



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES DE LA CÁSCARA DE *CITRUS SINENSIS*
PARA LA ELABORACIÓN DE UN COAGULANTE NATURAL EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Ambientales

AUTORES: GÉNESIS ALEXANDRA TUMBACO CONTRERAS
JOEL ELÍAS VEGA GARCÍA
TUTORA: ING. GABRIELA MICHELLE ANDRADE DICAQ, Ms.C

Guayaquil – Ecuador

2023

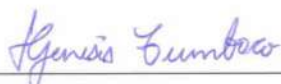
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Génesis Alexandra Tumbaco Contreras, con documento de identificación N° 0959020678 y Joel Elías Vega García, con documento de identificación N° 0957007354; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Génesis Alexandra Tumbaco Contreras
C.I.#0959020678



Joel Elías Vega García
C.I.#0957007354

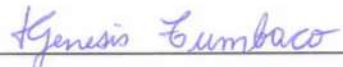
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Génesis Alexandra Tumbaco Contreras con documento de identificación N° 0959020678 y Joel Elías Vega García con documento de identificación N° 0957007354, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo Experimental: "Extracción de polifenoles de la cáscara de *Citrus Sinensis* para la elaboración de un coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Ambientales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Génesis Alexandra Tumbaco Contreras
0959020678



Joel Elías Vega García
0957007354

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gabriela Michelle Andrade Dicao con documento de identificación N° 0919957316, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EXTRACCIÓN DE POLIFENÓLES DE LA CÁSCARA DE CITRUS SINENSIS PARA LA ELABORACIÓN DE UN COAGULANTE NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, realizado por Génesis Alexandra Tumbaco Contreras con documento de identificación N° 0959020678 y Joel Elías Vega García con documento de identificación N° 0957007354,, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Gabriela Michelle Andrade Dicao Ms.C

0919957316

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios porque me ha dado sabiduría y por guiarme en todo momento, a mis padres Lenin Tumbaco y Nancy Contreras y a mi hermana Allison Tumbaco por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, por enseñarme a luchar y no rendirme, a ser íntegra y firme en mis creencias y convicciones y sobre todo por enseñarme que sin Dios nada puede ser posible.

A mi tía Gardenia Tumbaco por creer en mí y apoyarme incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria.

A mi querida abuela Janneth Mendoza por todo su amor y sus consejos.

Y finalmente a Joel Vega la persona que Dios puso en mi camino, decidimos emprender juntos este camino y finalmente hemos llegado a la meta.

Génesis Tumbaco Contreras

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado en este proceso tan maravilloso y por permitir que pueda formarme profesionalmente, a mi familia que ha estado conmigo en todo momento, a la Ing. Nancy Contreras Mendoza por apoyarme incondicionalmente y también a Génesis Tumbaco mi novia que ha sido mi compañera durante toda la carrera universitaria y hemos podido llegar juntos a la meta y por último pero no menos importante a mismo por no rendirme y seguir adelante y confiar en mis capacidades teniendo fe en Dios y en mí.

Joel Vega García

AGRADECIMIENTO

A Dios por la bendición de haber puesto en nuestro camino a personas que nos han enseñado valores, a creer y confiar en nosotros mismos.

A nuestros padres quienes son los pilares fundamentales en nuestras vidas, les agradecemos por todo su esfuerzo, por sus consejos y por apoyarnos en todo momento.

A nuestra tutora la Ing. Gabriela Andrade Dicao por su paciencia y por compartir con nosotros sus conocimientos, a la Ing. Carmen Palacios Limones, directora de la Carrera de Ingeniería Ambiental, y a todos los docentes que han contribuido con sus enseñanzas en nuestra formación como Ingenieros Ambientales.

Génesis y Joel

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	15
1.1 Problema	15
1.2 Delimitación.....	15
1.3 Pregunta de investigación	16
1.4 Objetivos	16
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	16
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	17
1.5 Hipótesis	17
2. Fundamentación teórica.....	17
2.1 Aguas residuales	17
2.2 Tratamiento.....	18
2.3 Pretratamiento.....	18
2.4 Tratamientos primarios	18
2.5 Tratamientos secundarios	19
2.6 Tratamientos terciarios	19
2.7 Coagulación-floculación	19
2.7.1 <i>Ventajas</i>	20
2.7.2 <i>Desventajas</i>	20
2.7.3 <i>Coagulantes</i>	20
2.7.4 <i>Tipos de coagulantes</i>	20
2.8 Polifenoles	21
2.9 DBO ₅ y DQO	22
2.10 Turbidez	23
2.11 Color	23
2.12 Método de extracción Soxhlet	24
2.13 pH	25
2.14 Prueba de jarras	25
2.15 Definiciones.....	25
2.16 Cuidado del ambiente.....	27
2.17 Morfología de los cítricos	27
2.18 La naranja.....	27

2.19 Trabajos de Investigación	28
2.20 Marco Legal.....	33
2.20.1 Código Orgánico del Ambiente	33
2.20.2 Constitución de la República del Ecuador	34
2.20.3 Reglamento Ley Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del Agua.	35
2.20.4 Acuerdo Ministerial 061.....	35
2.20.5 Acuerdo Ministerial 097 – A.....	36
2.20.5 Norma Técnica Ecuatoriana (INEN).....	38
3. Materiales y Métodos	39
3.1 Materiales y equipos.....	39
3.2 Metodología.....	41
3.2.1 Variables evaluadas en la investigación.....	41
3.2.2 Tratamiento de las muestras de las cáscaras de Citrus Sinensis en el laboratorio.....	41
3.2.3 Extracción de polifenoles	44
3.2.4 Extracción de aceite.....	49
3.3 Muestreo de aguas residuales domésticas.....	50
4. Resultados.....	52
4.1 Coagulante natural o biocoagulante.....	52
4.2 Test de jarras	53
4.3 Dosis de coagulantes	54
4.4 Análisis de las variables.....	57
4.4.1 Parámetros químicos pH, DQO, DBO.....	57
4.4.2 Parámetros microbiológicos Coliformes totales	62
4.4.3 Parámetros físicos. Color, turbidez, Sólidos Suspendidos Totales.....	63
4.4.3.2 Turbidez.....	63
4.5 Efectividad del Coagulante natural.....	65
4.6 Discusión.....	66
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....	67
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Recomendaciones.....	67
6 Bibliografía.....	69
7 Anexos.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Universidad Politécnica Salesiana. Campus María Auxiliadora	16
Figura 2 Limites de descarga al sistema de alcantarillado público.	37
Figura 3 Peso en gramos de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	42
Figura 4 Secado de las cáscaras de (<i>Citrus sinensis</i>) en la estufa.....	42
Figura 5 Macerado de las cáscaras secas	43
Figura 6 Equipo Soxhlet.....	44
Figura 7 Etanol vertido en el balón.....	45
Figura 8 Manta calefactora	45
Figura 9 Sifón que contiene muestras de cáscara de (<i>Citrus sinensis</i>)	46
Figura 10 Bomba sumergible	46
Figura 11 Refrigerante de serpentín.....	47
Figura 12 Manta calefactora a 100 C	47
Figura 13 Muestra con 2 horas en la manta calefactora.....	48
Figura 14 Muestra en reposo durante 30 minutos	49
Figura 15 Eliminación del solvente de la muestra en el rotavapor.....	50
Figura 16 Muestreo de agua residual doméstica.....	51
Figura 17 Almacenamiento del coagulante natural extraído a través del método soxhlet....	52
Figura 18 Eliminación del solvente en el rotavapor	53
Figura 19 Test de jarras	54
Figura 20 Ensayo con 4ml de biocoagulante sin diluir en agua destilada	56
Figura 21 Valores del pH de las muestras en el test de jarras.....	57
Figura 22 Agua residual domestica tratada con 3ml de biocoagulante	59
Figura 23 Resultado del análisis del pH en el test de jarras	60
Figura 24 Resultado del análisis químico de DBO ₅ y DQO	61
Figura 25 Resultado del análisis del color y turbidez.....	63

Figura 26 Resultados del análisis de Sólidos Suspendedos Totales (SST).....	65
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales utilizados en el laboratorio.....	39
Tabla 2 Reactivos utilizados en el test de jarras.....	39
Tabla 3 Equipos utilizados para la extracción de polifenoles.....	40
Tabla 4 Materiales utilizados para el muestreo de agua residual	40
Tabla 5 Variable Independiente	41
Tabla 6 Variable Dependiente.....	41
Tabla 7 Dosis de coagulantes en el test de jarras	55
Tabla 8 Medición del pH del test de jarras	58
Tabla 9 Resultados del análisis químico DBO ₅ y DQO. Agua residual doméstica sin tratar	61
Tabla 10 Resultados del análisis químico DBO ₅ y DQO. Agua residual tratada con Biocoagulante	62
Tabla 11 Resultados del análisis microbiológico del agua residual doméstica sin tratar. Coliformes totales	62
Tabla 12 Resultado del análisis microbiológico del agua residual doméstica tratada con Biocoagulante. Coliformes totales	62
Tabla 13 Resultados del análisis físico del agua residual doméstica sin tratar	64
Tabla 14 Resultados del análisis físico del agua residual doméstica tratada con biocoagulante.....	64
Tabla 15 Efectividad del biocoagulante	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Equipo Soxhlet.....	76
Anexo 2 Esquema del equipo de extracción Soxhlet.....	77
Anexo 3 Cáscaras de naranjas utilizadas para la extracción de polifenoles.....	77
Anexo 4 Cáscaras de naranja después del secado en la estufa	78
Anexo 5 Glicerina y alcohol utilizados en el proceso de extracción	78
Anexo 6 Dosis de etanol y el dedal con el contenido de cáscara de naranja en el sifón.....	79
Anexo 7 Montaje del equipo Soxhlet.....	79
Anexo 8 Punto de ebullición del alcohol.....	80
Anexo 9 <i>Proceso de extracción concluido</i>	80
Anexo 10 Muestras de agua residual doméstica.....	81
Anexo 11 Muestras para el análisis de DBO ₅ y DQO	81
Anexo 12 Muestra para el análisis de Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Totales..	82
Anexo 13 Dosis de Sulfato de Aluminio test de jarras	82
Anexo 14 <i>Medición del pH</i>	83
Anexo 15 Dosis de biocoagulante test de jarras.....	83
Anexo 16 Muestra con 1ml de biocoagulante.....	84
Anexo 17 Muestra con 2ml de biocoagulante.....	84
Anexo 18 Muestra con 3 ml de biocoagulante.....	85
Anexo 19 <i>Muestra con 1ml de Sulfato de Aluminio</i>	85
Anexo 20 Muestra con 2ml de Sulfato de Aluminio	86
Anexo 21 Muestra con 2ml de biocoagulante y 2ml de Sulfato de Aluminio	86
Anexo 22 Muestra con 1ml de biocoagulante y 1ml de Sulfato de Aluminio	87
Anexo 23 Muestra con 450ml de agua sin tratar y 150ml de agua tratada	87
Anexo 24 Indicaciones para el análisis del color de las muestras	88

RESUMEN

El presente trabajo tuvo la finalidad de comprobar la efectividad de un coagulante natural a base de cáscaras de naranjas (*Citrus Sinensis*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, para lo cual se le realizó la extracción de los compuestos fenólicos presentes en las cáscaras a través del método del Soxhlet.

Una vez realizada la extracción obtuvimos una concentración aceitosa convirtiéndose de esta manera en un coagulante natural, la efectividad de este coagulante fue comparado con el coagulante de Sulfato de Aluminio mediante ensayos en el test de jarras, los parámetros a medir en las muestras de agua residual doméstica fueron el Ph, color, turbidez, Coliformes totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Sólidos Suspendidos Totales.

Los ensayos se realizaron en 6 jarras a las que se les agregó 600 ml de agua residual doméstica, previo a realizar el test se tomó el Ph del agua residual sin tratar, posteriormente añadimos diferentes dosis tanto del coagulante natural como del sulfato de aluminio a cada una de las jarras y se procedió a realizar el test durante 20 minutos a una velocidad de 15 revoluciones por minutos (rpm), transcurrido este tiempo dejamos las muestras en reposo durante 30 minutos dando lugar a la sedimentación y se procedió a verificar los resultados.

La jarra 2 que contenía 3 ml de coagulante natural en 100 ml de agua destilada fue la que presentó mejores resultados obteniendo un Ph de 6,83 relativamente bajo en comparación al Ph 7,47 de la muestra sin tratar y el Ph 7.31 de la jarra 6 que contenía 2ml de sulfato de aluminio líquido al 2%, al igual que el resto de los parámetros que presentaron valores dentro del límite permisible según el Acuerdo ministerial No. 097-A. Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, con lo cual queda demostrada la efectividad del coagulante natural.

Palabras claves: Coagulante natural, Sulfato de Aluminio, aguas residuales, test de jarras.

Abstract

The present work had the purpose of verifying the effectiveness of a natural coagulant based on orange peels (*Citrus Sinensis*) in the treatment of domestic wastewater, for which the phenolic compounds present in the peels were extracted through of the Soxhlet method.

Once the extraction was carried out, we obtained an oily concentration, thus becoming a natural coagulant. The effectiveness of this coagulant was compared with the Aluminum Sulfate coagulant through tests in the jar test, the parameters to be measured in the residual water samples. household were pH, color, turbidity, total coliforms, Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD5) and Total Suspended Solids.

The tests were carried out in 6 jugs to which 600 ml of domestic wastewater was added. Before carrying out the test, the pH of the untreated wastewater was taken, later we added different doses of both the natural coagulant and the aluminum sulphate to each one of the jars and proceeded to perform the test for 20 minutes at a speed of 15 revolutions per minute (rpm), after this time we left the samples at rest for 30 minutes giving rise to sedimentation and proceeded to verify the results.

Jar 2 containing 3 ml of natural coagulant in 100 ml of distilled water was the one that presented the best results, obtaining a relatively low Ph of 6.83 compared to Ph 7.47 of the untreated sample and Ph 7.31 of the jar. 6 that contained 2ml of 2% liquid aluminum sulfate, like the rest of the parameters that presented values within the permissible limit according to Ministerial Agreement No. 097-A. Table 8. Discharge limits to the public sewage system, which demonstrates the effectiveness of the natural coagulant.

Keywords: Natural coagulant, Aluminum Sulfate, wastewater, jar test.

1. Introducción

1.1 Problema

Uno de los problemas ambientales más apremiantes es el olor desagradable y la proliferación de microorganismos de las aguas residuales compuestas por las actividades humanas, mineras, industriales y agrícolas. Por lo tanto, la remoción y tratamiento de estas aguas es un problema importante a nivel mundial.

