

**DESARROLLO DE UN COAGULANTE A PARTIR DE LA CÁSCARA DE BANANO
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**JULIANA PELAYO DAZA
JULIANA ZÁRATE SANTANDER**

**Proyecto integral de Grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**Director
JUAN ANDRÉS SANDOVAL HERRERA
Ing. Químico.**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Juan Andrés Sandoval Herrera.

Director.

Presidente

Jurado.

Diana Marcela Cuesta Parra.

Jurado.

Ivonne Angulo de Castro.

Jurado.

Bogotá D.C. junio de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, Javier y Diana, por su apoyo incondicional en mi camino como estudiante del programa de Ingeniería Química de la Universidad de América. A mis tíos que me orientaron con buenos consejos en cada una de las etapas de esta carrera. A mi abuela María y a mis hermanos, Nicole y Sebastián, por ser una compañía constante en mi día a día.

Por último, a Dios, porque fue testigo de todos los momentos que viví durante mi carrera que me hicieron muy feliz.

Juliana Pelayo Daza

A mi mamá y hermana, por enseñarme el significado del esfuerzo y la perseverancia, por ser el mejor ejemplo de vida. A mi papá por su compañía y motivación. A mi hermano por sus palabras y ánimo.

A mis amigos, por caminar conmigo todos estos años, y por cada día recordarme el valor del amor, la escucha y la complicidad. Y a todos aquellos que en el proceso confiaron en mí.

Juliana Zárate Santander

AGRADECIMIENTOS

Para empezar, quiero agradecer a Dios por bendecirme con el apoyo de familiares, amigos, docentes y mi alma mater.

Este trabajo de grado no fue posible sin el apoyo incondicional de mis padres, Javier y Diana, y demás familiares que me alentaron a lo largo del proceso de investigación y escritura de esta tesis. Adicionalmente, quiero mencionar a mis amigos y compañeros por las incontables charlas sobre procedimientos que fueron esclarecedoras a la hora de realizar la metodología propuesta. Finalmente, agradezco a la Fundación universidad de américa por guiarme a través de docentes que me orientaron en la solución de mis dudas en mi tema de investigación y por facilitar el préstamo de las instalaciones.

A todos ellos les extiendo mis más profundos agradecimientos.

Juliana Pelayo Daza

Inicialmente, agradezco a Dios por ser una constante en mi vida, y por brindarme la fuerza necesaria en cada etapa de mi vida. A mis papás por permitirme desde el esfuerzo, cumplir mis sueños y aspiraciones. A mis hermanos por ser el amor incondicional que rompe todo miedo. A mis amigos por alumbrar en medio del caos.

Finalmente agradezco a nuestro director Juan Sandoval, y a cada uno de los profesores presentes durante estos años, y la Universidad de América, por ser el pilar fundamental en mi construcción profesional.

Juliana Zárate Santander

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables de los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 Residuos agroindustriales	15
1.2 Banano	15
1.2.1 Residuos de Banano	15
1.2.2 Composición	16
1.2.3 Usos	16
1.3 Obtención de extracto seco	17
1.3.1 Método seco	17
1.3.2 Método húmedo	17
1.4 Recursos hídricos	17
1.4.1 Calidad del agua	17
1.4.2 pH	17
1.4.3 Turbiedad	17
1.4.4 Conductividad	18
1.4.5 Agua Cruda	18
1.5 Test de jarras	18
1.6 Coagulantes	19
1.6.1 Coagulantes naturales	19
1.6.2 Coagulantes industriales	19
1.6.3 Mecanismos de coagulación	20
2. MARCO LEGAL	21
3. METODOLOGÍA Y DATOS	22
3.1 Materia prima	22
3.1.1 Cáscara de banano	22
3.1.2 Agua cruda	23
3.2 Pre-experimentación	23

3.2.1	<i>Método húmedo</i>	23
3.2.2	<i>Método seco</i>	24
3.2.3	<i>Comparación de porcentaje de rendimiento</i>	24
3.3	Obtención del coagulante	26
3.3.1	<i>Extracción por método seco</i>	26
3.4	Determinación de la acción del coagulante	28
3.4.1	<i>Análisis fisicoquímico del agua cruda</i>	28
3.4.2	<i>Experimentación test de jarras</i>	31
3.5	Comparación del coagulante natural con uno metálico	39
3.5.1	<i>Test de jarras</i>	40
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
4.1	Pérdidas obtención del extracto seco	44
4.2	Caracterización del recurso hídrico	46
4.3	Evaluación de la acción coagulante del extracto seco	47
4.4	Índice de remoción de turbiedad	52
5.	CONCLUSIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA	56
	ANEXOS	61

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Resultados generales inventario GEI año 2012	13
Figura 2. Cáscara de banano	22
Figura 3. Extracción por el método húmedo	23
Figura 4. Extracción por el método seco	24
Figura 5. Reducción del tamaño de partícula y secado	26
Figura 6. Proceso de molienda	28
Figura 7. Conductímetro portable	29
Figura 8. Medidor de pH	30
Figura 9. Medidor de turbiedad	31
Figura 10. Test de jarras con variación de concentración	33
Figura 11. Test de jarras con variación de pH	37
Figura 12. Test de jarras con el coagulante industrial	40
Figura 13. Partes de un molino de bolas	45
Figura 14. Composición química promedio del almidón de banano verde en base seca, comparado con las de otros autores	46
Figura 15. Gráfica de la concentración vs turbiedad en escala logarítmica	48
Figura 16. Gráfica de concentración vs pH.	49
Figura 17. Gráfica de concentración vs conductividad	50
Figura 18. Resultados de la conductividad en el test de jarras con variación de pH	51
Figura 19. Resultados de la turbiedad en el test de jarras con variación de pH	52
Figura 20. Ficha Técnica Ácido Clorhídrico 3%	62
Figura 21. Ficha Técnica Hidróxido De Sodio 5%	65
Figura 22. Ficha Técnica Sulfato De Aluminio 1%	69
Figura 23. Normativa Resolución 2115 Del 2007	73

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición de la cáscara de banano	16
Tabla 2. Parámetros resolución 2115 de 2007	21
Tabla 3. Resultados Pre-experimentación	25
Tabla 4. Resultados análisis fisicoquímico del agua	31
Tabla 5. Resultados con una concentración de 4 mg/L	33
Tabla 6. Resultados con una concentración de 10 mg/L	34
Tabla 7. Resultados con una concentración de 20 mg/L	34
Tabla 8. Resultados con una concentración de 30 mg/L	35
Tabla 9. Resultados con una concentración de 40 mg/L	35
Tabla 10. Resultados con una concentración de 50 mg/L	36
Tabla 11. Resultados con un pH de 10,29	37
Tabla 12. Resultados con un pH de 11,56	38
Tabla 13. Resultados con un pH de 7,24	38
Tabla 14. Resultados con un pH de 4,44	39
Tabla 15. Resultados con un pH de 3,87	39
Tabla 16. Resultados con una concentración de 4 mg/L de coagulante	41
Tabla 17. Resultados con una concentración de 10 mg/L de coagulante	41
Tabla 18. Resultados con una concentración de 20 mg/L de coagulante	42
Tabla 19. Resultados con una concentración de 30 mg/L de coagulante	42
Tabla 20. Resultados con una concentración de 40 mg/L de coagulante	43
Tabla 21. Resultados con una concentración de 50 mg/L de coagulante	43
Tabla 22. Pérdidas por proceso	44
Tabla 23. Resultados del índice de remoción de turbiedad	53

RESUMEN

La implementación de coagulantes en el tratamiento de aguas residuales corresponde a uno de los métodos utilizados con mayor frecuencia debido a su alta efectividad. Sin embargo, existen implicaciones ambientales y altos costos generados en la producción de los mismos, debido a su origen industrial. A causa de dicha coyuntura, resulta pertinente ejecutar procesos en los cuales la materia prima consista en un residuo agrícola, existente en grandes magnitudes que disminuya significativamente el impacto ambiental; como lo es la creación de un coagulante a partir de la cáscara de banano, que no solo dará solución a un problema de acumulación de residuos, sino que a su vez minimizará la contaminación del suelo, el agua y el aire, la bioacumulación de sustancias y el deterioro del entorno. En el presente proyecto de grado, se tiene como finalidad demostrar la acción coagulante de la cáscara de banano en el tratamiento de aguas residuales, para esto, se realizaron ensayos de extracción, mediante método húmedo y seco, escogiendo aquel con mayor eficiencia el cual correspondió a la metodología seca. Con el coagulante obtenido se realizaron distintas pruebas bajo la metodología del test de jarras, haciendo variaciones de pH y concentración, analizando remoción de turbidez, conductividad y cambios en la acidificación y alcalinización del medio. Adicionalmente, se efectuó una comparación con el sulfato de aluminio, obteniéndose así, un porcentaje de remoción de turbiedad equivalente al 94,59% para este y de 86,90% para el orgánico.

