tagua y sus destinos comerciales en el centro de Santa Ana periodo 2007-2011. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. 2010. págs. 15-16. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/428>

Cristian Tenelanda. S.



ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL POLVO DE LA SEMILLA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) Y SOLUCIÓN COAGULANTE

OBTENCIÓN DEL POLVO DE LA SEMILLA DE CHONTADURO



Obtención de Chontaduro (*Bactris gasipaes*)



Corte de la fruta de Chontaduro



Retirado de la semilla



Presecado de la semilla



Retirado de endocarpio de la semilla



Triturado y molienda de la semilla



Secado de la semilla durante tres días



Obtención de coagulante natural en polvo

OBTENCIÓN DE SOLUCIÓN COAGULANTE



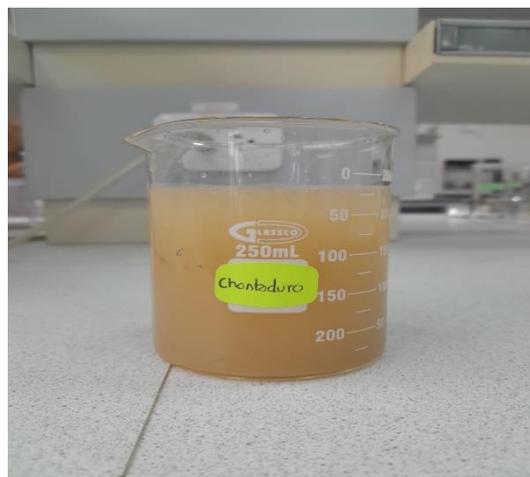
Pesado de coagulante en polvo



Agregado de agua destilada



Reposo de solución coagulante



Obtención de solución coagulante

ANEXO B: OBTENCIÓN DEL POLVO DE LA SEMILLA DE TAGUA (*Phytelephas aequatorialis*) Y SOLUCIÓN COAGULANTE

OBTENCIÓN DE COAGULANTE EN POLVO



Tagua (*Phytelephas aequatorialis*)



Recolección de Tagua



Retirado de la semilla



Retirado de endocarpio de la semilla



Triturado de la semilla



Molienda de la semilla



Secado de la semilla durante tres días



Obtención de coagulante natural en polvo

OBTENCIÓN DE SOLUCIÓN COAGULANTE



Pesado de coagulante en polvo



Agregado de agua destilada



Reposo de solución coagulante



Obtención de solución coagulante de Tagua

ANEXO C: DOSIFICACIÓN DE SOLUCIÓN COAGULANTE EN LA PRUEBA DE JARRAS



Recolección de muestra de agua



Muestra de agua del río Payamino



Agredado de la muestra de agua



Dosificación de solución coagulante

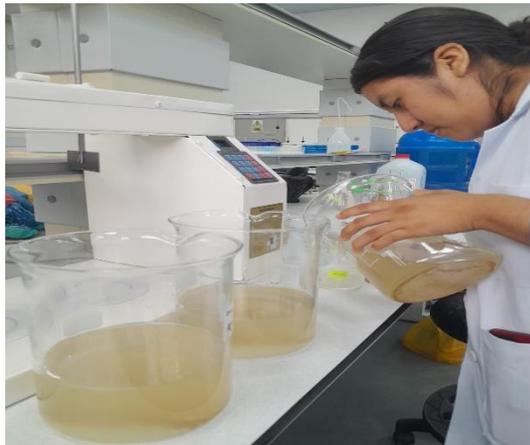


Agitación rápida y lenta



Sedimentación

ANEXO D: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS



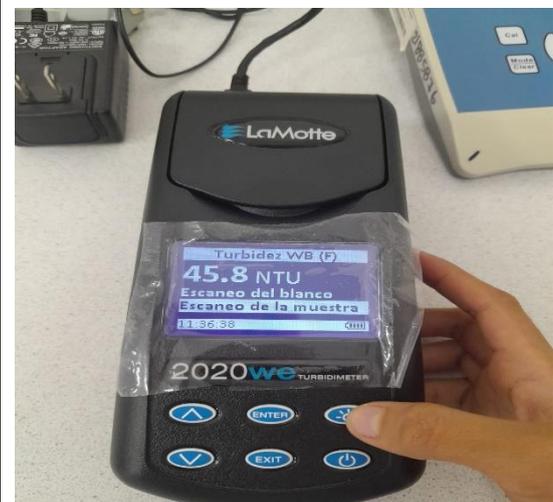
Toma de muestras



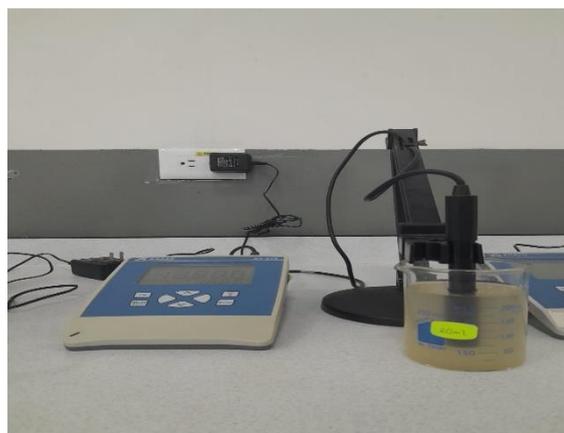
Muestras para analizar



Calibración del turbidímetro



Lectura del parámetro de turbiedad



Lectura del parámetro de sólidos disueltos totales

ANEXO E: RESULTADOS DE LA CARÁCTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS COAGULANTES NATURALES

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD DE ALIMENTOS Cantón Sacha, Vía san Carlos km 3 Tlf: 063700000 ext 204		
	REPORTE DE RESULTADOS N° 24-01		
	Datos Generales		
	NOMBRE PETICIONARIO Ivette Carmen Mendoza Rosillo DIRECCIÓN El Coca Parroquia Garcia Moreno FECHA DE EMISIÓN 09/02/2024 TIPO DE MUESTRA	INSTITUCIÓN Particular TELÉFONO 0959788630 FECHA DE RECEPCIÓN 23/1/2024 ANÁLISIS SOLICITADO Proteína, humedad, grasa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	GRASA (E.E)*	PROTEÍNA*	IDENTIFICACIÓN	
MÉTODO	LCA-PO-03	LCA-PO-05	LCA-PO-012		
UNIDAD	%	%	%		
	1,716	29,559	10,050	24-001	Bactris gasipaes
	0,349	1,019	5,232	24-002	Phytelephas

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca

Observación: Muestra entregada por el cliente

Responsable del Informe



Remite electrónicamente a:
 REMIGIO ARMANDO
 BURBANO CACHIGUANGO

Ing. Armando Burbano MSc
 Responsable de laboratorio



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos de ensayo
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este reporte de ensayo es de carácter confidencial, dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si Ud. ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 18/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTORAS
Nombres – Apellidos: Ivette Carmen Mendoza Rosillo Cristina Nayeli Rodríguez Rea
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
 Ing. Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez MSc. Director del Trabajo de Titulación  Ing. Pedro Andrés Peñafiel Arcos MSc. Asesor del Trabajo de Titulación