De acuerdo con lo expresado por (Muñoz, Contreras, & Molero, 2018):

Si dichas aguas residuales domésticas se vierten directamente en arroyos no contaminados, la presencia de contaminantes en las aguas residuales provocará graves problemas ambientales. Por tanto, debe ser tratado para reducir su carga contaminante a lo que se considere más adecuado. (párr. 3).

Para el tratamiento de las aguas residuales se realiza un proceso de coagulación, floculación y sedimentación, para lo cual se emplean agentes químicos, los mismos que hacen posible que dicho tratamiento resulte eficiente. En ocasiones se utilizan sulfato de aluminio y policloruros para la coagulación, que logran una eliminación microbiológica de hasta el 99 %. Sin embargo, el contenido de aluminio produce lodos de difícil eliminación y altera significativamente el pH del agua y es costoso de obtener. Algunos estudios han demostrado que el aluminio en el agua puede ser una de las principales causas de la enfermedad de Alzheimer.

Teniendo en cuenta estas deficiencias, decidimos utilizar coagulantes naturales obtenidos de diversas plantas, frutos, semillas, cáscaras, raíces, etc. Son amigables con el medio ambiente, aseguran la salud humana, son económicos, renovables, fáciles de usar y fáciles de implementar, lo que los convierte en una alternativa viable.

1.2 Delimitación

El procesamiento de las muestras de las cáscaras de *Citrus sinensis* para la obtención de los polifenoles y su posterior uso como coagulante natural para el tratamiento de las

aguas residuales domésticas se lo realizó en el laboratorio de Ciencias Biológicas y Química de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus María Auxiliadora ubicada en el kilómetro 19 vía a la Costa.

Figura 1

Universidad Politécnica Salesiana. Campus María Auxiliadora



1.3 Pregunta de investigación

¿Para qué se realiza la extracción de polifenoles presentes en las cáscaras de *Citrus sinensis*?

¿Cuál es el proceso en la extracción de los polifenoles en *Citrus sinensis*?

¿Cómo se determina el tratamiento de las cáscaras?

¿Cómo evaluar la efectividad del coagulante obtenido?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Efectuar la extracción de los polifenoles existentes en las cáscaras de *Citrus sinensis* mediante análisis físicos químicos para la elaboración de un coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los métodos de extracción de polifenoles de la cáscara de *Citrus sinensis* mediante la comparación con varios métodos de investigación.
- Determinar el tratamiento de las cáscaras de *Citrus sinensis* por medio del secado de la muestra y la aplicación de la técnica de extracción del método de Soxhlet para la separación e identificación de los polifenoles.
- Realizar diversas pruebas con el coagulante obtenido a base de polifenoles para la evaluación de su efectividad en el tratamiento de las aguas residuales.

1.5 Hipótesis

En la potabilización del agua, la coagulación y floculación se realiza mediante productos comerciales tales como el sulfato de aluminio o cloruro férrico los cuales son costosos y podrían causar daños en la salud, existe la posibilidad de que estos productos sean reemplazadas por residuos naturales, cuyo procesamiento y eliminación también tiene un gran impacto ambiental.

2. Fundamentación teórica

2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales se originan en los hogares, instituciones, oficinas e industrias, y pueden ser diluidas con aguas de lluvia, aguas subterráneas y aguas superficiales. No tratar las aguas residuales antes de su descarga en los cuerpos receptores tiene como consecuencia efectos dañinos sobre la salud humana y el ambiente, como la generación de olores, el agotamiento del oxígeno disuelto y la liberación de nutrientes, contaminantes tóxicos y patógenos. (López , Buitrón, García , & Cervantes, 2017, pág. 9)

De acuerdo con el (Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, 2021) los fundamentos básicos para el tratamiento de aguas residuales urbanas son:

2.2 Tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. (p. 26)

2.3 Pretratamiento

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento, que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento. El correcto diseño y posterior mantenimiento de la etapa de pretratamiento son aspectos de gran importancia, pues cualquier deficiencia en los mismos repercutirá negativamente en el resto de las instalaciones originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc. Dentro del pretratamiento se incluyen las operaciones de separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado y desarenado—desengrase. (28)

2.4 Tratamientos primarios

tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%». El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia

orgánica. Los tratamientos primarios más habituales son la decantación primaria y los tratamientos fisicoquímicos. (34)

2.5 Tratamientos secundarios

Este tratamiento incluye un tratamiento biológico con bacterias que actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales. Una parte de la materia orgánica se oxida por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular. De forma simultánea, otra fracción de materia orgánica se convierte en nuevo tejido celular nuevo (síntesis celular), empleándose para ello la energía liberada en la fase de oxidación. (35)

2.6 Tratamientos terciarios

Permiten obtener efluentes de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados.

La eliminación de materia particulada y coloidal presente en los efluentes depurados puede lograrse mediante la aplicación de tratamientos como la coagulación, floculación, decantación y filtración.

Para eliminar el nitrógeno y el fósforo, se emplean procesos biológicos. Sin embargo, para el fósforo se continúan empleando sales de hierro y aluminio en el proceso químico de la precipitación. (37)

2.7 Coagulación-floculación

Para (Weber, 2021):

La coagulación consiste en la desestabilización producida por compresión de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, la floculación es la desestabilización por la adsorción de polímeros orgánicos y formación posterior de puentes partícula-polímero-partícula. Esta distinción es importante, ya que la agregación coloidal que implica una desestabilización por compresión de la doble capa ocurre a una concentración

constante de coagulante, independientemente de la concentración de materia coloidal. (p. 66)

De acuerdo con lo expuesto por (Spuhler & Mazille, 2020) la coagulación y floculación tienen:

2.7.1 Ventajas

- ✓ Es rentable
- ✓ Divide las diferentes partículas presentes en el agua
- ✓ Aumenta la filtración

2.7.2 Desventajas

- ✓ Se utilizan productos químicos
- ✓ Debe estar a cargo de personal especializado
- ✓ Periodos constantes de mantenimiento
- ✓ Formación de lodos
- ✓ Tiene un tiempo de desarrollo largo

2.7.3 Coagulantes

Es muy amplio el tema sobre los coagulantes y su funcionamiento, al respecto (Cárdenas, 2022) nos indica que "el coagulante neutraliza las cargas eléctricas de las capas fijas y difusa del coloide, reduciendo así el potencial Z y propiciando el acercamiento entre partículas para formar flóculos o grumos que, al aumentar su tamaño, sedimentan por decantación" (p. 313).

2.7.4 Tipos de coagulantes

Hay dos tipos de coagulantes que se utilizan: orgánicos e inorgánicos.

Los coagulantes inorgánicos suelen ser un tipo de sal de aluminio o hierro. El sulfato de aluminio y el cloruro férrico son populares y muy utilizados.

2.7.5 Coagulantes naturales

Los llamados biocoagulantes o coagulantes naturales son seguros, respetuosos con el ambiente y no tóxicos (en condiciones de uso apropiadas). Sus ingredientes son proteínas biológicamente activas, polisacáridos, mocos, taninos y alcaloides. En la industria del tratamiento de aguas residuales o del tratamiento de aguas, los coagulantes naturales pueden destruir las impurezas coloidales (sólidos en suspensión) y eliminar los productos disueltos en forma de DQO. Las plantas mejoran el proceso de adsorción de metales pesados como plomo, cromo, cadmio y zinc. (Banchón , Baquerizo , Muñoz , & Zambrano, 2016)

Para que sea eficaz, el coagulante debe aplicarse y agregarse al agua correctamente. Los coagulantes orgánicos, también conocidos como polímeros, se utilizan de manera predominante en los procesos de tratamiento de agua. (Huerta Callejas, 2022)

2.8 Polifenoles

Bajo esta denominación se incluyen diversos grupos químicos que coinciden en la presencia de uno o varios núcleos fenólicos. Los polifenoles comprenden, así pues, una diversidad de grupos de estructuras químicas muy distintas. Los compuestos fenólicos se consideran antioxidantes primarios; son principalmente captadores de radicales libres que retrasan o inhiben el paso de iniciación o interrumpen el paso de la oxidación lipídica, disminuyendo así la formación de productos de descomposición volátil (por ejemplo, aldehídos y cetonas) que causan el enranciamiento. El potencial antioxidante de los compuestos fenólicos depende del número y disposición de los grupos hidroxilo en la molécula. (Allué & Berdonces, 2020, págs. 19-20)

2.8.1 Tipos de polifenoles

De acuerdo con lo expuesto por el Dr. (Muñoz, 2022) existen varios tipos de polifenoles, siendo los flavonoides los de mayor importancia y a la vez estos se clasifican en:

Antocianinas: se encuentran en las moras, arándanos, uvas y el vino tinto.

Catequinas: presentes en el té, principalmente té verde y blanco, chocolate, uvas, manzanas y las bayas.

Flavononas: presentes en los cítricos: naranja, mandarina, limón y la toronja o pomelo.

Flavonoles: se encuentran en las cebollas, manzana, tés, bayas.

Isoflavonas: se encuentran en el frijol de soya y derivados de la soya.

Resveratrol y lignanos. Otro tipo de polifenol es el resveratrol que se encuentra en las uvas y el vino tinto y los lignanos que se encuentra en la linaza.

2.9 DBO₅ y DQO

De acuerdo con lo establecido por (De Miguel Fernández , 2020)

La demanda química de oxígeno (DQO): es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. En el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. Esta medida es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen, orgánico y mineral. (p. 51)

La demanda biológica de oxígeno (DBO₅): representa la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante

procesos aerobios. La determinación que se ejecuta habitualmente es la DBO₅, es decir, se deposita la muestra de agua en la oscuridad y a una temperatura de 20°C durante 5 días. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 mg/l (ppm), si en este tiempo su concentración aumenta esto significa contaminación. La relación entre DBO₅ Y DQO es significativa de la biodegradabilidad de la materia orgánica. En aguas residuales un valor de la relación DBO₅/DQO menor de 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico (difícilmente biodegradable) y orgánico si es mayor a 0,6 (fácilmente biodegradable). (p. 51)

2.10 Turbidez

La turbidez del agua se debe a la presencia de materia particulada, en suspensión o coloidal, como pueden ser arcillas, limos, plancton y otros organismos microscópicos. Esta es una medida de la capacidad del agua para dispersar la luz. La turbidez adquiere especial importancia en el caso de aguas destinadas al consumo humano, en las que, además de conferir un aspecto poco saludable al agua, es indicador de posible contaminación por materia orgánica y microorganismos. (García , 2019, pág. 17)

2.11 Color

El color del agua, junto a la turbidez, el olor y el sabor, representan el grupo de parámetros organolépticos que son indicativos de la calidad del agua de consumo humano. El valor paramétrico es de 15 UPC y el valor recomendado para calificar un agua como no apta para el consumo humano es de 30 UPC. El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica natural (MON) como son las sustancias húmicas (SH) procedentes de los ácidos húmicos y fúlvicos, así como por la presencia de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre, que se encuentran disueltos o en suspensión.

En la formación del color del agua intervienen el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. (Hanna Instruments, 2018)

2.12 Método de extracción Soxhlet

El método utilizado para realizar la extracción de los polifenoles fue el Soxhlet, de acuerdo con (Zumbado, 2020):

En este procedimiento se emplea un equipo diseñado de modo que una porción fresca del solvente esté en contacto con la muestra por un tiempo relativamente largo. Uno de los aparatos más usualmente empleados para realizar esta determinación es el llamado equipo Soxhlet, el cual consta de un tubo extractor provisto de un sifón y una tubuladura lateral. Dicho extractor está conectado por su extremo inferior, a través de uniones esmeriladas a un balón en el cual se coloca el solvente (generalmente éter de petróleo o éter etílico; mientras que en el extremo superior se ajusta un condensador vertical que actúa como refrigerante. En el tubo extractor se coloca un dedal poroso que contiene la muestra y permite la entrada del éter al tiempo que un tapón de algodón impide la salida del sólido. El equipo se coloca en una fuente de calor a la temperatura de ebullición del solvente, el cual se evapora, asciende por la tubuladura lateral del extractor, se condensa en el refrigerante y cae sobre la muestra acumulándose en el tubo extractor y solubilizando las grasas presentes. Cuando el nivel del solvente en el tubo extractor sobrepasa el nivel del sifón, el extractor se descarga y pasa al balón el éter conteniendo la grasa extraída, para a partir de ese instante, dar comienzo nuevamente el ciclo de evaporación del solvente, condensación, caída sobre la muestra, acumulación en el aparato de extracción y descarga. Una vez que el equipo ha estado funcionando el tiempo especificado para cada tipo de alimento (nunca menor de 2 horas), el solvente se elimina del balón por evaporación. (p. 181, 182)

2.13 pH

Es la variable más influyente en el proceso de coagulación, dado que si este se desarrolla fuera del rango de pH se disminuye la solubilidad del coagulante en el agua y se van a requerir concentraciones más altas del mismo, además tomará mayor tiempo para la formación del floculo. (Fúquene & Yate, Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales, 2018)

2.14 Prueba de jarras

La prueba o test de jarras sirve para determinar si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante tratamiento de floculación-coagulación. El ensayo consiste en colocar agua residual en vasos de precipitado y añadir, progresivamente, diferentes cantidades de coagulante. se somete el juego de vasos (jarras) a una agitación rápida para homogenizar el medio y, posteriormente, a una lenta para favorecer la formación del flóculo. Pasado cierto tiempo, se dejan los vasos en reposo y se analiza tanto el sobrenadante como los lodos producidos. Mediante estos ensayos es posible determinar el coagulante o floculante óptimo, mezclado necesario, pH óptimo, dosis óptima y rendimiento máximo alcanzable. (Jiménez , 2021, pág. 208)

2. 15 Definiciones

De acuerdo con el (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) presentamos las siguientes definiciones:

Afluente. - Es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento (p. 8).

Agua dulce. - Es aquella que no contiene importantes cantidades de sales. En general se consideran valores inferiores a 0.5 UPS (unidad práctica de salinidad que representa la cantidad de gramos de sales disueltas por kg de agua) (p. 8).

Agua residual. - Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal

Agua residual doméstica: mezcla de: desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.

motivo haya sufrido degradación en su calidad original (p. 8).

Contaminación del agua. – Cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general (P. 9)

Criterio de la calidad del agua. - Concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico. (P. 9)

Descarga de aguas residuales. - Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor (P.9).

Eficiencia de tratamiento. - Relación entre la masa o concentración removida, de un parámetro específico y la correspondiente masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento. Generalmente se expresa en porcentaje (p. 9)

Muestreo. - Es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas (p. 10).