PALABRAS CLAVE: Cáscara de banano, Coagulante, Turbiedad, Agua cruda, Conductividad, Remoción, Sulfato de aluminio.

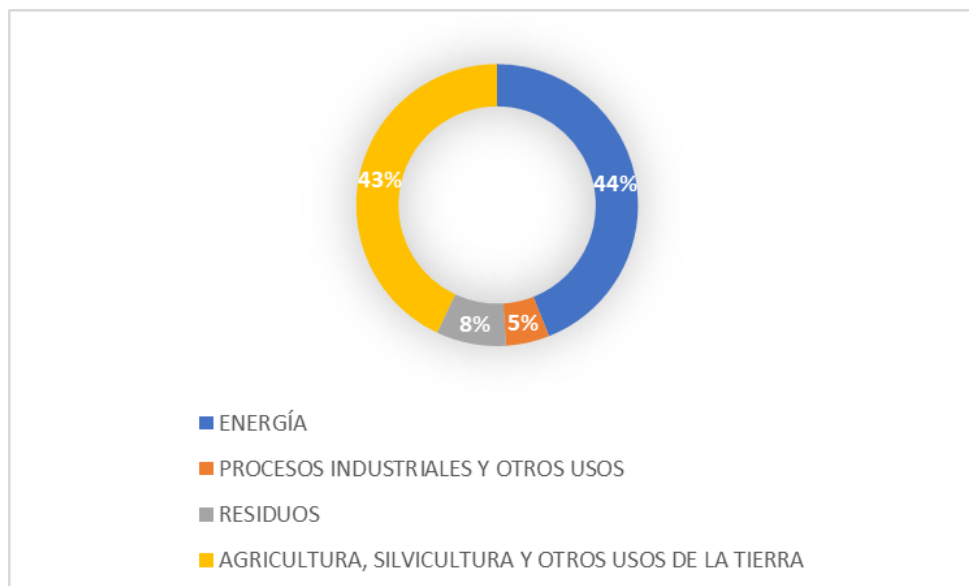
INTRODUCCIÓN

En las industrias agrícolas los residuos representan una gran problemática ambiental, ya que no son aprovechados debido al alto costo de reutilización [1] y al poco conocimiento que se tiene sobre las diferentes transformaciones que pueden ser aplicadas para no desecharlos y así construir una economía circular que impida la acumulación de residuos, desencadenantes de emisiones contaminantes e implicaciones en la salubridad.

Mediante la figura 1 es posible afirmar que los residuos provenientes de la agricultura representan el 43% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero que se generaron en ese año [2]; así mismo, “en el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente” [3] cifras que evidencian la falta de control que se tiene sobre los mismos, y a pesar de que el problema radica en temas medioambientales, incide directamente en aspectos económicos, puesto que se requiere de una alta inversión para gestionar el almacenamiento de residuos en rellenos sanitarios, incluyendo los costos ambientales que derivan de su operación y control.

Figura 1.

Resultados generales inventario GEI año 2012



Nota. La figura representa la distribución de emisiones de gases de efecto invernadero para cada sector. Tomado de: A. D. Pulido Guio, R. Jiménez, J. D. Turriago, and J. E. Mendoza, “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI),” Bogotá, Colombia, 2015. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf.

A pesar de que dentro de la legislación colombiana existen entidades que se encargan de gestionar todo lo relacionado a los residuos y a sus transformaciones, no suelen contemplar los materiales provenientes de la industria agrícola, los cuales representan el 61% del total de los residuos sólidos generados y la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en el momento en el que son llevados y acumulados en los rellenos sanitarios [4].

Es por ello que se decidió hacer uso de la cáscara de banano como materia prima, ya que “Existe un problema ambiental en las zonas bananeras colombianas, debido a la producción de más de 250 mil toneladas por año de fruta no exportada y unos 75 millones de vástagos apilados en el campo sin ningún tipo de tratamiento” [5] y a esta cifra se suman las cáscaras desechadas por los diferentes sectores, que al ser acumuladas en grandes volúmenes dificultan la manipulación y el debido tratamiento, desencadenando así la aparición de hongos e implicaciones en la salubridad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un coagulante natural haciendo uso de la cáscara de banano para el tratamiento de aguas residuales.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado inicial de las muestras recolectadas de cáscara de banano seleccionado la más adecuada para su uso como coagulante.
- Establecer el método más eficiente para la obtención del almidón de la cáscara de banano.
- Determinar la acción coagulante del almidón en el tratamiento de aguas residuales a nivel experimental.
- Comparar la eficiencia del coagulante natural respecto a uno utilizado industrialmente.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hablará de las generalidades de los residuos agroindustriales, haciendo énfasis en la cascará de banano, su composición y principales características; así como los métodos existentes para la obtención de extracto seco, los recursos hídricos, su clasificación según la normativa, mecanismo de tratamiento a nivel de laboratorio y por último una amplia descripción de los coagulantes.

1.1 Residuos agroindustriales

“Los residuos agroindustriales son productos orgánicos sólidos, semisólidos y líquidos generados a partir del uso directo de productos primarios o de su industrialización, no útiles para el proceso que los generó, pero sí susceptibles de un aprovechamiento o transformación que genere otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social” [6]. Muchas estas industrias no tienen algún plan para estos residuos, debido al alto costo de su reutilización y, por el contrario, los ubican junto con los desechos en los vertederos o rellenos sanitarios [7].

Actualmente, la industria busca nuevos procesos de producción que sean más eficientes y que generen bajo impacto en el medio ambiente.” Dentro de estos nuevos procesos se ha encontrado la necesidad de disminuir la explotación de los recursos naturales aprovechando los residuos generados en la industria” [8]. Del mismo modo, el aprovechamiento de estos residuos o subproductos no solo contribuye a disminuir la explotación de recursos sino también a la contaminación y degradación del ecosistema, evitando una disposición final inadecuada como es el caso de las quemadas, el uso en rellenos sanitarios o el vertimiento a fuentes hídricas [9].

1.2 Banano

1.2.1 Residuos de Banano

En el mundo, en promedio, entre el 30% y el 40% del total de alimentos generados, son desperdiciado durante la producción, el transporte y el consumo. En el año 2018 se presenciaron aproximadamente 3,5 millones de toneladas de desechos de cáscara de plátano derivadas de las industrias alimentarias. Beijing y Shanghái, dos de las ciudades más pobladas de China, produjeron aproximadamente 1,3 millones de toneladas de residuo de fruta por día. China es el segundo mayor productor de banano (12,1 Mt) después de India (27,6 Mt), seguido de Filipinas (8,6 Mt) y Brasil

(6,9 Mt). La cáscara de plátano representa entre el 30 al 40 % del peso total de la fruta, que contiene alrededor de 60 a 65 % de celulosa, 6 a 8 % de hemicelulosa y 5 a 10 % de lignina [10].

1.2.2 Composición

Tabla 1.

Composición de la cáscara de banano

Composición	Contenido aproximado, % DM
Almidón	3-5-6,3
Almidón resistente	2,3-2,5
Proteína cruda	5,5-7,87
Grasa cruda	2,24-11,6
Cenizas	9,0-11
Carbohidratos	39,51-76,58
Humedad	62,33-0,14

Nota. Esta tabla muestra la composición nutricional aproximada de la cáscara de banano. Tomado de: [1]H. Mohd Zaini, J. Roslan, S. Saallah, E. Munsu, N. Sulaiman and W. Pindi, "Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry", ScienceDirect, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464622001244#:~:text=The%20incorporation%20of%20banana%20peel,particularly%20in%20meat%2Dbased%20products>. [Accessed: 22- Jun- 2022].

1.2.3 Usos

La cáscara de banano es utilizada como fertilizante agroindustrial, principalmente para tratar el hongo del tomate, también los taninos que contiene la cáscara de banano maduro son utilizados como agentes curtientes en el procesamiento del cuero, y en el campo medicina es altamente utilizada [11].

1.3 Obtención de extracto seco

1.3.1 Método seco

Se puede conceptualizar y explicar bajo el proceso en el cual, se tiene como punto de partida, la molienda del fruto, seguida de la implementación de una secuencia de secado, que permite obtener como producto partículas muy finas para su posterior tamizado y obtención del extracto seco [12].