Laboratorio acreditado. - Persona jurídica, pública o privada que realiza los análisis físicos, químicos, bioquímicos o microbiológicos en muestras de agua, que se encuentre acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) o el que le reemplace (p. 10).

Oxígeno disuelto. - Es la concentración de oxígeno en el agua (p.10).

Punto de muestreo. - Lugar de extracción para toma de muestras de agua.

2.16 Cuidado del ambiente

De acuerdo con la (Universidad Complutense de Madrid , 2019):

Para llevar a cabo un estudio, el grupo de investigación desarrolló y optimizó un método de cromatografía de líquidos para la separación, identificación y cuantificación de los polifenoles presentes en los residuos de las frutas. Posteriormente, se evaluaron las condiciones de extracción de estos residuos mediante herramientas quimiométricas, que permitieron establecer las condiciones más adecuadas para conseguir el máximo rendimiento global.

2.17 Morfología de los cítricos

(González Segnana & Tullo Arguello, 2019) indican:

El fruto de los cítricos en una baya denominada hesperidio surge como consecuencia del crecimiento del ovario. El pericarpio es la parte más externa del fruto y está formada por el exocarpo, el mesocarpo o albedo y el endocarpo donde se inician los sacos de jugo o vesículas que abarcan la mayor parte de los frutos en desarrollo. (p. 19)

2.18 La naranja

La naranja proviene de un árbol llamado naranjo dulce (*Citrus sinensis*) del género *Citrus* y pertenece a la familia de las *Rutáceas*. Las *Rutáceas* abarcan una amplia familia de más de 1600 especies, la mayoría de las cuales crecen en países tropicales o subtropicales, siendo el género botánico *Citrus* de los más destacados.

El naranjo dulce es la variedad más cultivada de todos los cítricos y además la más importante del género *Citrus*. Detrás de ella la siguen los mandarinos, limoneros, pomelos, limeros y kumquats (también denominada "naranja enana").

Debido a su riqueza en vitamina C y otras sustancias antioxidantes como flavonoides y beta-carotenos, se considera una fruta beneficiosa para la salud cardiovascular, por contribuir a la inhibición del llamado “colesterol malo” o LDL, e impedir su acumulación en las arterias, causando las llamadas “placas de ateroma”. Además, debido al poder antioxidante de dichas sustancias, ayudan a combatir la acción de los radicales libres, responsables del desarrollo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y cáncer. (Martínez, 2019)

Los desechos de alimentos a menudo contienen valiosos compuestos ricos en antioxidantes (polifenoles) que pueden recuperarse mediante métodos biotecnológicos para uso industrial futuro. Debido a sus propiedades naturales, estos productos pueden utilizarse como sustituto de otros productos artificiales que tienen efectos indeseables dependiendo de su condición. Esto es adecuado para productos bioactivos. (Castillo , 2021, pág. 120)

2.19 Trabajos de Investigación

En su investigación (Barreto , Vargas , Ruiz, & Gómez, 2020) realizaron una comparación entre el coagulante comercial (sulfato de aluminio) de mayor uso y el floculante natural extraído de la semilla de aguacate y mucílago de café para el tratamiento de aguas del manantial La Guayacana ubicado en el municipio 'El Socorro-Santander, para ello se realizaron pruebas de viales y se determinó la efectividad de cada uno de los coagulantes mencionados, en cuanto a reducción de color y turbidez. Los resultados obtenidos mostraron que el coagulante clase C eliminó el 44,27% de la turbidez, mientras que el coagulante clase B fue el coagulante de mejor desempeño y permitió eliminar el 64,29% de la turbidez y el 52,20% del color. , indicando que este extracto puede ser utilizado como coagulante preliminar o auxiliar en el pretratamiento de aguas con valores significativos de turbidez. (p. 105)

El objetivo principal de todos estos trabajos de investigación es el cuidado del ambiente,

De acuerdo con la (Universidad Complutense de Madrid , 2019):

“Para determinar la calidad del extracto se midieron parámetros como contenido de polifenoles, flavonoides y antioxidantes. Se utilizan métodos analíticos más avanzados, como la cromatografía líquida y la espectrometría de masas, para analizar los extractos.”. El especialista enfatizó que los residuos de cáscaras de cítricos, que se producen en grandes cantidades durante el proceso de elaboración del jugo, son utilizados en la alimentación animal o vertidos al medio ambiente sin tratamiento alguno.

Por tanto, el valor añadido de este trabajo demuestra lo útil que pueden ser los residuos generados, lo que allana el camino para su reciclaje y sin duda ayuda a reducir el daño al ambiente,

De acuerdo con (Pérez, Lugo, Gutierrez, & Toro, 2018):

La cáscara de la naranja que se obtiene una vez extraído el jugo, es rica en compuestos fenólicos, principalmente flavonoides. El objetivo de la investigación fue extraer y cuantificar el contenido fenólico de la cáscara de lima, así como su actividad antioxidante. Esto se determinó evaluando el mejor sistema de extracción de compuestos fenólicos y flavonoides, teniendo como variables: tipo de solvente (metanol, acetona y hexano) y tamaño de partícula (tamiz 20 (T1) y 50 (T2)). La determinación de la actividad antioxidante se realizó mediante dos métodos ABTS^{•+} y DPPH[•], comparando la efectividad entre ellos. El mejor modelo de extracción de los compuestos fenólicos y flavonoides fue utilizando metanol como solvente y un tamaño de partícula pequeño (300 µm). El valor más alto de actividad antioxidante (91,69 %) se obtuvo con el método ABTS^{•+}, en los extractos con metanol y acetona, sin diferencias entre los tamices utilizados. La cáscara de lima tiene 8,79 mg EAG/g ms y 14,325 mg quercetina/g ms. La utilización de cáscara de lima

representa una alternativa para el aprovechamiento de biocompuestos, que son considerados como sustitutos de los antioxidantes sintéticos existentes. (p. 18)

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Uno de los procesos de mayor importancia en el tratamiento del agua es la coagulación, el cual incluye la remoción de materia en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso causa inconvenientes relacionados con el costo debido a que es muy elevado, produce gran cantidad de lodos y afecta el pH del agua de postratamiento.

Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la capacidad de floculación de tres géneros Cactaceae *Echinopsis pachanoi*, *Neoraimondia arequipensis* y *Opuntia ficus* en el tratamiento de aguas residuales artificiales, a la cual se le aplicaron dosis de 1%, 2% y 3% de coagulantes de tres cactáceas extraídas con tres solventes, se observó un aumento significativo (p -valor < 0.05) para la capacidad de clarificación y % de remoción, al aumentar la dosis de coagulante, mostró mejores resultados para la variedad San Pedro. Los parámetros fisicoquímicos del agua después del tratamiento como el pH aumentaron ligeramente de 6.61 del agua sin tratar a 7.58, mientras que la dureza y la alcalinidad no difirieron significativamente (p -valor $> 0,05$), la DBO del agua con coagulantes aumentó debido al porcentaje de aplicación.

(Choque , Solano, Choque, & Ramos, 2018) señala que "los fenoles en el aceite de oliva se encuentran entre el 1 y 2%, mientras que el restante 98% se localiza en el alperujo".

En su trabajo (Arenas , 2019):

Extrajo fenoles localizados en el alperujo utilizando disolventes como el agua y el etanol para extraer estos compuestos y minimizar el impacto ambiental.

La relación de disolvente y masa del alperujo seco fue variada. Se realizaron ensayos con agitación (400rpm) y temperatura (20°C, 30°C y 40°C).

Se tomaron varias muestras a intervalos de tiempo de 5, 15, 30, 60 y 120 minutos para cuantificar posteriormente la concentración de compuestos fenólicos (CF) por el método Folin-Ciocalteu..

A partir de los resultados obtenidos, se observó en primera instancia que al emplear agua como disolvente se obtienen rendimientos considerablemente bajos al compararlos con los obtenidos con el etanol a una temperatura de 20°C, lo cual se debe a la afinidad de los compuestos fenólicos con sustancias menos polares que el agua, como es el caso del etanol, lo que aumenta la solubilidad y extracción de estos.

Los resultados de los ensayos variando la temperatura de extracción de los compuestos fenólicos a 20°C, 30°C y 40°C, demostraron que el aumento de la temperatura facilita la extracción con etanol, obteniéndose mayores rendimientos. En la mayoría de los casos, el incremento del tiempo de contacto alperujo-disolvente facilita la extracción. (p. 5-6)

Según estudios realizados por (Riverón , 2022)

Las producciones de aceite de oliva y vino generan grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos (por ejemplo, orujo de aceituna, aguas residuales de almazara, orujo de uva, raspón de uva, borras de vino y aguas residuales del procesamiento del vino) que representan un problema ambiental importante. En consecuencia, la gestión de estos residuos se ha convertido en un gran reto para estas industrias, ya que son nocivos para el ambiente, pero ricos en compuestos bioactivos, como los polifenoles. En los últimos años, la recuperación de compuestos fenólicos se ha propuesto como una estrategia inteligente para la valorización de estos subproductos. (p. 1-2)

(Surco, Ayquipa, Quispe, García, & Valle, 2020) indican:

Las uvas pisqueras son 8 variedades conocidas de *Vitis vinifera* de las cuales se obtiene el pisco. Durante el proceso de producción del pisco se desprenden del fruto subproductos como las semillas, hollejos y otros; las semillas últimamente están cobrando especial importancia debido a su alto contenido en polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Existen diversos métodos para la obtención de extractos y con el fin de obtener extractos con el mayor contenido de polifenoles posibles, en este estudio se hace uso de un baño ultrasonido con un sistema de solvente etanol: agua: ácido acético (90/9,5/0,5), el cual luego se lleva a sequedad en un evaporador rotatorio. Se determinó el índice de polifenoles totales encontrándose entre 402 a 84/g de semilla, índice de compuestos flavonoides de 9 a 42/g de semilla; la actividad antioxidante por el método de DPPH expresado como IC50 entre 0,184 a 0,858 mg de extracto y por el método FRAP expresado como mM equivalente de trolox de 0,298 a 1,178 mg de extracto de las distintas variedades, respectivamente.

(Vega & Torres, 2022) afirmaron lo siguiente:

Se realizó la evaluación de compuestos fenólicos extraídos de la cáscara de la naranja, con el objetivo de aplicarlos en la industria cárnica como antioxidantes, y se aplicaron dos métodos de extracción, el ultrasonido y el Soxhlet, el solvente utilizado fue el etanol, el método soxhlet fue el más eficiente para la extracción de fenoles, con una efectividad aceptable, la identificación se realizó mediante cromatografía por HPLC/DAD, y se identificó al ácido galico, ácido para hidroxibenzoico, ácido vanilico, ácido cafeico, ácido p-cumarico, ácido felurico, entre otros, la determinación de la actividad antioxidante, se realizó por la decoloración del beta caroteno el cual decolora rápidamente sin la presencia de un antioxidante, la aplicación de los compuestos fenólicos se realizaron en productos embutidos (chorizos) crudos frescos, en donde se sometieron a una evaluación sensorial para

mirar su posible aceptación lo que permitió concluir que las cascarras de *Citrus Sinensis* tiene una alta capacidad de inhibir la oxidación de los productos cárnicos.

2.20 Marco Legal

2.20.1 Código Orgánico del Ambiente

De acuerdo con el (El Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017):

Capítulo V.

Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos.

Artículo 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto.

Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública.

Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (p. 40)

CAPÍTULO IV

Monitoreo y seguimiento

Artículo 209.- Muestreo.

La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos.

Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional. (p. 41)

2.20.2 Constitución de la República del Ecuador

En la (Constitución de la República del Ecuador, 2008) se establece:

Capítulo segundo. Derechos del buen vivir

Sección primera. Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (p.14)

Sección segunda. Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p.15)

2.20.3 Reglamento Ley Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del Agua.

Art. 83.- Clases de usos. Soberanía Alimentaria. - De acuerdo con lo previsto en el artículo 318 de la Constitución, el recurso hídrico se destinará para: consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas. De conformidad con la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, se entiende por riego para soberanía alimentaria aquél que realizan preferentemente la producción agrícola campesina, las organizaciones económicas populares y la pesca artesanal, respetando y protegiendo la agro-biodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales, bajo los principios de equidad, solidaridad, inclusión sustentabilidad social y ambiental. En ningún caso podrá otorgarse una autorización para utilización del agua con fines de riego para la soberanía alimentaria si no cumple con los criterios y parámetros que establezca la Comisión conformada según el presente Reglamento. (Reglamento Ley Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del Agua, 2015)

2.20.4 Acuerdo Ministerial 061

(TULSMA VI, 2017) instaura los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades que hacen referencia a la calidad ambiental.

PARÁGRAFO I

DEL AGUA

Art. 209 De la calidad del agua. - Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores.

Art. 211 Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. - La

Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Las actividades productivas, se sujetarán a lo dispuesto en el presente Libro y a la normativa técnica que para el efecto emita la Autoridad Ambiental Nacional.

La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro. (p. 47)

2.20.5 Acuerdo Ministerial 097 – A

Según el (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) debemos tener en cuenta los siguientes criterios y principios para descarga de efluentes

5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes**5.2.1 Principios básicos para descarga de efluentes**

5.2.1.1 Los laboratorios que realicen los análisis de muestras de agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el SAE.

5.2.1.2 De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma.

5.2.3.5 Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 8, Anexo 1 en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

Figura 2

Limites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Ci nc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Mangane so total	Mn	mg/l	10,0
Me rcu rí o (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kje dahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendedos Total e s	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) Tabla 8.

2.20.5 Norma Técnica Ecuatoriana (INEN)

Según la Norma Técnica Ecuatoriana del (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2013) las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. En cuanto al muestreo se debe llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra, esto con el fin de evitar variaciones o modificaciones al realizar análisis los análisis físicos y químicos, además se debe tener en cuenta el rotulado, anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los conservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.). (p. 5 y 7).

3. Materiales y Métodos

3.1 Materiales y equipos

Tabla 1

Materiales	
Cáscaras de naranja (<i>Citrus Sinensis</i>)	Lápiz de cera
Balón de destilación de 250 ml	Botellas ámbar
Soporte universal	Sifón
Pinzas sujetadoras	Vaso de precipitación 100 ml
Matraz 250 ml	Papel filtro
Algodón	Etanol 90°
Guantes	Mascarillas
Agua destilada	Test de jarra
Mortero de porcelana	Cristalizador
Pinzas	Pipeta
Probeta	

Materiales utilizados en el laboratorio

Fuente: Autores

Tabla 2

Reactivos utilizados en el test de jarras

Reactivos
Sulfato de Aluminio
Óxido de hierro
Floculante
Polifenol

Fuente: Autores

Tabla 3*Equipos utilizados para la extracción de polifenoles*

Equipos
Soxhlet
Manta calefactora
Rotavapor
Potenciómetro
Estufa
Turbidímetro
Espectrofotómetro
Bomba de vacío

Fuente: Autores

Tabla 4*Materiales utilizados para el muestreo de agua residual*

Materiales
Botella de Winkler
Balde plástico
Soga
Recipientes plásticos
Guantes
Chaleco
Botas
Casco
GPS
Agua destilada
Botella ámbar

Fuente: Autores

3.2 Metodología

3.2.1 Variables evaluadas en la investigación

Tabla 5

Variable Independiente

Coagulante Comercial	Coagulante Natural
Sulfato de aluminio	Polifenol

Fuente: Autores

Tabla 6

Variable Dependiente

Variable Dependiente
pH
DQO
DBO5
Turbidez
Coliformes totales
Color
Temperatura

Fuente: Autores

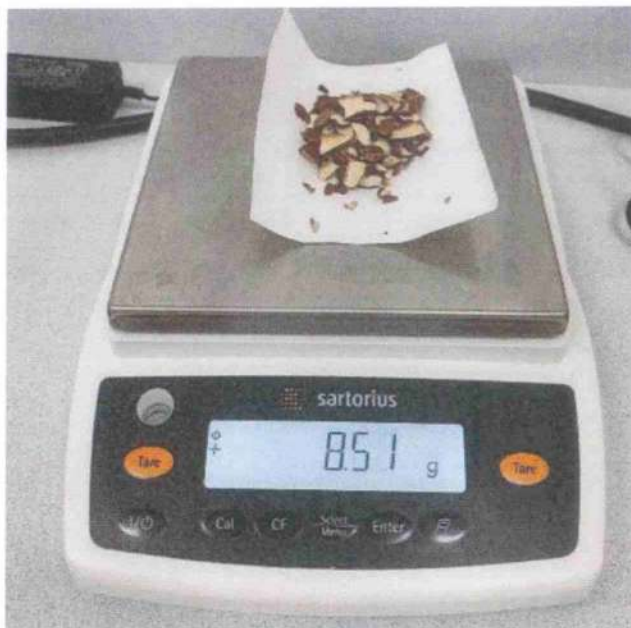
3.2.2 *Tratamiento de las muestras de las cáscaras de Citrus Sinensis en el laboratorio*

3.2.2.1 Estufa

Se pesó 8.51 gramos de cáscaras y se procedió a colocarlas en un cristalizador para ser llevadas a la estufa durante 1 hora a una temperatura de 73°.

Figura 3

Peso en gramos de la cáscara de naranja (Citrus sinensis)



Fuente: Autores

Figura 4

Secado de las cáscaras de (Citrus sinensis) en la estufa



Fuente: Autores

3.2.2.2 Mortero

Una vez retiradas las muestras de la estufa fueron colocadas en un mortero y con la ayuda del pilón procedimos a triturarlas.

Figura 5

Macerado de las cáscaras secas



Fuente: Autores

3.2.3 Extracción de polifenoles

3.2.3.1 Método Soxhlet

Figura 6
Equipo Soxhlet



Fuente: Autores

3.2.3.2 Balón

En el balón colocamos 150 ml de etanol y lo tapamos con algodón para evitar que se evapore.

Figura 7

Etanol vertido en el balón



Fuente: Autores

3.2.3.3 Manta calefactora

En el interior de la manta calefactora colocamos el balón que contiene los 150 ml de etanol, aplicamos glicerina en los bordes del balón.

Figura 8

Manta calefactora



Fuente: Autores

3.2.3.4 Sifón

El sifón contiene en su interior el dedal de papel filtro con las muestras de cáscaras de *Citrus Sinensis* el cual está cubierto con algodón.

Figura 9

Sifón que contiene muestras de cáscara de (Citrus sinensis)



Fuente: Autores

3.2.3.4 Refrigerante de Serpentin

El refrigerante de serpentín contiene dos mangueras, una se conecta a la bomba sumergible que se encuentra dentro de un balde que contiene dos fundas de gel refrigerante, y la otra manguera expulsa el agua del soxhlet.

Figura 10

Bomba sumergible



Figura 11
Refrigerante de serpentín



Fuente: Autores

Una vez colocadas las muestras dentro del equipo soxhlet se encendió la manta calefactora entre una temperatura de 50° a 100° C durante 5 horas.

Figura 12
Manta calefactora a 100 C



Figura 13

Muestra con 2 horas en la manta calefactora



Fuente: Autores

Una vez transcurridas las cinco horas se procedió a apagar la manta calefactora y esperamos 30 minutos para retirar la extracción obtenida de polifenoles y colocarla y botellas de ámbar. En un día se obtenía dos muestras de extracción de polifenoles de 250 ml cada una.

Figura 14
Muestra en reposo durante 30 minutos



Fuente: Autores

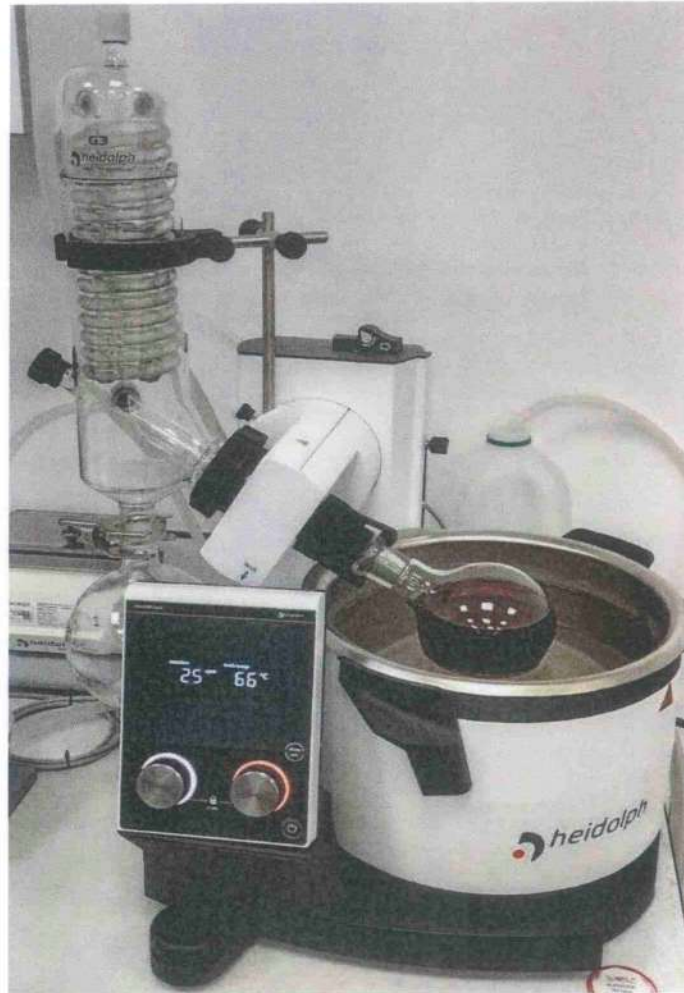
3.2.4 Extracción de aceite

3.2.4.1 Rotavapor

La extracción obtenida de polifenoles fue llevada al rotavapor durante 45 minutos a una temperatura de 66° C. con una rotación de 25 rpm (revolución por minuto), con la finalidad de separar el etanol del aceite.

Figura 15

Eliminación del solvente de la muestra en el rotavapor



Fuente: Autores

3.3 Muestreo de aguas residuales domésticas

Las muestras de las aguas residuales domésticas para realizar el proceso de tratamiento con el coagulante natural y el comercial (Sulfato de Aluminio) fueron tomadas en un canal ubicado en la Cda. Guayacanes cuyas coordenadas geográficas son:

622902.924E, 9766314.467N 17M.

Figura 16
Muestreo de agua residual doméstica



Fuente: Autores

Las muestras fueron puestas en sus respectivos recipientes, se procedió a hacer la respectiva rotulación para posteriormente ser llevadas al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus María Auxiliadora donde se tomó el pH y fueron puestas en refrigeración hasta realizar el test de jarras con las diferentes dosis del coagulante natural y el comercial para luego enviar una muestra al laboratorio acreditado donde se realizó el análisis físico-químico de los ensayos.

4. Resultados

4.1 Coagulante natural o biocoagulante

De la extracción soxhlet obtuvimos 2000 ml del coagulante natural, el cual fue colocado en cuatro botellas ámbar de 250 ml cada una, como se evidencia en la figura 17.

Posteriormente esta muestra fue sometida al rotavapor con la finalidad de eliminar a través de la evaporación el contenido de etanol, obteniendo 250 del coagulante natural, ver ilustración 18.

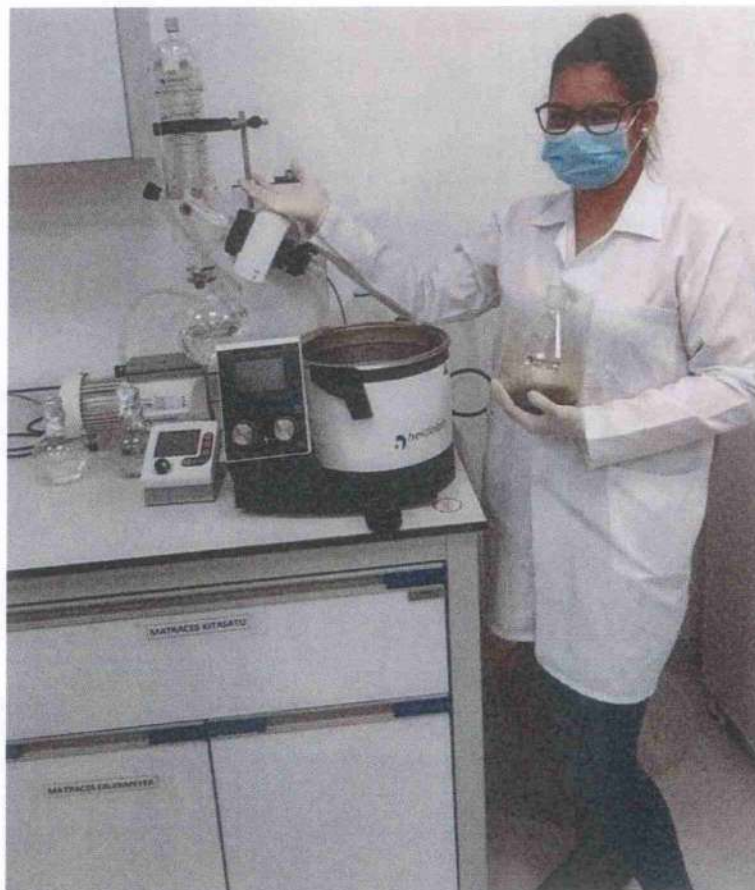
Figura 17

Almacenamiento del coagulante natural extraído a través del método soxhlet



Fuente: Autores

Figura 18
Eliminación del solvente en el rotavapor

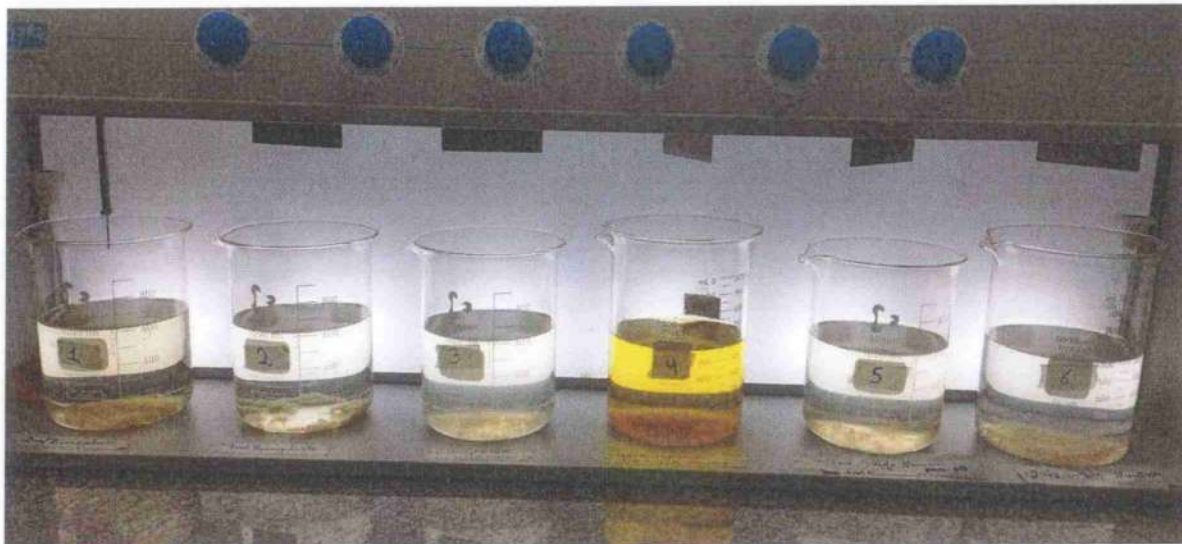


Fuente: Autores

4.2 Test de jarras

Una vez obtenido el coagulante natural se procedió a realizar el test de jarras el cual consistió en depositar 600 ml de la muestra de agua residual, previamente se tomó el pH del agua a tratar, posteriormente se procedió a colocar las diferentes dosis del coagulante natural o biocoagulante y el coagulante comercial (Sulfato de Aluminio) para establecer comparaciones, el tiempo que tomó efectuar el test de jarras fue de 20 minutos a una velocidad de 15 (rpm), concluido el tiempo se tomó el pH de cada una de las 6 jarras.

Figura 19
Test de jarras



Nota. Cada jarra contiene 600 ml de agua residual doméstica y diferentes dosis de coagulante natural y coagulante comercial (Sulfato de Aluminio).

Fuente: Autores

4.3 Dosis de coagulantes

A las 6 jarras utilizadas en el test se les colocó 600 ml de agua residual doméstica no tratada y utilizamos Sulfato de Aluminio al 2% de concentración y una cantidad de biocoagulante de 250 ml diluido en 100 ml de agua destilada en diferentes medidas, solo a la jarra 4 se le agregó biocoagulante sin diluir con la finalidad de comparar el pH, el color y la turbidez con el resto de las muestras.