1.3.2 Método húmedo

A diferencia del método seco, la fase inicial en este caso consiste en “la trituración o reducción del tamaño del guineo y retirar del medio líquido aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes, como la fibra y proteína, posteriormente, se facilita la eliminación del agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón y finalmente someter el almidón purificado a secado” [13].

1.4 Recursos hídricos

1.4.1 Calidad del agua

Conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que se deben satisfacer con el fin de que el agua suministrada sea segura para la población [14].

1.4.2 pH

El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7,0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7,0 se consideran ácidos. Las soluciones con un pH por encima de 7,0, hasta 14,0 se consideran bases o alcalinos. El pH del agua pura (H_2O) es 7 a 25 °C, pero cuando se expone al dióxido de carbono en la atmósfera este equilibrio resulta en un pH de aproximadamente 5,2. Debido a la asociación de pH con los gases atmosféricos y la temperatura. En general, un agua con un pH bajo < 6,5 podría ser ácida y corrosiva [15].

1.4.3 Turbiedad

“Se define como la propiedad óptica de una suspensión, que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de la suspensión. Es uno de los parámetros más relevantes en el control de la

calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica.” [16].

1.4.4 Conductividad

La conductividad eléctrica (CE) del agua es la medida de su capacidad para transportar la corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades la CE se expresa como siemens por metro (S/m), pero por simplicidad se utiliza $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25°C . La conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua [17].

1.4.5 Agua Cruda

El agua cruda a diferencia de la residual que corresponde a cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica [18], hace referencia a toda aquel recurso hídrico que no ha sido expuesto ningún tratamiento y que no se encuentra inmerso en la red de distribución. Por lo general las aguas crudas conforman fuentes y reservas naturales tanto de aguas superficiales, como de aguas subterráneas. [19]

1.5 Test de jarras

Método utilizado cuando se requiere determinar la dosis óptima de coagulantes, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente; así como para establecer las dosis óptimas de polímero a ser utilizado en procesos de deshidratación de lodos. Con este procedimiento se determina las condiciones óptimas a pequeña escala lo más representativas con el objetivo de predecir el funcionamiento de una operación unitaria a gran escala. Se programa primero una mezcla rápida de corta duración, aproximadamente 1 minuto, seguida de una mezcla lenta de aproximadamente 20 minutos; al final se deja reposar y se procede a extraer una muestra del agua clarificada mediante la ayuda de las llaves que existen en cada jarra; luego se analizan los parámetros que se consideren más representativos como pH, Turbiedad, Temperatura, DQO, Fosfatos, y demás dependiendo del proceso que se esté analizando [20].

1.6 Coagulantes

“El proceso de coagulación se basa en añadir al agua un electrolito, llamado coagulante, el cual es habitualmente una sal de hierro o aluminio. Su forma de actuación es la liberación de iones positivos capaces de atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga o mediante la formación de productos de baja solubilidad que precipitan arrastrando los coloides” [21].

1.6.1 Coagulantes naturales

En su mayoría son de origen vegetal, con presencia de agentes coagulantes activos como carbohidratos, taninos y proteínas. Se producen de manera espontánea por reacciones en animales y plantas, son biodegradables y no suelen presentar toxicidad [22].

Dentro de los coagulantes naturales se encuentra otros derivados del almidón, la celulosa, extractos vegetales, alginatos, ciertas gomas, guar, quitosan [23], taninos, moringa olifera y cactus [24]. Estas pueden tener propiedades catiónicas como la quitosan, los taninos y el almidón, aniónicas como los polisacáridos sulfatados y sus derivados y no iónicas como algunos derivados del almidón, derivados de celulosa, galactomanosa y gelatinas [23].

Por otro lado, existen del almidón dos tipos [23]:

Amilasa: Polímero lineal insoluble; es un agente coagulante con más efectividad de los almidones. Se encuentra entre un 15% y 20% en el almidón y puede ser transformada en soluble mediante calentamiento [25].

Amilopectina: Altamente ramificada y parcialmente soluble en agua. Se encuentra entre un 80% y 85% en el almidón [25].

1.6.2 Coagulantes industriales

Son polímeros solubles en agua que están basados en unidades repetidas de varios monómeros tales como acrilamida y ácido acrílico. En la mayoría de los casos, se derivan de materias primas basadas de petróleo y no renovables [22].

1.6.3 Mecanismos de coagulación

La coagulación se considera como el resultado de cuatro mecanismos. El primero de ellos es la compresión de la doble capa, en la cual, debido a la presencia de electrolitos se estabilizan las partículas haciendo que las interacciones electrostáticas sean sobrepasadas por las fuerzas atractivas de Van der Waals y ocurra la coagulación; el segundo mecanismo corresponde a la adsorción y neutralización de las cargas, que suele ocurrir en el momento en que las partículas suspendidas en la solución se acercan a iones con cargas opuestas. En tercer lugar, se tiene el barrido, en este caso, las partículas coloidales son envueltas por los precipitados y pueden ser eliminadas fácilmente. Por último, se presenta el puente interparticular en el que se usa una variedad significativa de compuestos orgánicos sintéticos y naturales caracterizados por grandes cadenas moleculares, que gozan de la propiedad de presentar sitios ionizables a lo largo de la cadena y de actuar como coagulantes [26].

2. MARCO LEGAL

La norma inicial que rige la calidad del agua en Colombia está dada por el Decreto 1575 y su resolución 2115 del año 2007 [27] (Tabla 2.), por medio de la cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Tabla 2.

Parámetros resolución 2115 de 2007

Propiedades físicas y químicas	Valor máximo aceptado
Color aparente	15 (UPC)
Turbiedad	2 (UNT)
Cloro residual	0,3 a 2,0 (mg/L)
pH	6,5 a 9,0 (mg/L)
Nitratos	10 (mg/L)
Fluoruros	1,0 (mg/L)
Alcalinidad total	200 (mg/L)
Cloruros	250 (mg/L)
Dureza total	300 (mg/L)
Hierro total	0,3 (mg/L)
Magnesio	36 (mg/L)
Fosfatos	0,5 (mg/L)
Mercurio	0,001 (mg/L)

Nota. En la tabla se muestran los parámetros de mayor relevancia y control en el monitoreo de la calidad de agua. Tomado de: Ministerio de la Protección Social and V. y D. T. Ministerio de Ambiente, Resolución 2115 de 2007. Colombia, 2007
[https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE /DE /DIJ / Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf)

3. METODOLOGÍA Y DATOS

En este capítulo se describirán todos los procesos y análisis que fueron llevados a cabo en el desarrollo del coagulante, evaluando a su vez, las variables fundamentales en el proyecto y del mismo modo, la comparación de la eficiencia del coagulante orgánico con el industrial.

3.1 Materia prima

3.1.1 Cáscara de banano

Se utilizaron cáscaras de banano recolectadas en la finca “La antioqueña” ubicada en Mesitas, Cundinamarca, las cuales, como se puede ver en la Figura 2., fueron clasificadas según el estado de descomposición, con el fin de seleccionar aquellas que contaran con el menor grado de degradación y maduración y someterlas a los diferentes procesos, para la obtención del extracto seco.

Figura 2.

Cáscara de banano



Nota. Cáscara de banano para la realización del coagulante orgánico.

3.1.2 Agua cruda

El agua a tratar fue recolectada en la finca “La Antioqueña” proveniente de la quebrada aledaña al complejo rural. Se le realizaron una serie de análisis fisicoquímicos, tales como conductividad, turbiedad y pH, los cuales serán especificados en los siguientes capítulos.

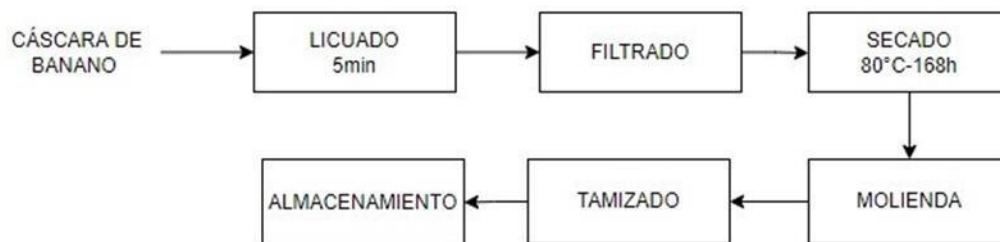
3.2 Pre-experimentación

3.2.1 Método húmedo

Para la extracción mediante la metodología húmeda, se implementaron 147,47 g de cáscara de banano, llevando a cabo el procedimiento ilustrado en la Figura 3., que es mostrada a continuación.