Tabla 7*Dosis de coagulantes en el test de jarras*

Jarras	Dosis/ml	Coagulante
1	2 ml	Biocoagulante
2	3 ml	Biocoagulante
		Biocoagulante
3	1 ml	Sulfato de Aluminio
	1 ml	Biocoagulante
4	4 ml	Sulfato de Aluminio
	3 ml	
5	1 ml	Sulfato de Aluminio
6	2 ml	Sulfato de Aluminio

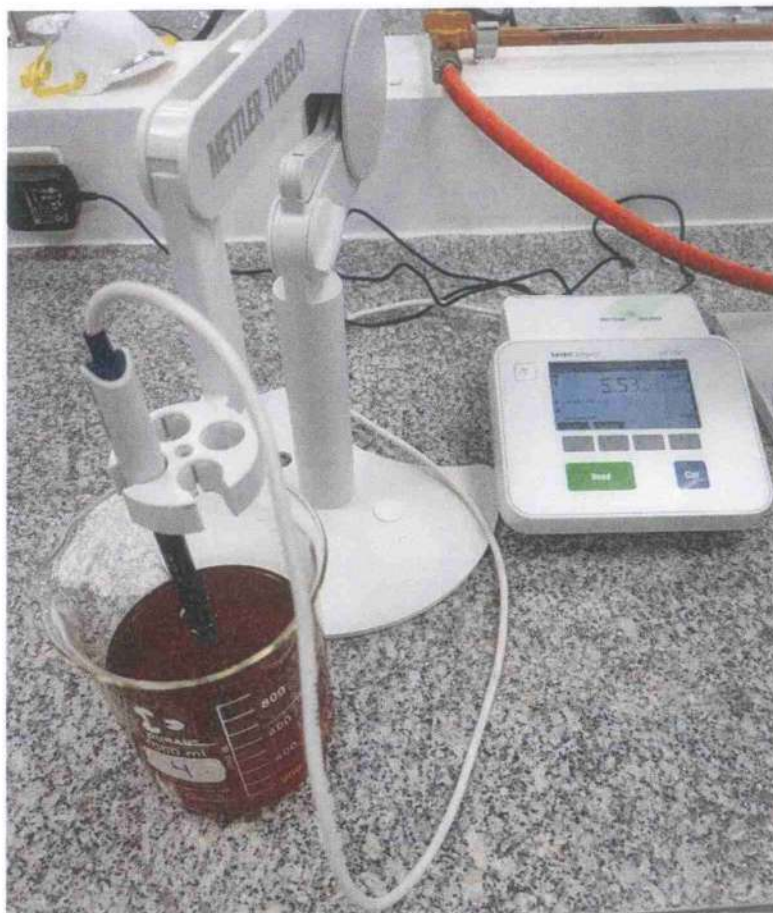
Fuente: Autores

La tabla 7, nos muestra las dosis de coagulantes añadidas en las seis jarras, en la jarra cinco primero se colocó el sulfato de Aluminio realizamos el test durante 10 minutos a una velocidad de 10 (rpm) una vez culminado este tiempo procedimos a tomar el pH 7.25 a 23.1° C, luego añadimos el biocoagulante y volvimos a realizar el test durante 10 minutos a una velocidad de 10 (rpm) transcurridos los diez minutos tomamos el pH del agua tratada y fue de 7.12. a 22.8° C. Se realizó este procedimiento con la finalidad de constatar los efectos del biocoagulante en el pH del agua tratada con Sulfato de Aluminio y en efecto el pH disminuyó al aplicar el biocoagulante.

Además, se preparó una jarra adicional con 600 ml de agua residual doméstica sin tratar y una concentración de 4 ml de biocoagulante sin diluir en agua destilada, a esta muestra se le tomó el pH una vez concluido el test de jarra y su valor fue 5.53 lo cual demuestra que a mayor concentración y cantidad de biocoagulante disminuye el pH y la coagulación fue tan efectiva como en las otras concentraciones.

Figura 20

Ensayo con 4ml de biocoagulante sin diluir en agua destilada



Nota: A mayor concentración del biocoagulante disminuye el pH y aumenta el color.
Fuente: Autores

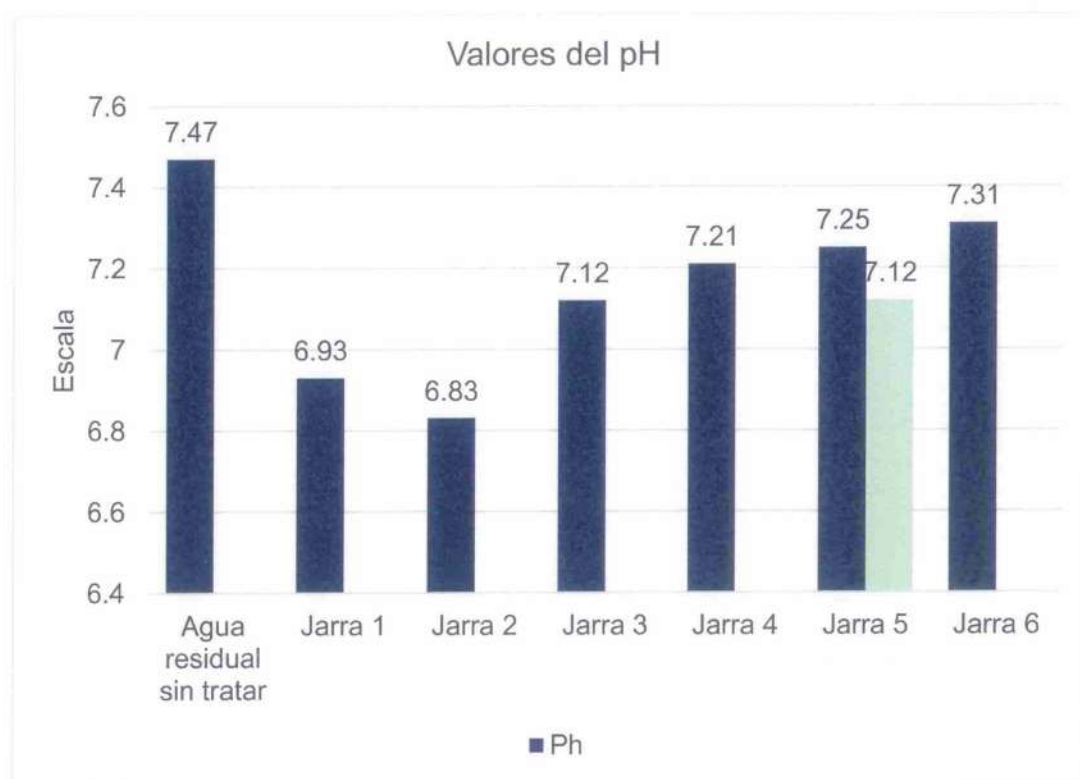
4.4 Análisis de las variables

4.4.1 Parámetros químicos pH, DQO₅, DBO

4.4.1.1 pH.

El pH del agua residual sin tratar tuvo un valor de 7.47, en el test de jarras el ensayo número 6 que contenía una dosis de 3ml de biocoagulante diluidos en 100ml de agua destilada se obtuvo un pH de 6,83 siendo este el menor valor en el test.

Figura 21
Valores del pH de las muestras en el test de jarras



Fuente: Autores

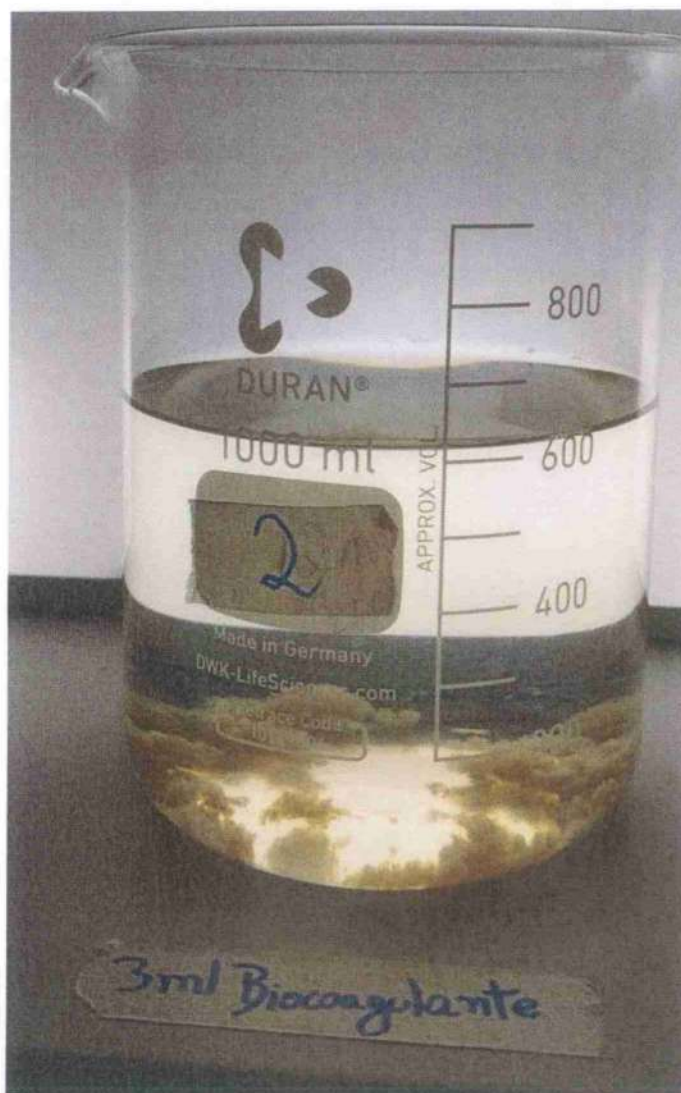
Tabla 8*Medición del pH del test de jarras*

Jarras	Dosis/ml	Coagulante	pH
1	2 ml	Biocoagulante	6.93
2	3 ml	Biocoagulante	6.83
3	1 ml 1 ml	Biocoagulante Sulfato de Aluminio	7.12
4	4 ml 3 ml	Biocoagulante Sulfato de Aluminio	7.21
5	1 ml 1 ml	Sulfato de Aluminio(pH) Biocoagulante (pH)	7.22 7.12
6	2 ml	Sulfato de Aluminio	7.31

Fuente: Autores

Una vez concluido el test de jarras y de analizar el pH, el color, la turbidez y la coagulación, se llegó a la conclusión que la muestra que contiene 3 ml de biocoagulante diluidos en 100ml de agua destilada era el que reunía las condiciones necesarias para realizar los análisis químicos y físicos en el laboratorio como agua residual doméstica tratada.

Figura 22
Agua residual doméstica tratada con 3ml de biocoagulante

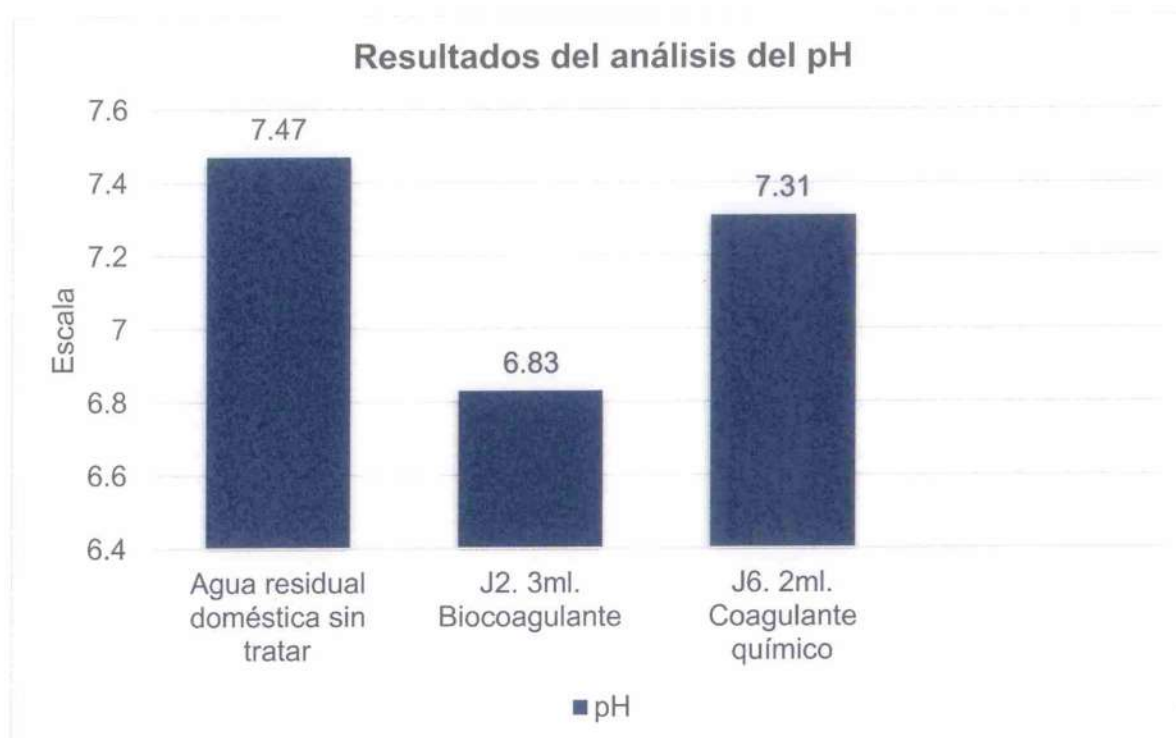


Nota: La jarra contiene agua residual doméstica y 3 ml de biocoagulante diluido en 100 ml de agua destilada.

Fuente: Autores

Figura 23

Resultado del análisis del pH en el test de jarras



Fuente: Autores

4.4.1.2 DQO.

En el análisis del agua residual doméstica sin tratar para DQO los resultados fueron de 147 mg/l. y 65 mg/l. en el agua tratada con el biocoagulante con una dosis de 3ml diluidos en 100 ml de agua destilada en una jarra de 600 ml de agua residual domestica sin tratar.

El límite máximo permisible según el Acuerdo Ministerial 097-A Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público es de 500,0 mg/l.

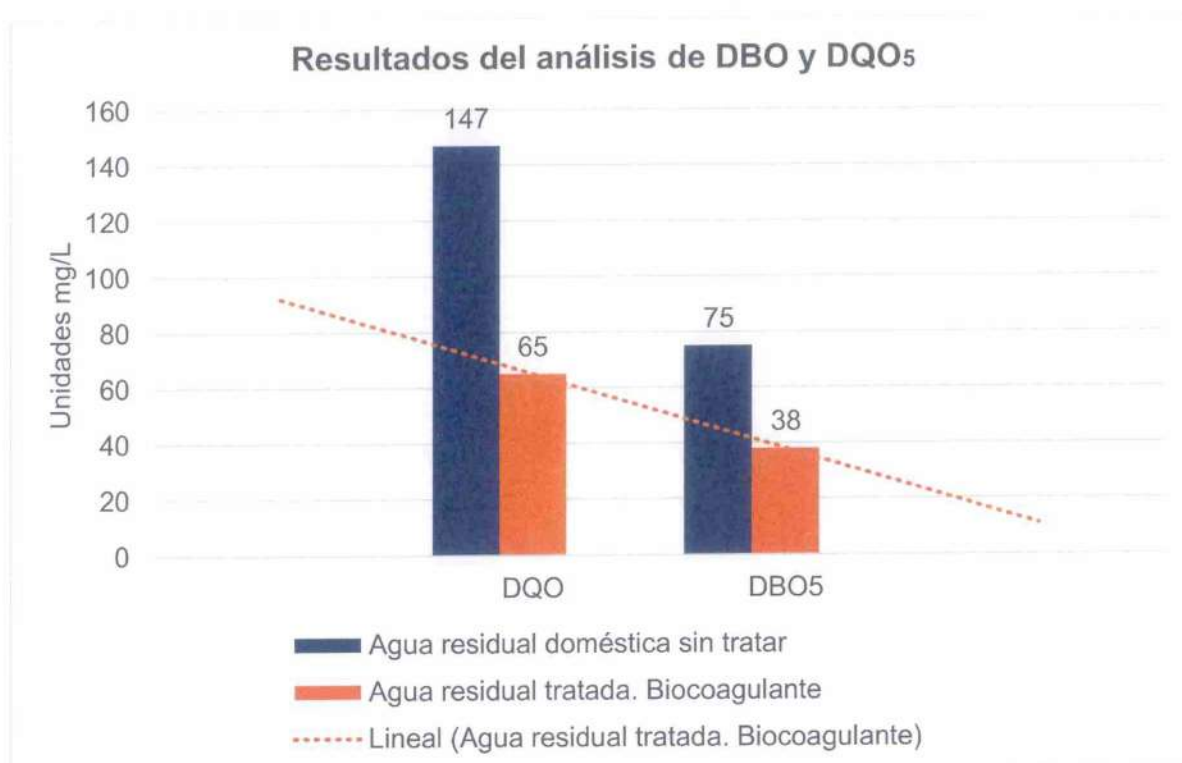
4.4.1.3 DBO5.

En el análisis del agua residual domestica sin tratar para DBO5 los resultados fueron de 49 mg/l y 38 mg/l en el agua tratada con el biocoagulante con una dosis de 3ml diluidos en 100 ml de agua destilada en una jarra de 600 ml de agua residual domestica sin tratar.

El límite máximo permisible para DBO5 según el Acuerdo Ministerial 097-A Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público es de 250,0 mg/l

Figura 24

Resultado del análisis químico de DBO₅ y DQO



Fuente: Autores

Tabla 9

Resultados del análisis químico DBO₅ y DQO. Agua residual doméstica sin tratar

Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	g/l	147	500.0	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C- PEE/LAB-PSI-80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	75	250.0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

Tabla 10

Resultados del análisis químico DBO₅ y DQO. Agua residual tratada con Biocoagulante

Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	g/l	65	500.0	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C- PEE/LAB-PSI-80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	38	250.0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

4.4.2 Parámetros microbiológicos Coliformes totales

4.4.2.1 Coliformes totales

Los resultados de coliformes totales en la muestra de agua residual doméstica no tratada analizadas en el laboratorio fueron de 28000000 NMP/100 ml. y <1,8 NMP/100 ml en el agua residual tratada con 3 ml de biocoagulante disueltos en 100 ml de agua destilada en un test de jarra que contenía 600 ml de agua doméstica sin tratar.

Tabla 11

Resultados del análisis microbiológico del agua residual doméstica sin tratar. Coliformes totales

Parámetros	Unidades	Resultados	Método de análisis
Coliformes totales	NMP/100ml	28000000	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C- PEE/LAB-PSI-80

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

Tabla 12

Resultado del análisis microbiológico del agua residual doméstica tratada con Biocoagulante. Coliformes totales

Parámetros	Unidades	Resultados	Método de análisis
Coliformes totales	NMP/100ml	<1,8	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C- PEE/LAB-PSI-80

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

4.4.3 Parámetros físicos. Color, turbidez, Sólidos Suspendidos Totales

4.4.3.1 Color

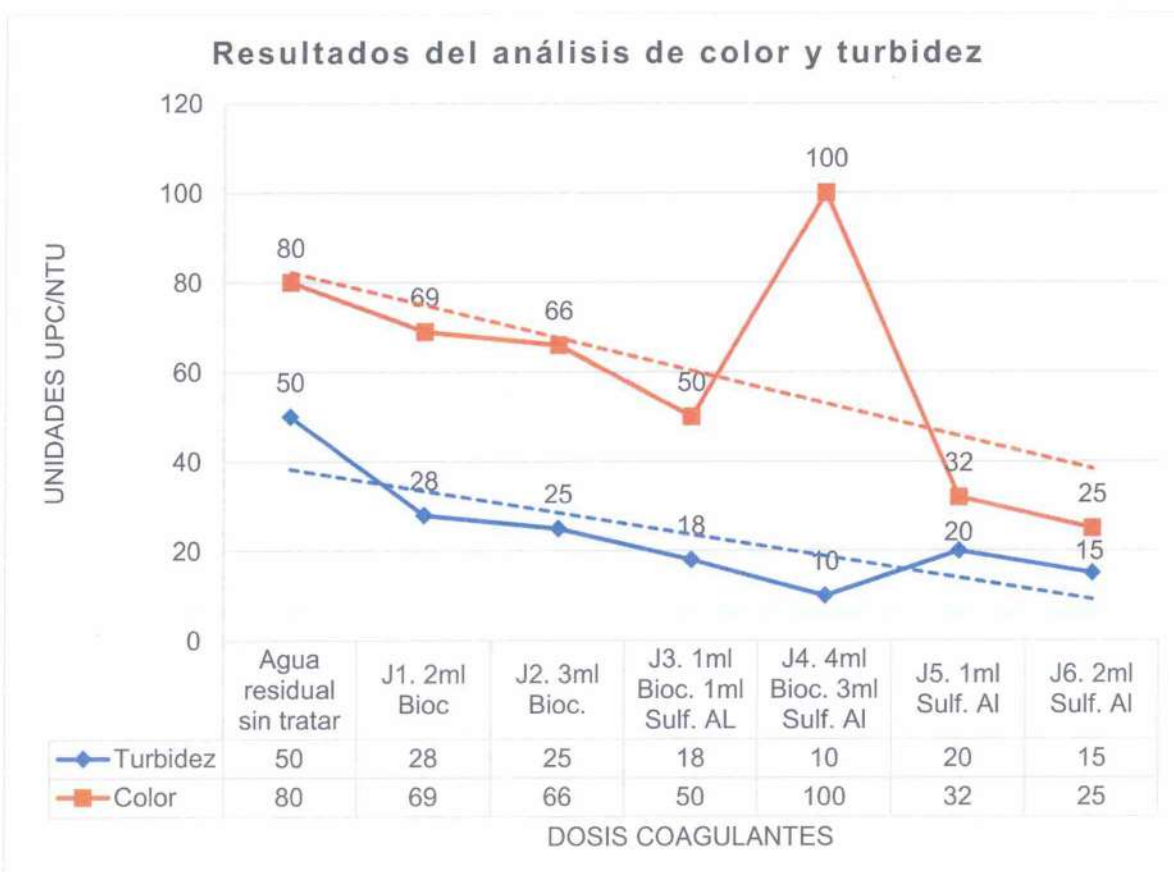
En el agua residual doméstica sin tratar los valores fueron de 80 UPC, el agua tratada con 2 ml de sulfato de aluminio tuvo un valor de 25 UPC y el agua tratada con 3 ml de biocoagulante presentó un valor de 66 UPC.

4.4.3.2 Turbidez

El agua residual doméstica sin tratar mostró una turbidez de 50 NTU, el agua doméstica tratada con 2 ml de sulfato de aluminio tuvo una turbidez de 15 NTU y el agua doméstica tratada con 3 ml de biocoagulante presentó una turbidez de 18 NTU.

Figura 25

Resultado del análisis del color y turbidez



Fuente: Autores

4.4.3.2 Sólidos Suspendidos Totales (SST).

El resultado de los Sólidos Suspendidos Totales en el análisis de laboratorio del agua residual doméstica sin tratar fue de 43 mg/l, mientras que en el agua tratada con 3 ml de biocoagulante los resultados fueron de 34 mg/l.

El límite máximo permisible según el Acuerdo Ministerial 097-A Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público es de 220,0 mg/l.

Tabla 13

Resultados del análisis físico del agua residual doméstica sin tratar

Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	43	220.0	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C-PEE/LAB-PSI-80

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

Tabla 14

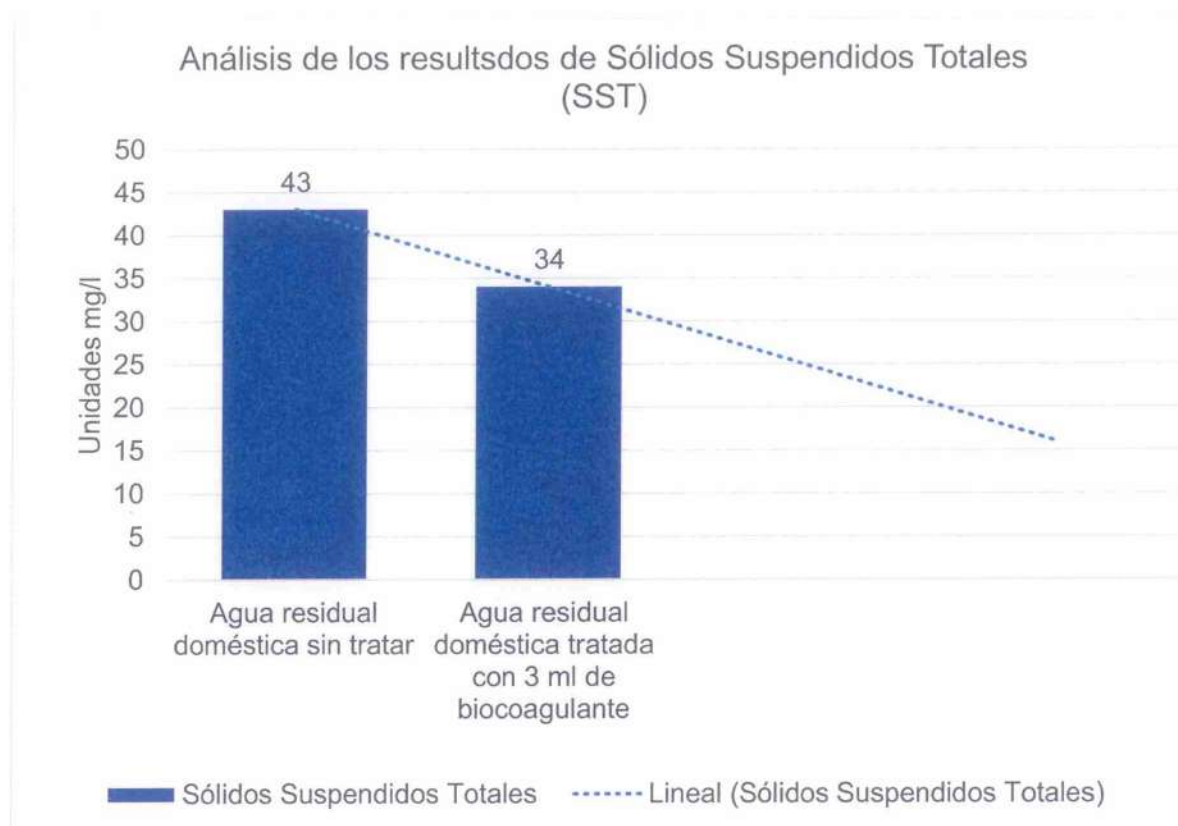
Resultados del análisis físico del agua residual doméstica tratada con biocoagulante.

Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible	Método de análisis
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	34	220.0	Método Fluorocult/ SM23,2017 9221C-PEE/LAB-PSI-80

Fuente: Análisis LAB-PSI-Aguas-Suelos

Figura 26

Resultados del análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST)



Fuente: Autores

4.5 Efectividad del Coagulante natural

Tabla 15

Efectividad del biocoagulante

Agua residual doméstica sin tratar		Agua residual doméstica tratada	
Parámetros		Biocoagulante 3ml	Coagulante Químico 2ml
pH	7.47	6.83	7.31
DBO5	75	38	-----
DQO	147	65	-----
Coliformes totales	28000000	<1.8	-----
Color	80	66	25
Turbidez	50	25	15
Sólidos Suspendidos Totales	43	34	-----

Fuente: Autores

4.6 Discusión.

Una vez realizada esta investigación se puede dar un valor agregado a lo que muchas personas llaman desechos o desperdicios de algunas frutas u hortalizas ya que a pesar de que en la mayoría de los casos estos residuos no tienen ningún uso aparente, si no se realiza un respectivo tratamiento pueden llegar a producir serios daños al ambiente, en base a esta problemática decidimos a través de diferentes experimentos e investigación buscar una solución viable para poder aprovechar los desechos en nuestro caso de las naranjas y extraer de las cáscaras, polifenoles que actúan como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales, evitando de esta manera el uso de coagulantes químicos como el Sulfato de aluminio el cual por su condición de químico puedes causar daños a la salud. En el estudio realizado por (Vargas & Barreto, 2019) donde ellos evaluaron la eficiencia de la semilla de aguacate y mucílago de café como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas al aplicar mayor cantidad de coagulante natural mejor era la remoción de turbidez, pero el color del agua aumentó. Según (Fúquene & Yate, 2018) el pH es la variable más importante en el proceso de coagulación ya que si no se encuentra en el rango óptimo y disminuye la solubilidad del coagulante en el agua y se van a requerir concentraciones más altas del mismo, además tomará mayor tiempo para la formación del floculo. En cuanto a la turbidez los autores aseguran que la concentración de coagulante aumenta con la turbiedad del agua y para cada turbiedad hay una dosis óptima de coagulante. El objetivo de la investigación de (López H. , 2020) fue extraer polifenoles y determinar la capacidad antioxidante de residuos de la industria alimentaria como las cortezas de naranja y mango. Las variables consideradas fueron: temperatura, tiempo, y relación muestra/solvente, manteniendo fija la concentración de etanol. Se realizó un diseño factorial, con tres réplicas y 2 puntos centrales. Las mejores condiciones de extracción de polifenoles para corteza de naranja fueron 40°C, relación muestra/solvente 1/30 y 2 horas; 20°C, relación 1/20 y 4 horas para capacidad antioxidante. En la corteza de mango las condiciones para polifenoles y capacidad antioxidante fueron 40°C, 1/30 y 2 horas.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

A través del método soxhlet se pudo extraer de manera eficiente los polifenoles de la cáscara de (*Citrus sinensis*) y aprovechar sus propiedades para ser usado como coagulante natural, comprobando su efectividad al realizar diferentes tipos de ensayos mediante el test de jarras comparándolo con el coagulante químico sulfato de aluminio en las muestras de agua residual domésticas.