Figura 3.

Extracción por el método húmedo



Nota. Pasos que se deben llevar a cabo para obtener el extracto seco por el método húmedo.

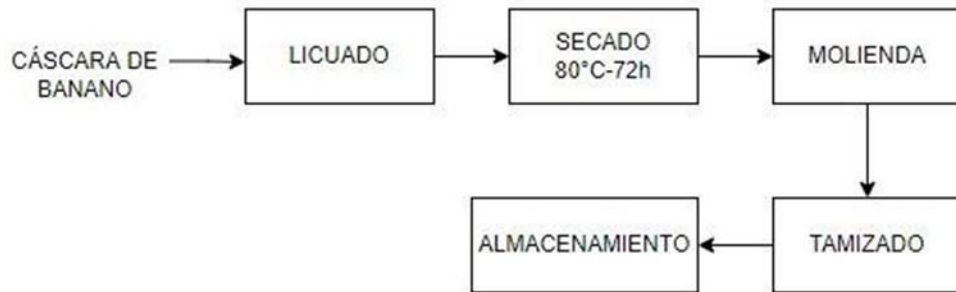
Luego de seleccionadas las cáscaras, se realizó el respectivo acondicionamiento, mediante el lavado de la fibra con agua destilada, buscando eliminar todos los contaminantes e impurezas que pudieran presentar. Posteriormente, con el fin de disminuir el tamaño de partícula, se realizaron una serie de incisuras en cada una de las fibras; seguidamente, fueron llevadas a un procesador de alimentos, por un tiempo estimado de 5 minutos. El producto obtenido, se sometió a un proceso de filtración haciendo uso de un filtro de tela, hasta que se retiró parcialmente el agua que estaba en contacto con la cáscara. Para el proceso de secado se operó en un horno a una temperatura constante de 80 °C, durante 168 h, finalizado el tiempo y la remoción total del agua presente en la fibra, se procede con molienda, en un molino de bolas por aproximadamente 10 minutos, permitiendo obtener un polvo fino, que más adelante fue transportado a un tamiz con mallas N° 45, 60, 80, 100 y 120. Por último, es almacenado herméticamente para su posterior evaluación.

3.2.2 Método seco

Para la obtención del extracto seco mediante la metodología seca, se implementaron 145,74 g de cáscara de banana, llevando a cabo el procedimiento ilustrado en la siguiente Figura 4.

Figura 4.

Extracción por el método seco



Nota. Pasos que se deben llevar a cabo para la obtención extracto seco por el método seco.

Para este caso se procede de manera similar que en el método anterior. Fue necesario disminuir el tamaño de la cáscara mediante licuado; seguidamente se llevó a cabo la etapa de secado a una temperatura aproximada de 80°C durante un tiempo promedio de 72 horas; posteriormente, se realizó el proceso de molienda y el producto obtenido se trasladó a un tamiz y finalmente fue almacenado.

3.2.3 Comparación de porcentaje de rendimiento

Finalizados ambos métodos de extracción, se compararon sus rendimientos y se analizaron las variables implicadas para determinar el indicado en la obtención del coagulante. Para ello se hizo uso de la Ecuación 1., en la cual, Pf, representa el peso final, Pi, el inicial y %R, equivale al porcentaje de rendimiento para cada uno de los métodos.

Ecuación 1.

Porcentaje de rendimiento

$$\%R = \left(\frac{P_f}{P_i}\right) * 100$$

Nota. Tomado de: O. Vargas, J.M. Trujillo, M. Torres, *Vista de El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento*, Universidad de los Llanos, Villaviciencio, Colombia, 2019, [Online]. Available: <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/575/pdf> [Accessed:30- May- 2022]

Como se puede evidenciar en la Tabla 3., la metodología con un mayor rendimiento y por ende una mayor obtención del extracto seco, corresponde al método seco, a su vez, se presenta un menor consumo energético a la hora del secado, lo cual incide de forma directa en lo asociado a los costos operativos. Es por eso por lo que el método escogido para obtener el coagulante es el mencionado anteriormente.

Tabla 3.

Resultados Pre-experimentación

Método de extracción	Peso cáscara, g	Peso extracto seco, g	Rendimiento, %
Húmedo	145,74	74,88	51,380
Seco	146,47	80,60	55,030

Nota. Porcentaje de rendimiento.

3.3 Obtención del coagulante

3.3.1 Extracción por método seco

En la fase de experimentación se emplearon 972,73 g de cáscara de banano, que habían sido expuestas a un proceso de remoción de impurezas, y se sigue rigurosamente la misma secuencia evidenciada en la Figura 4. Iniciando con el acondicionamiento de la fibra, etapa conformada por la limpieza con agua destilada y el fraccionamiento mediante pequeños cortes laterales, seguidamente se realizó el licuado y la posterior etapa de secado, procesos que pueden ser evidenciados en la Figura 5.

Figura 5.

Reducción del tamaño de partícula y secado



Nota. Cortes laterales de la fibra, ilustración al lado izquierdo, secado en el horno a 80°C, lado derecho.

Finalizada la etapa de secado, se debe disponer de un molino de bolas, para reducir el tamaño de partícula, de la fibra que ha sido deshidratada. Para este caso se utilizó el equipo mostrado en la Figura 6., el cual contaba con múltiples esferas de cerámica, que facilitaban la fricción y permitían un producto con una consistencia mucho más fina.

Figura 6.

Proceso de molienda



Nota. Se utilizó un molino de bolas por un tiempo promedio de 10 minutos.

3.4 Determinación de la acción del coagulante

3.4.1 Análisis fisicoquímico del agua cruda

Luego de recolectar la muestra a tratar, se procede con su respectiva caracterización, evaluando los distintos parámetros, tales como, conductividad, pH y turbiedad.

3.4.1.i. Determinación de conductividad. Para conocer el valor de la conductividad del recurso hídrico en cuestión, se implementó un conductímetro del tipo ECTestr 11 Portable Conductivity Meter, como se muestra en la Figura 7. Este equipo cuenta con una alta precisión, que abarca hasta 3 rangos de conductividad de 0-200,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 0-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; y 0-20,00 mS/cm [28].

Figura 7.

Conductímetro portable



Nota. ECTestr 11 Portable Conductivity Meter.

3.4.1.ii. Determinación de pH. La estimación del pH del agua cruda se hizo mediante el uso del equipo que se muestra en la Figura 8, catalogado comercialmente como, SI Analytics pH meter Lab 845 Set / BL25pH, el cual cuenta con un rango de medición de 0 a 14, una resolución equivalente a 0,01 y una precisión de ± 2 en el punto de calibración [29].

Figura 8.

Medidor de pH



Nota. SI Analytics pH meter Lab 845 Set / BL25pH.

3.4.1.iii. Determinación de turbiedad. En este punto del proceso, se utilizó un turbidímetro portátil, del tipo, Turbiquant® 1100 IR, MERCK, como el que se puede observar en la Figura 9. Dicho equipo, cuenta con una exactitud de +/-2% de la lectura o +/-0,1 NTU para un intervalo de 0 a 500 NTU/-3% del intervalo de lectura 500 a 1100 NTU [30].

Figura 9.

Medidor de turbiedad



Nota. Turbiquant® 1100 IR, MERCK.

En la Tabla 4, se muestran los resultados obtenidos para la turbiedad, la conductividad y el pH luego de la evaluación del recurso hídrico a tratar. En estos cálculos se realizaron tres mediciones con el fin, de disminuir el margen de error.

Tabla 4.

Resultados análisis fisicoquímico del agua

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
82,6	50,73	9,37
84,8	52,77	8,25
84,5	55,03	8,61
Promedio	Promedio	Promedio
83,97	52,84	8,74

Nota. Se observan los resultados de conductividad, turbiedad y pH obtenidos.

3.4.2 Experimentación test de jarras

Para probar la acción coagulante del extracto seco obtenido, se debe realizar la prueba de jarras, en el cual se tendrán 6 muestras de 500 mL cada una, inicialmente con diferentes cantidades del

coagulante y posteriormente generando una variación de pH en cada una de las muestras, con el fin de verificar los rangos a los cuales el coagulante será eficiente.

3.4.2.i. Variación de concentración. Como se muestra en la Figura 10., se cuenta con 6 muestras de 500 mL cada una, con diferentes concentraciones del coagulante correspondientes a 4 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L y 50 mg/L. Estas concentraciones fueron calculadas, utilizando la Ecuación 2, la cual se multiplica por mil, con el fin de dejar la concentración en partes por millón.