La efectividad del sulfato de aluminio en algunos casos es superior a la del coagulante natural de acuerdo a los resultados de los análisis realizados, sin embargo, al comparar los resultados con los límites máximos permisibles según el Acuerdo Ministerial 097-A, tabla 8 de los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, el coagulante natural resulta óptimo debido a que dichos valores se encuentran dentro de los permitidos.

Es importante también además de destacar su eficiencia, resaltar su rentabilidad ya que la materia prima principal se obtiene de los desechos de una fruta cuya producción es abundante en nuestro país como lo es la naranja y su proceso de extracción es relativamente económico.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable disminuir la dosis de etanol ya que de esta manera se obtendría un producto más concentrado.

También se recomienda aumentar los ensayos del test de jarras con diferentes dosis del biocoagulante y aumentar también el tiempo y la velocidad en el test.

Es importante destacar que existen otros métodos de extracción en nuestro caso utilizamos el Soxhlet, pero sería conveniente comparar diferentes métodos y de esta manera comprobar la eficacia de cada uno.

Debemos continuar en la búsqueda de soluciones viables con recursos que estén a nuestro alcance tratando siempre de darles el mejor uso posible y sobre todo que los productos que usemos ayuden con la conservación del ambiente y que sean buenos para la salud.

6 Bibliografía

Acuerdo Ministerial 097-A. (4 de Noviembre de 2015). Obtenido de Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, Reforma Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: <https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-ministerial-097-anexos-normativa-reforma-libro-vi-texto-unificado-legislacion-secundaria-ministerio-ambiente>

Allué, J., & Berdonces, J. (2020). *Manual de suplementos dietéticos*. Barcelona: Integral. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Manual_de_suplementos_diet%C3%A9ticos/bXnvDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1

Arenas, S. (2019). *Extracción de compuestos fenólicos mediante el uso de disolventes orgánicos a partir del subproducto obtenido en la elaboración de aceite de oliva virgen (alperujo)*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Máster Universitario en Seguridad Industrial y Medio Ambiente: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134096/Arenas%20-%20Extracci%C3%B3n%20de%20compuestos%20fen%C3%B3licos%20mediante%20el%20uso%20de%20disolventes%20org%C3%A1nicos%20a%20partir%20del....pdf?sequence=1>

Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). *Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales*. Obtenido de <https://www.redalyc.org>

Barreto, S., Vargas, D., Ruiz, L., & Gómez, S. (2020). Evaluación de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1). Obtenido de Revista De Investigación Agraria Y Ambiental: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/3081>

Cárdenas, J. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de Ciencias Ambientales*. Bogotá: ECOE. Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/Calidad_del_agua_para_estudiantes_de_ci_e/L2NtEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=coagulantes&pg=PA313&printsec=frontcover

Castillo , M. (2021). *Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe. En busca de una recuperación resiliente y sostenible.* (UN, Ed.) Chile. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Perspectivas_Del_Comercio_Internacional

Choque , Y., Solano, A., Choque, D., & Ramos, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200008

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Ministerio de Defensa.* Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

De Miguel Fernández , C. (2020). *Hidrogeología aplicada con aspectos ambientales.* Cuba: Editorial Universitaria. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Hidrogeolog%C3%ADa_aplicada_con_aspectos_amb/_331DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

El Código Orgánico del Ambiente (COA). (12 de Abril de 2017). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.* Obtenido de Artículo 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas: <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>

Fundación Ecomar. (9 de Julio de 2020). *Aguas residuales.* Obtenido de <https://fundacionecomar.org/que-son-las-aguas-residuales/>

Fúquene, D., & Yate, A. (2018). Obtenido de Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/download/2771/2857/>

Fúquene, D., & Yate, A. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Working papers - ECAPMA*, 7.

Obtenido de

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/download/2771/2857/>

García , F. (2019). *Minimización de vertidos para el desarrollo sostenible*. Editorial

Elearning, S.L. Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/Minimizaci%C3%B3n_de_vertidos_para_el_desarr/h3blDwAAQBAJ?hl=es-419&gb

González Segnana, L., & Tullo Arguello, C. (2019). *Guía Técnica*. Obtenido de Cultivo de

Cítricos: https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf

Hanna Instruments. (24 de Agosto de 2018). *Importancia de la medida de color en el agua de consumo humano*. Obtenido de

<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/importancia-de-la-medida-de-color-en-el-agua-de-consumo-humano>

Huerta Callejas, K. (5 de Abril de 2022). *Coagulante y floculante en el tratamiento de aguas*.

Obtenido de <https://contyquim.com/blog/coagulante-y-floculante-en-el-tratamiento-de-aguas>

Ibanez, A. (20 de Noviembre de 2018). *La turbidez en las aguas residuales*. Obtenido de

<https://nihonkasetu.com/es/la-turbidez-en-las-aguas-residuales/#:~:text=La%20turbidez%20es%20una%20caracter%C3%ADstica,en%20suspensi%C3%B3n%20y%20material%20coloidal.>

INDUANÁLISIS. (4 de Junio de 2019). *DBO y DQO*. Obtenido de

https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2169:2013. Primera versión. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Obtenido de https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2176_1_agua_calidad_agua_muestreo_tecnicas_muestreo.pdf
- Jiménez , B. (2021). *La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología aplicada*. México: LIMUSA. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/La_Contaminaci%C3%B3n_Ambiental_en_M%C3%A9xico/8MVxlyJGokIC?hl=es-419&gbpv=1
- López , C., Buitrón, G., García , H., & Cervantes, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales. Principios, modelación y diseño*. Reino Unido: IWA Publishing. Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Tratamiento_biol%C3%B3gico_de_aguas_residual/lxNBDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
- López , H. (2020). *Extracción de cuempuestos bioactivos a partir de cáscara de mango (Mangifera indica) y naranja (Citrus sinensis), para aplicarlos en el jabón de tocador base*. Obtenido de Trabajo de graduación, Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9625/1/15258.pdf>
- Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. (2021). *Hispagua*. Obtenido de <https://hispagua.cedex.es/documentacion/documento/32891>
- Martínez, S. (2019). *Características y beneficios nutricionales de la naranja*. Obtenido de <https://www.dietistasnutricionistas.es/caracteristicas-y-beneficios-nutricionales-de-la-naranja/>
- Muñoz, C. (30 de Junio de 2022). *¿Qué son los polifenoles?* Obtenido de Tipos de polifenoles: <https://www.geosalud.com/nutricion/polifenoles.html>

Muñoz, E., Contreras, A., & Molero, M. (2018). *Ingeniería del Medio Ambiente*. Madrid:

UNED. Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/INGENIER%C3%8DA_DEL_MEDIO_AMBIENTE/1mF6DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=agua+residual+domestica&pg=PT240&printsec=frontcover

Pérez, Lugo, Gutierrez, & Toro, D. (2018). Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus limetta* Risso) y determinación de su actividad antioxidante.

Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 5. Obtenido de

<https://biotecnia.unison.mx>

Ramírez Quirós, F. (2017). *Tratamiento de desinfección del Agua Potable*. Obtenido de

[https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-](https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2)

[content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2](https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2)

Ramírez Quirós, F. (2017). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. Obtenido de

[https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-](https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2)

[content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.](https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2)

Reglamento Ley Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del Agua. (21 de Agosto de

2015). Obtenido de Ministerio del Ambiente: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

[content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

[Aprovechamiento-del-Agua.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

Reglamento Ley Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del Agua. (21 de Agosto de

2015). *Ministerio del Ambiente*.

Riverón , B. (2022). *Aprovechamiento de polifenoles a partir de subproductos de las*

industrias de aceite de oliva y vinos. Obtenido de

[https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/aprovechamiento_de_polifenoles_a_p](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/aprovechamiento_de_polifenoles_a_partir_de_subprod)
[artir_de_subprod](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/aprovechamiento_de_polifenoles_a_partir_de_subprod)

- Spuhler, D., & Mazille, F. (2020). *Coagulación - Floculación*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n%2C-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Surco, F., Ayquipa, H., Quispe, W., García, J., & Valle, M. (2020). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante de extracto de semillas de uvas residuos de la producción de Pisco. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(2). Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2020000200123
- TULSMA VI. (21 de Marzo de 2017). *ACUERDO MINISTERIAL 061 REFORMA LIBRO VI TULSMA*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Universidad Complutense de Madrid . (17 de Julio de 2019). *Optimizan la extracción de polifenoles de la cáscara de cítricos con aplicaciones en cosmética y alimentación*. Obtenido de <https://www.ucm.es/otri/noticias-optimizan-la-extraccion-de-polifenoles-de-la-cascara-de-citricos-con-aplicaciones-en-cosmetica-y-alimentacion>
- Vargas, D., & Barreto, J. (2019). *Evaluación de la eficiencia de la semilla de aguacate y mucilago de café como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19180/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20DE%20LA%20SEMILLA%20DE%20AGUACATE%20Y%20MUC%3%8DLAGO%20DE%20CAF%C3%89%20COMO%20COAGULANTES%20NATURAL.pdf?sequence=1>
- Vega, N., & Torres, M. (2022). Evaluación de compuestos fenolicos de (*Citrus sinensis*) y su capacidad antioxidante. *Ciencia en Desarrollo*, 12(2). Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882021000200109

Weber, W. (2021). *Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos*. Reverté.

Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/Control_de_la_calidad_del_agua/S9MfEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Zumbado, H. (28 de Febrero de 2020). *Análisis químico de los alimentos. Métodos clásicos*.

La Habana: Universitaria. Obtenido de

https://www.google.com.ec/books/edition/An%C3%A1lisis_qu%C3%ADmico_de_los_alimentos/GI_zDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=

7 Anexos

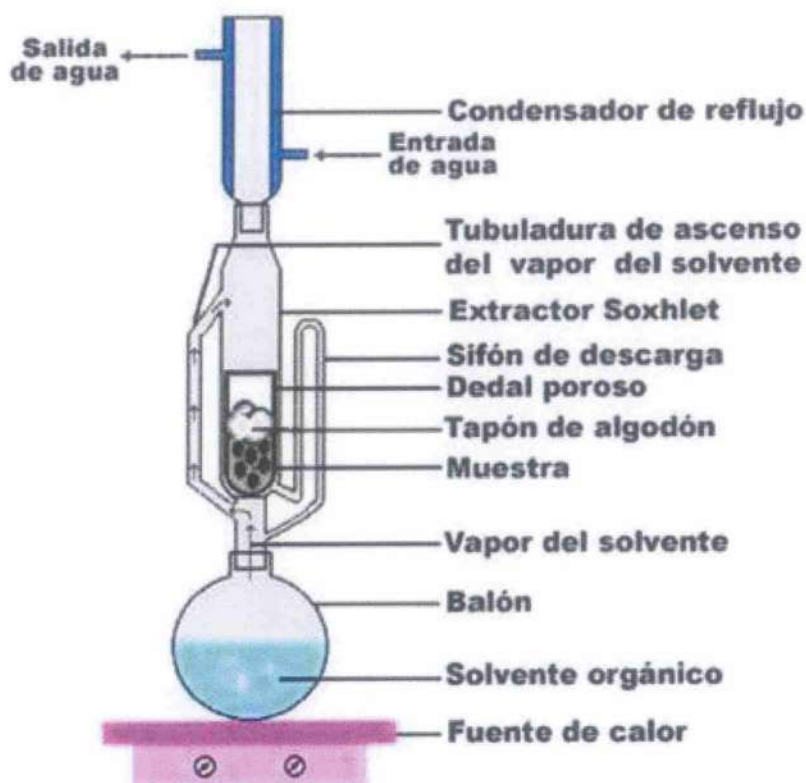
Anexo 1 Equipo Soxhlet



Fuente: Autores

Anexo 2

Esquema del equipo de extracción Soxhlet



Fuente: Análisis químico de los alimentos (Zumbado, 2020) Métodos clásicos

Anexo 3

Cáscaras de naranjas utilizadas para la extracción de polifenoles.



Fuente: Autores

Anexo 4

Cáscaras de naranja después del secado en la estufa



Fuente: Autores

Anexo 5

Glicerina y alcohol utilizados en el proceso de extracción



Nota: La glicerina es utilizada para evitar que el balón, el sifón y el tubo refrigerante de serpentín se adhieran entre sí. El alcohol de 90° es utilizado como solvente para la extracción de los polifenoles de las cáscaras de Citrus Sinensis.

Fuente: Autores.

Anexo 6

Dosis de etanol y el dedal con el contenido de cáscara de naranja en el sifón



Nota: Se utilizó 150ml de etanol y 6 gramos de la muestra de cáscara y se colocó un tapón de algodón que impide la salida de los sólidos
Fuente: Autores

Anexo 7

Montaje del equipo Soxhlet



Fuente: Autores

Anexo 8
Punto de ebullición del alcohol



Nota: El etano debe tener un punto de ebullición de 78° C
Fuente: Autores

Anexo 9
Proceso de extracción concluido



Nota: La extracción de los polifenoles
tiene un tiempo de duración de 5 horas.