Ecuación 2.

Fórmula concentración

$$C = \frac{\text{Masa soluto}}{(\text{Volumen disolución})} \times 1000$$

Nota. Se observa el procedimiento utilizado para calcular la concentración.

El equipo se programa inicialmente a 100 rpm para realizar una mezcla rápida de 4 minutos aproximadamente, seguida de una agitación lenta que dure alrededor de 25 minutos a 40 rpm. Pasado el respectivo tiempo se deja reposar lo necesario para observar la sedimentación, a continuación, se extrae una muestra de cada jarra y se analiza la variación del pH y la turbiedad para cada concentración obteniendo los datos evidenciados en las siguientes tablas. Este proceso se realizó con las condiciones propuestas por M. Priyatharishini, N. M. Mokhtar, R. A. Kristanti [31].

Figura 10.

Test de jarras con variación de concentración



Nota. Lado izquierdo, agitación a 40 rpm. Lado derecho toma de turbiedad para la segunda muestra.

La primera concentración de coagulante a evaluar correspondió a 0,004 g/L, valor que representó la tendencia evidenciada en la Tabla 5., luego de las tres tomas realizadas para cada propiedad del agua a tratar.

Tabla 5.

Resultados con una concentración de 4 mg/L

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
555	6,5	7,12
557	7,98	6,61
627	6,28	6,44
Promedio		
579,67	6,92	6,72
Desviación		
41,00	0,92	0,35

Nota. Promedio variables evaluadas a 4 mg/L.

Posteriormente, se dio continuidad al desarrollo del proceso, utilizando una concentración de 0,01 g/L del extracto seco de la cáscara de banano, la cual, luego de actuar sobre el volumen de agua dispuesto, generó los datos expuestos en la Tabla 6.

Tabla 6.*Resultados con una concentración de 10 mg/L*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
1117	13,12	6,60
1153	12,09	6,42
1158	12,44	6,40
Promedio		
1142,67	12,55	6,47
Desviación		
22,37	0,52	0,11

Nota. Promedio variables evaluadas a 10 mg/L.

La siguiente muestra que fue evaluada, correspondió a aquella que contaba con 10 g de coagulante, que, al estar disuelto en 500 mL del recurso hídrico, representó una concentración de 0,02 g/L, cuyos valores en cuanto, a conductividad, turbiedad y pH, se encuentran plasmados en la Tabla 7.

Tabla 7.*Resultados con una concentración de 20 mg/L*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
2,73	18,04	6,65
2,68	19,99	6,14
2,59	19,25	6,10
Promedio		
2,67	19,09	6,30
Desviación		
0,07	0,98	0,31

Nota. Promedio variables evaluadas a 20 mg/L.

A continuación, se sometió a distintas pruebas el agua cruda, que fue expuesta a una concentración total de 0,03 g/L del coagulante obtenido en anteriores procesos. El promedio resultante en las tomas realizadas se encuentra inmerso en la Tabla 8.

Tabla 8.*Resultados con una concentración de 30 mg/L*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
4,09	30,07	6,00
3,39	30,11	5,73
2,86	29,34	5,71
Promedio		
3,45	29,84	5,81
Desviación		
0,62	0,43	0,16

Nota. Promedio variables evaluadas a 30 mg/L.

A la quinta muestra del recurso hídrico a evaluar, se le adicionaron 20 g del extracto seco contenido en la fibra natural de la cáscara del banano, generando una concentración equivalente a 0,04 g/L. Seguidamente se realizó la caracterización del agua contaminada y se obtuvieron los resultados de la Tabla 9.

Tabla 9.*Resultados con una concentración de 40 mg/L*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
4,09	40,92	5,92
3,39	30,10	5,80
2,86	31,20	5,74
Promedio		
3,45	34,07	5,82
Desviación		
0,62	5,95	0,09

Nota. Promedio variables evaluadas a 40 mg/L.

Finalmente se implementaron 25 g del coagulante orgánico obtenido por método seco, luego de ser adicionados a la muestra de 500 mL, se generó una concentración de 0,05 g/L que, en primer lugar, la conductividad promediada fue de aproximadamente 3,45, la turbiedad de 44,96 NTU y por último el pH se estabilizó en un valor de 5,61, como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10.*Resultados con una concentración de 50 mg/L*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
4,09	46,06	5,62
3,39	45,12	5,61
2,86	43,69	5,59
Promedio		
3,45	44,96	5,61
Desviación		
0,62	1,19	0,02

Nota. Promedio variables evaluadas a 50 mg/L.

3.4.2.ii. Variación de pH. En este caso se ejecutó nuevamente la prueba de jarras programando el equipo bajo las mismas condiciones anteriormente mencionadas, pero esta vez, con una concentración equivalente a 4 mg/L (0,04 g/L), valor que representó una mayor eficiencia de remoción en la variación de concentración, adicionalmente se realizaron cambios en el pH de cada una de las muestras, para ello, se utilizó NaOH (5%) y HCl (3%), con el fin de verificar los rangos a los cuales el coagulante será eficiente. Los valores de pH que funcionaron como punto de partida, fueron, 10,29-11,56-7,24-4,44 y 3,87. Los resultados de conductividad y turbiedad derivados de estos valores se encuentran registrados en las siguientes tablas y el proceso se puede observar de forma detalla en la Figura 11.

Figura 11.

Test de jarras con variación de pH



Nota. Lado izquierdo, agitación a 40rpm. Lado derecho NaOH (5%) y HCl (3%).

En la fase inicial de la caracterización del recurso hídrico posterior a la adición del coagulante y a la modificación del pH, se determinó la conductividad y turbiedad para un pH de 10,29. Los resultados obtenidos en este proceso, fueron plasmados en la Tabla 11.

Tabla 11.

Resultados con un pH de 10,29

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU
344	28,58
335	23,38
330	27,13
Promedio	
336,33	26,36
Desviación	
7,09	2,68

Nota. Promedio variables evaluadas a un pH de 10,29.

Con el fin de realizar un cambio drástico en el pH de la muestra de agua, se hizo uso principalmente del hidróxido de sodio, compuesto que me permitió llegar a un estado básico, en este caso, equivalente a 11,56. Luego de obtener la conductividad y turbiedad de la mezcla, se generaron los resultados expuestos en la Tabla 12.

Tabla 12.*Resultados con un pH de 11,56*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU
605	23,58
629	25,56
624	23,96
Promedio	
619,33	24,37
Desviación	
12,66	1,05

Nota. Promedio variables evaluadas a un pH de 11,56.

Buscando conocer el comportamiento de la acción del coagulante cuando el medio hídrico se encuentra en un estado neutro, se llevó el pH a un valor aproximado de 7 y se promediaron los resultados de la Tabla 13.

Tabla 13.*Resultados con un pH de 7,24*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU
588	14,87
585	15,27
581	14,80
Promedio	
584,67	14,98
Desviación	
3,51	0,25

Nota. Promedio variables evaluadas a un pH de 7,24.

Haciendo uso del ácido clorhídrico al 3%, se acidifico el medio, para de esta manera observar la tendencia del extracto seco y su eficiencia en la remoción de impurezas y contaminantes a un pH de 4,44. Como se muestra en la Tabla 14, la conductividad es representada por un valor de 595,33 y la turbiedad permanece en un rango próximo al 13,13.

Tabla 14.

Resultados con un pH de 4,44

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU
601	13,11
598	13,13
587	13,14
Promedio	
595,33	13,13
Desviación	
7,37	0,02

Nota. Promedio variables evaluadas a un pH de 4,44.

Por último, se trabajó con un valor de pH del 3,87, cuyo comportamiento luego de exponerse al coagulante, es mostrado en la Tabla 15.

Tabla 15.

Resultados con un pH de 3,87

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU
804	12,83
803	13,42
802	13,52
Promedio	
803,00	13,26
Desviación	
1,00	0,37

Nota. Promedio variables evaluadas a un pH de 3,87.

3.5 Comparación del coagulante natural con uno metálico

Con el fin de evaluar la acción coagulante del extracto seco de la cáscara de banano, se selecciona al sulfato de aluminio, el cual corresponde a uno de los compuestos más utilizados a la hora de tratar aguas residuales, para poder evidenciar el paralelo entre estos dos materiales, se procede con la implementación de la prueba de jarras, esta vez, con el coagulante industrial.

3.5.1 Test de jarras

Se implementaron 6 muestras de 500 mL, cada una con un volumen diferente de sulfato de aluminio, los cuales, fueron distribuidos de la siguiente forma: 2, 5, 10, 15, 20 y 25 mL. El equipo se programó en primera instancia a 100 rpm para realizar una mezcla rápida de aproximadamente 4 minutos, seguida de una agitación lenta que dure alrededor de 25 minutos a 40 rpm [31], esta secuencia puede evidenciarse en las imágenes que confirman la Figura 12.

Posteriormente se dejó reposar hasta lograr la sedimentación; a continuación, se extrajo una muestra de cada jarra y se analizó la variación del pH y la turbiedad para cada concentración obteniendo los datos evidenciados en las siguientes tablas.

Figura 12.

Test de jarras con el coagulante industrial



Nota. Lado izquierdo, agitación a 40 rpm. Lado derecho Sulfato de Aluminio (1%).

La primera dosificación utilizada para evaluar la acción del coagulante industrial fue de 4 mg/L, valor en el cual se encontraron promedios de conductividad, turbiedad y pH, equivalentes a 336, 33 - 3,65 y 6,77, respectivamente. Dichos datos fueron tabulados en la Tabla 16.

Tabla 16.*Resultados con una concentración de 4 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
344	3,69	6,85
335	3,63	6,64
330	3,64	6,82
Promedio		
336,33	3,65	6,77
Desviación		
7,09	0,03	0,11

Nota. Promedio variables evaluadas a 4 mg/L.

En la Tabla 17, se pueden observar los resultados obtenidos en la caracterización del agua a tartar, luego de adicionar 10 mg/L de sulfato de aluminio. Con respecto a la conductividad los valores se sitúan en un rango que va de 162, 7 a 165,2, por otro lado, la turbiedad varía entre 2,95 y 3,11 NTU, por último, el pH, con una tendencia casi constante, se mantiene alrededor de 5,65.

Tabla 17.*Resultados con una concentración de 10 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
165,2	3,11	5,68
162,7	2,98	5,64
162,9	2,95	5,62
Promedio		
163,6	3,01	5,65
Desviación		
1,39	0,09	0,03

Nota. Promedio variables evaluadas a 10 mg/L.

En lo que respecta a un volumen de 20 mg/L de sulfato de aluminio, disuelto en el recurso hídrico contaminado, se generaron los valores inmersos en la Tabla 18.

Tabla 18.*Resultados con una concentración de 20 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
204	2,89	5,50
202	2,78	5,41
199	2,91	5,41
Promedio		
201,67	2,86	5,44
Desviación		
2,52	0,07	0,05

Nota. Promedio variables evaluadas a 20 mg/L.

A continuación, en la Tabla 19, se muestra la variación de las propiedades evaluadas, correspondientes a, conductividad, turbiedad y pH, posterior a la adición de 30 mg/L de coagulante industrial.

Tabla 19.*Resultados con una concentración de 30 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
271	6,99	5,57
261	7,05	5,51
259	6,94	5,47
Promedio		
263,67	6,99	5,52
Desviación		
6,43	0,06	0,05

Nota. Promedio variables evaluadas a 30 mg/L.

Para la muestra número cuatro, tratada a partir de 40 mg/L de coagulante, se observó un valor promedio de conductividad de 286,33, la turbiedad expresada en NTU redondeo los 4,99 y el pH se mantuvo en un rango de 5,47 a 5,57. Los datos en cuestión, se encuentran registrados en la Tabla 20.

Tabla 20.*Resultados con una concentración de 40 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
285	4,59	5,51
285	4,59	5,51
284	5,12	5,47
Promedio		
284,67	4,77	5,50
Desviación		
0,58	0,31	0,02

Nota. Promedio variables evaluadas a 40 mg/L.

Finalmente, en la Tabla 21, se incluyeron cada uno de los datos generados para una concentración de 50 mg/L, a partir de las tres mediciones realizadas para conductividad, turbiedad y pH.

Tabla 21.*Resultados con una concentración de 50 mg/L de coagulante*

Conductividad, μS	Turbiedad, NTU	pH
398	6,85	5,52
393	5,58	5,39
390	5,59	5,55
Promedio		
393,67	6,01	5,49
Desviación		
4,04	0,73	0,09

Nota. Promedio variables evaluadas a 50 mg/L.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Pérdidas obtención del extracto seco

Con el fin de evaluar las pérdidas en cada parte del proceso, inicialmente, se tuvo en cuenta el balance de masa, evaluado mediante la Ecuación 3, en la cual, la acumulación del sistema es igual a 0, por tanto, se encuentra en estado estacionario [32].

Ecuación 3.

Balance de masa sin reacción química para estado estacionario

$$\begin{aligned} & \text{"Masa que entra por las corrientes} - \text{Masa que sale por las corrientes} \\ & = \text{Masa acumulada en el sistema"} \end{aligned}$$

Nota. Ecuación de balance de masa sin reacción química para estado estacionario. Tomado de "J. Sandoval, Ed., Balances de materia y energía aplicados ala investigación. Publicaciones Universidad de América, 2021." [32].

Seguidamente se generó en la Tabla 24., un mayor detalle de las pérdidas calculadas para cada una de las etapas

Tabla 22.

Pérdidas por proceso

Proceso	Masa inicial, g	Masa final, g	Pérdidas, g
Licuadao	972,73	971,57	1,16
Secado	971,57	550,01	421,56
Molienda	421,56	421,35	0,21
TOTAL			422,93

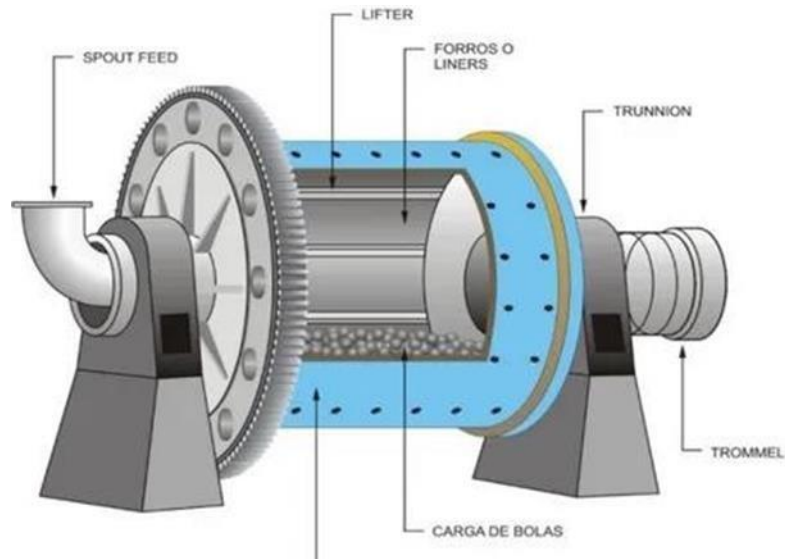
Nota. Se totalizan las pérdidas presenciadas en cada fase.

Como se observa en la anterior, el licuado representó el 0,027% de las pérdidas totales, esto se debe a la remoción del pedúnculo que se realizó para facilitar el proceso y al desprendimiento del tejido fotosintético a lo largo del proceso. Por otro lado, al estar constituida la cáscara de banano por aproximadamente 65% de humedad, retirada el agua presente, se genera una disminución drástica en cuanto a la masa inicial, en este caso, equivalente al 99,5%. Finalmente, en la molienda,

al retenerse pequeñas cantidades de producto en el lifter, parte de la estructura del molino que se puede observar con claridad en la Figura 13, hace que sea difícil extraerlas por completo.

Figura 13.

Partes de un molino de bolas



Nota. Se observan las partes de un molino de bolas. Tomado de: M. Turpo Cari, “Diseño y simulación de manipulador para forros de acero aplicados en molinos convencionales,” Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, 2018.[33]

Contempladas cada una de las pérdidas generadas en la obtención del extracto seco se hace evidente el hecho de que aproximadamente el 43,47% de la masa inicial que se tenía de fibra natural, se ve convertida en merma, lo cual implicaría un aumento de materia prima, en caso de requerir una alta producción del coagulante. Dicho caso no representaría una problemática considerable, en cuanto a costos, pues, al estar haciendo uso de un residuo, cualquier aprovechamiento resulta de beneficio, tanto a nivel industrial, como para el sector agrícola, ya que las plantaciones de banano, “requieren un abastecimiento de agua amplio y frecuente, y los déficits podrían afectar negativamente el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Siendo un cultivo de larga duración, las necesidades totales de agua por año son altas, variando entre 1 200mm en el trópico húmedo y 2 200mm en el trópico seco” [34], razón por la cual, el uso de la cascará de banano para el tratamiento de aguas residuales que podrían recircularse para el riego y

mantenimiento de las hectáreas dedicadas a la producción de banano, reduciría significativamente la huella de agua generada por este segmento.