Anexo 10

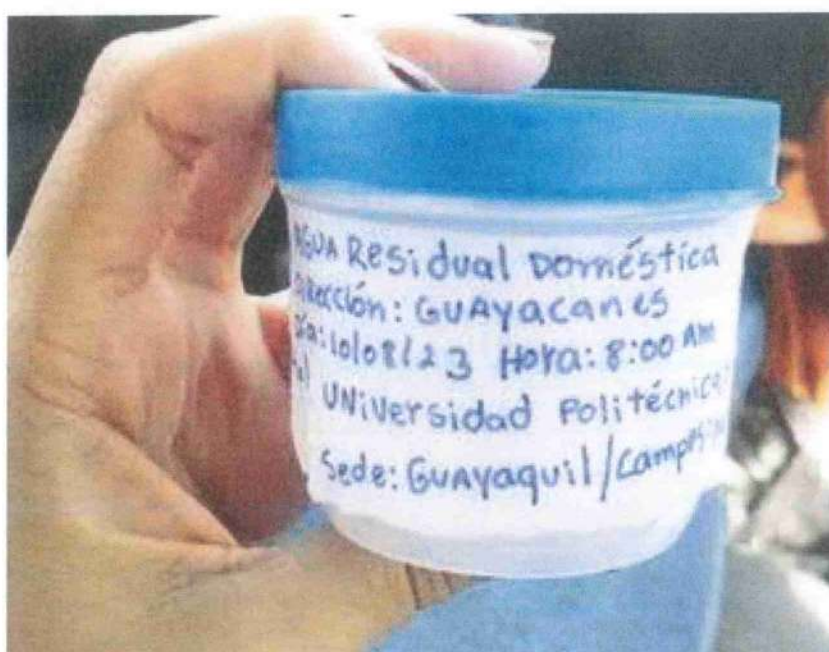
Muestras de agua residual doméstica



Fuente: Autores

Anexo 11

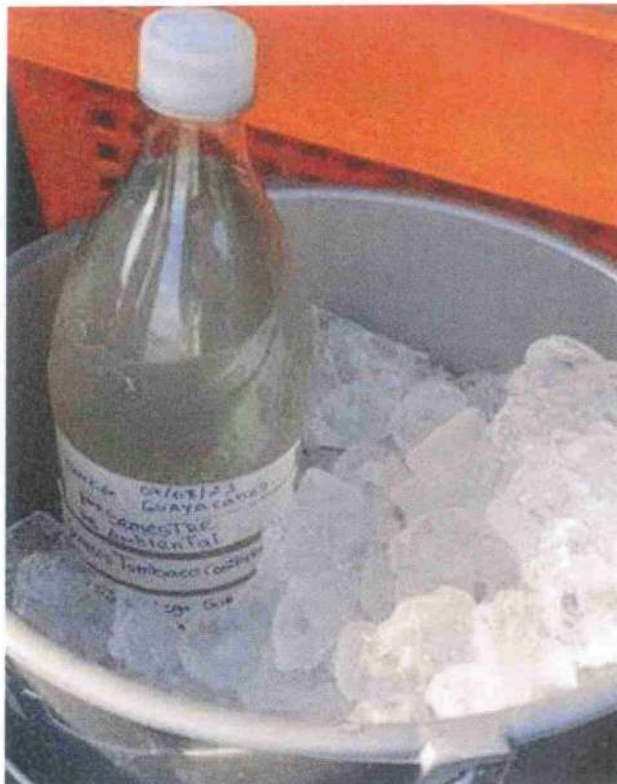
Muestras para el análisis de DBO5 y DQO



Fuente: Autores

Anexo 12

Muestra para el análisis de Sólidos Suspendedos Totales y Coliformes Totales



Fuente: Autores

Anexo 13

Dosis de Sulfato de Aluminio test de jarras



Fuente: Autores

Anexo 14
Medición del pH



Fuente: Autores

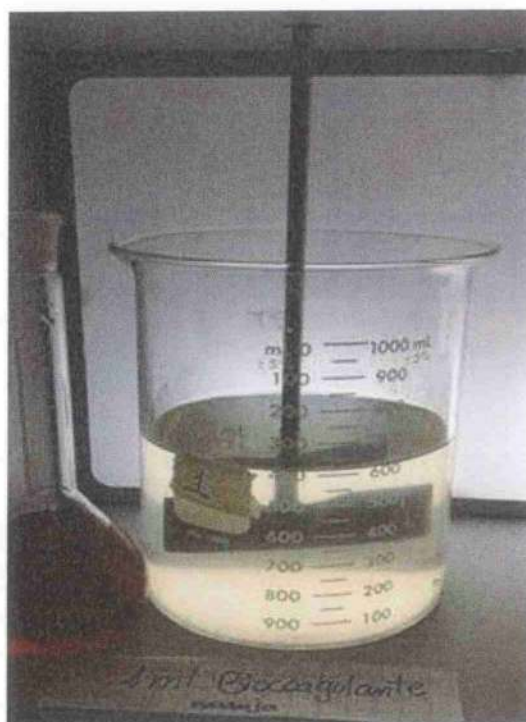
Anexo 15
Dosis de biocoagulante test de jarras



Fuente: Autores

Anexo 16

Muestra con 1ml de biocoagulante



Fuente: Autores

Anexo 17

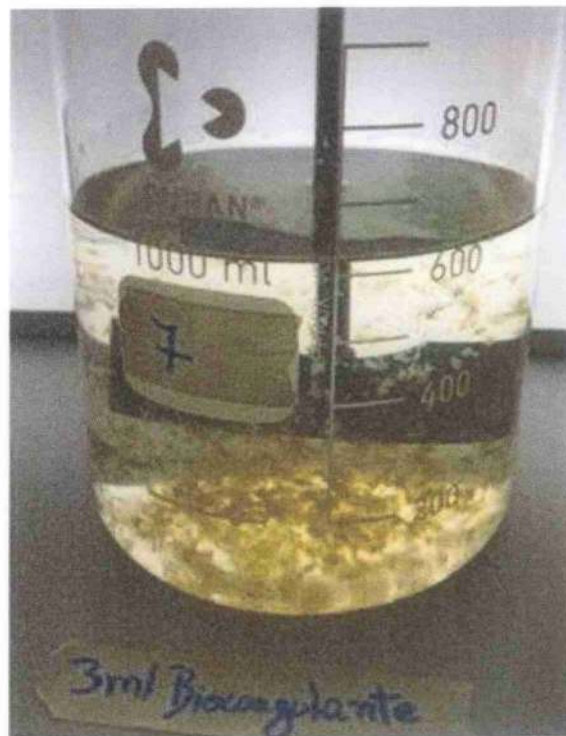
Muestra con 2ml de biocoagulante



Fuente: Autores

Anexo 18

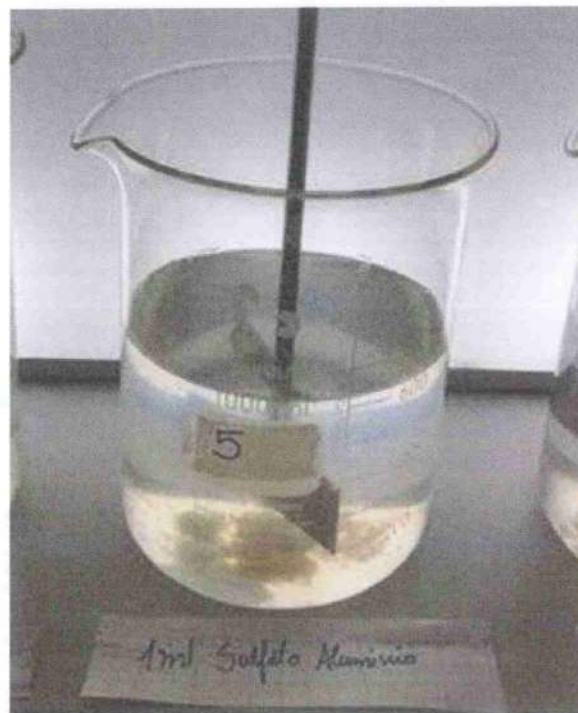
Muestra con 3 ml de biocoagulante



Fuente: Autores

Anexo 19

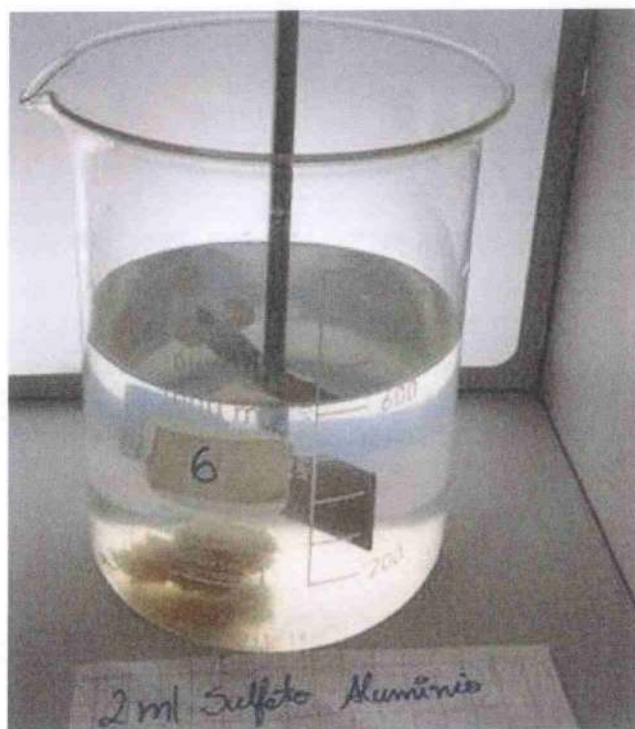
Muestra con 1ml de Sulfato de Aluminio



Fuente: Autores

Anexo 20

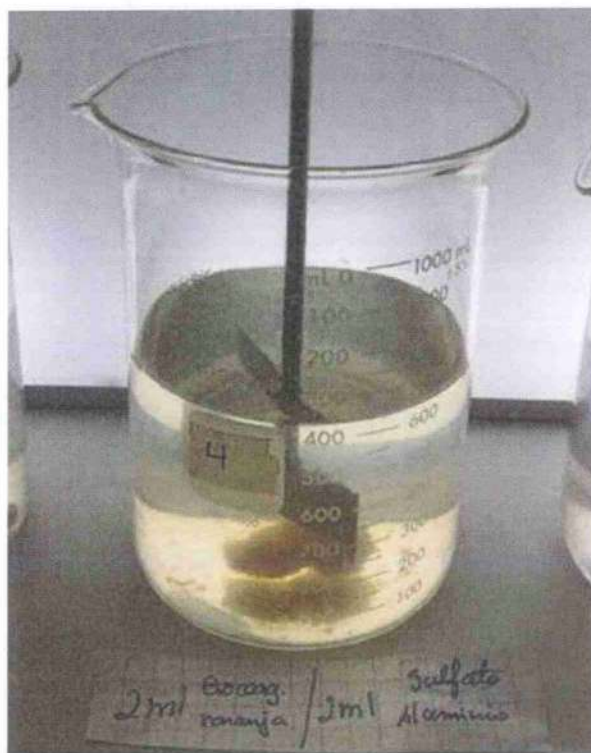
Muestra con 2ml de Sulfato de Aluminio



Fuente: Autores

Anexo 21

Muestra con 2ml de biocoagulante y 2ml de Sulfato de Aluminio



Fuente: Autores

Anexo 22

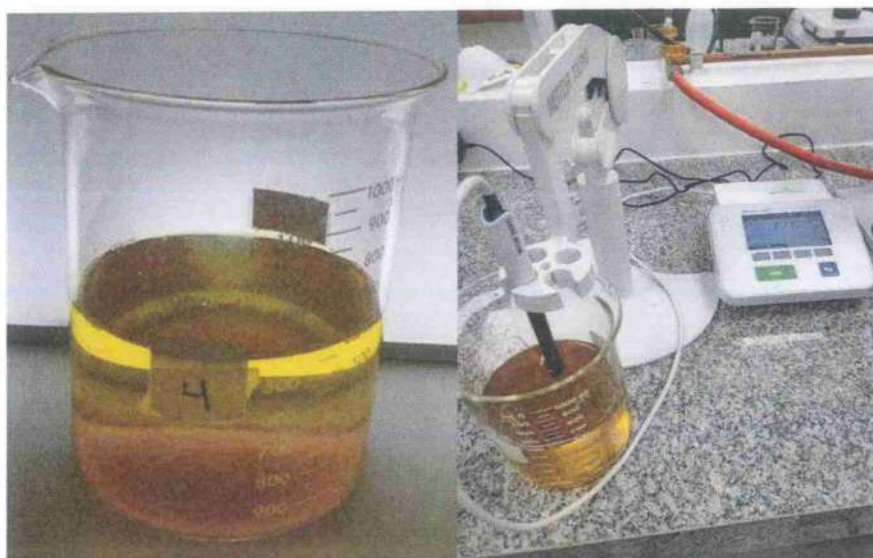
Muestra con 1ml de biocoagulante y 1ml de Sulfato de Aluminio



Fuente: Autores

Anexo 23

Muestra con 450ml de agua sin tratar y 150ml de agua tratada

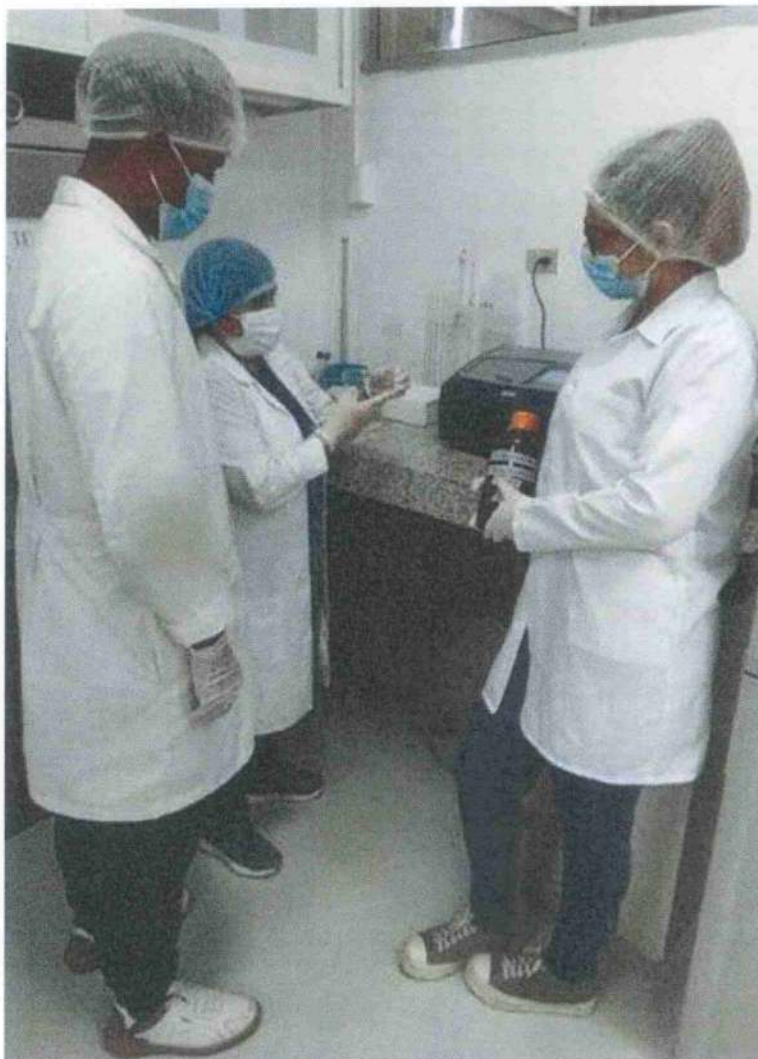


Nota: El pH de esta muestra fue de 7.21

Fuente: Autores

Anexo 24

Indicaciones para el análisis del color de las muestras



Nota: Ing. Gabriela Andrade, tutora de tesis
Fuente: Autores