Adicional a esto, se destaca el hecho de que la extracción realizada no contiene netamente almidón, en cambio viene acompañada de algunos de otros compuestos existentes en la cáscara de banano. Este porcentaje fue estimado tomando como referencia la Figura 14, en donde el total de almidón obtenido, en el ensayo realizado, corresponde al ELN (extracto libre de nitrógeno), y representa alrededor de un 98% de la composición del extracto [35]. También es posible resaltar otros componentes presentes en el producto, como lo son la ceniza, las proteínas, la grasa y la fibra [35].

Figura 14.

Composición química promedio del almidón de banano verde en base seca, comparado con las de otros autores

Lote	Componente (%)				
	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra	ELN ²
Presente estudio:					
Dic. 2002	0.14 ^a	1.54 ^a	0.45 ^a	0.20 ^a	97.66 ^a
Mayo 2003	0.08 ^b	1.43 ^b	0.28 ^b	0.28 ^b	97.92 ^a
Otros autores:					
Bello, <i>et al.</i> , 1999	0.43	1.95	2.3	----	98.1
Lii <i>et al.</i> , 1982	0.06	0.09	0.11	----	----

¹ Promedios con letras diferentes ($P < 0.05$) en la misma columna indican diferencias significativas ($n = 3$).

² ELN = Extracto libre de nitrógeno

Nota. En la figura se observa la composición del extracto obtenido en diversos estudios. Tomado de: Núñez Rueda, F., 2003. [online] Bdigital.zamorano.edu. Available at: <<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c1bc1021-7e98-47ae-a451-9a2e4333c6a7/content>> [Accessed 16 July 2022] [35].

4.2 Caracterización del recurso hídrico

Mediante los parámetros evaluados, fue posible evidenciar que el agua se encontraba bastante alejada de los estándares óptimos establecidos por la normativa. El valor de la turbiedad y el pH se relacionan directamente, con el medio por el cual circulaba el agua antes de su muestreo, puesto

que, al tratarse una vertiente natural, se encuentra en constante contacto con partículas terrestres y contaminantes derivados de las actividades aledañas a la zona. Cabe destacar que dicha vertiente se ve expuesta a corrientes contaminadas por el excremento del ganado vacuno, lo cual incide directamente sobre la conductividad y pH del agua a tratar.

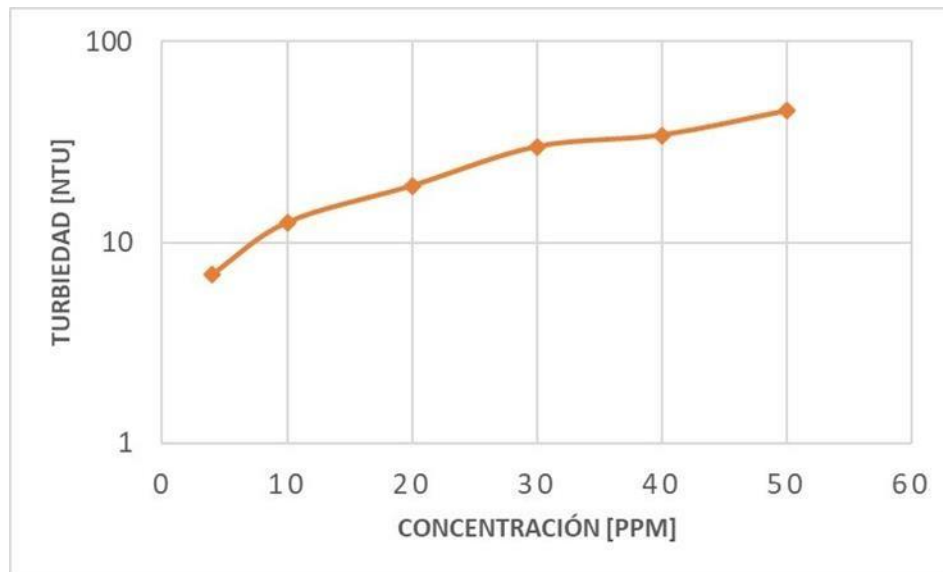
4.3 Evaluación de la acción coagulante del extracto seco

Mediante cada uno de los datos obtenidos a lo largo de los dos ensayos, es posible, en primer lugar, determinar la dosis de coagulante a la cual resulta eficiente la acción de remoción, en este caso, se determinó que este valor corresponde a 4 mg/L de agua, debido a que su turbiedad representó un total de 6,92 NTU, con respecto a las otras dosificaciones, cuyos datos sobrepasaron este rango ampliamente. Con respecto a la conductividad, se presenció un aumento notable posterior a la adición del coagulante, esto puede ser causado por la susceptibilidad implícita en los cultivos de banano a la salinidad, cuya fuerza se ve reforzada con el uso de fertilizantes [36], razón por la cual, la cáscara recolectada estaría cargada iónicamente, lo que facilitaría la conducción de la corriente en el medio.

Como se puede observar en la Figura 15, el comportamiento de la concentración respecto a la turbiedad se da de manera proporcional, lo que indica que la acción del extracto seco de banano, en la remoción de contaminantes, es más efectiva cuando se adiciona el coagulante en menor cantidad.

Figura 15.

Gráfica de la concentración vs turbiedad en escala logarítmica

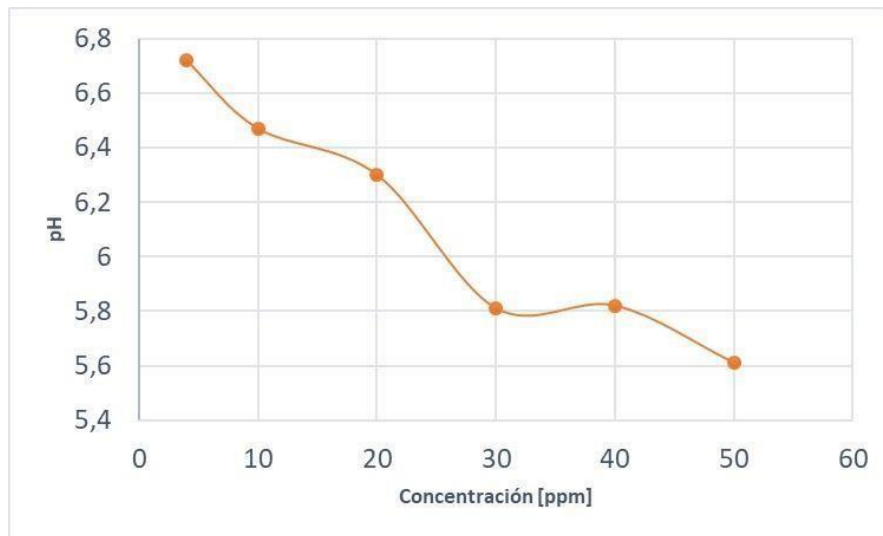


Nota. En la figura se observa la tendencia de la turbiedad vs. la concentración.

En lo referente al pH y su comportamiento respecto a las diferentes concentraciones estipuladas, se puede afirmar que, a mayores dosificaciones de coagulante, el recurso hídrico se acidifica y se aleja del parámetro objetivo, que se localiza alrededor del valor de 7; dicha situación puede ser justificada mediante la influencia de los polielectrolitos aniónicos naturales, cuya acción se refuerza a valores altos de pH [24]. Esto puede ser evidenciado en la Figura 16.

Figura 16.

Gráfica de concentración vs pH.

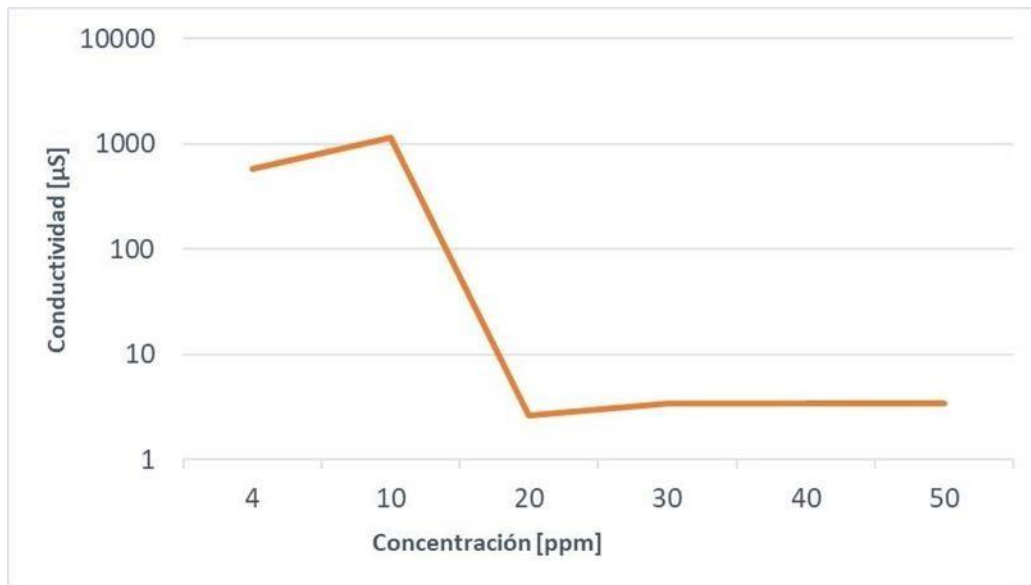


Nota. En la figura es posible observar la tendencia de las dos variables en cuestión.

Para el caso de la conductividad, se observan valores incrementados significativamente, cuya relación con la concentración, como se puede observar en la Figura 17, parece no estar directamente relacionada, por lo cual dichos picos se pueden atribuir a factores ligados al recurso hídrico y sus propiedades.

Figura 17.

Gráfica de concentración vs conductividad



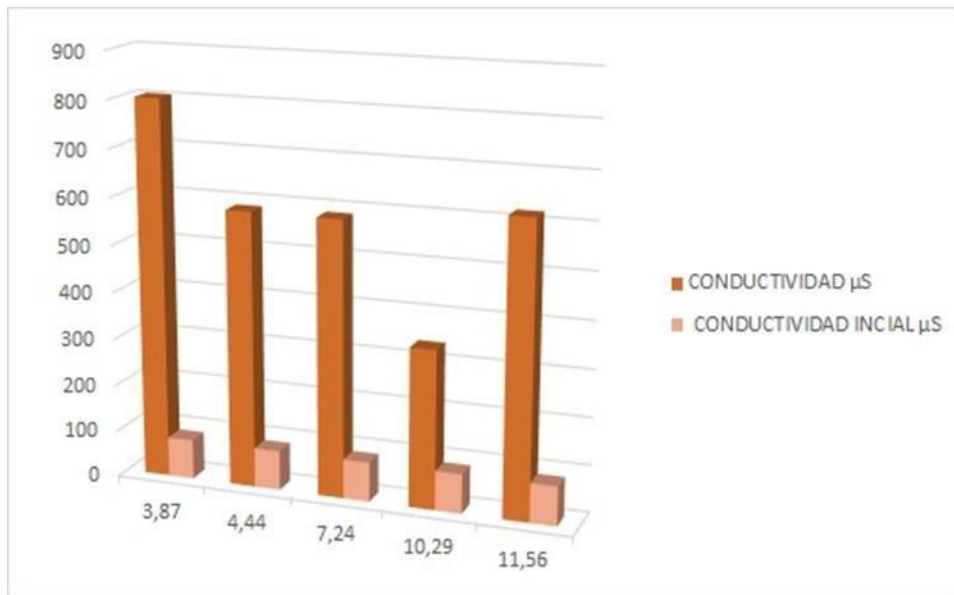
Nota. En la figura es posible observar la tendencia de las dos variables en cuestión.

En relación con el ensayo realizado variando el pH, se obtuvieron mejores resultados en aquellos rangos donde el pH es ácido, teniendo valores en turbiedad de 13,13 y 13,26, demostrando entonces la eficiencia del coagulante en intervalos de 3,87 a 4,44. Por otro lado, para un pH alcalino de 10,29, se obtuvo el menor valor de conductividad en comparación a los demás casos, pero a su vez, se presentó el máximo índice de turbiedad, por lo cual, se descarta como posible rango de dosificación.

Como se puede observar en la Figura 18, la conductividad alcanzó valores que superaban en su mayoría el doble del valor inicial, evidenciando un notable aumento en la carga eléctrica del recurso hídrico, posterior a la adición del coagulante.

Figura 18.

Resultados de la conductividad en el test de jarras con variación de pH

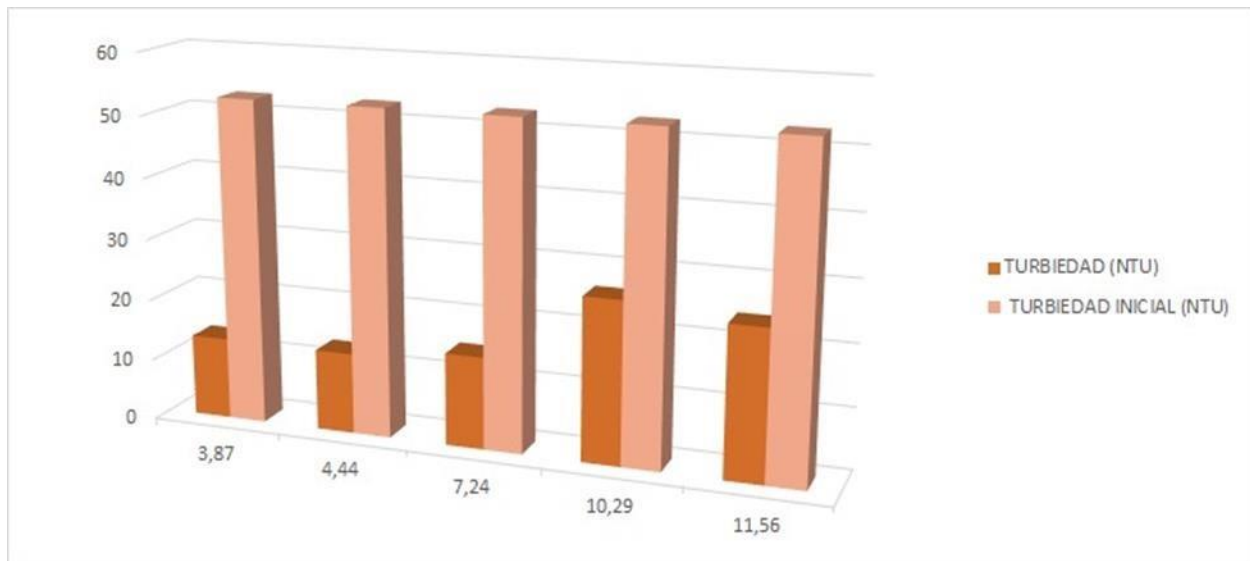


Nota. En la figura es posible observar la tendencia que tuvo la conductividad a distintos valores de pH y en comparación con la inicial.

De igual manera, como se evidencia en la Figura 19, en los pH ácidos se incrementó significativamente la conductividad, observando, que el mayor valor para este parámetro se sitúa en 800 NTU a un pH de 3,87. Situación que se ve directamente influenciada por la carga iónica presente en la cáscara de banano.

Figura 19.

Resultados de la turbiedad en el test de jarras con variación de pH



Nota. En la figura es posible observar la tendencia que tuvo la turbiedad a distintos valores de pH y en comparación con la inicial.

4.4 Índice de remoción de turbiedad

Con el fin de realizar un paralelo entre la eficiencia del coagulante industrial y el orgánico, se hace uso de la Ecuación 4, en la cual T_c , hace referencia a la turbiedad inicial de la muestra y T_f , al valor final de la misma, cuya relación permite obtener el índice porcentual de remoción de turbiedad, indicador indispensable para evaluar la eficiencia de un método coagulante, en lo que respecta al tratamiento de aguas [37].

Ecuación 4.

Índice de remoción de turbiedad

$$IRT\% = \frac{T_c - T_f}{T_c} * 100\%$$

Nota. Tomado de: C. Manisha, B.R. Madhumita, N. Sudarsan, Evaluation of the potential application of cactus (*Opuntia fícus indica*) as Biocoagulant for Pretreatment of Oil sands Process affected water. [Online].Available:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586618316046?via%3Dihub>
[Accessed: mayo 10, 2022]

En el caso del coagulante orgánico, se obtuvieron dos valores para el índice de remoción, el primero de ellos resultó de la prueba de jarras realizada a diferentes concentraciones y el segundo, fue calculado al finalizar el test con variación de pH, por último, se estimó el porcentaje para el coagulante industrial utilizado, obteniendo los siguientes resultados evidenciados en la Tabla 25.

Tabla 23.

Resultados del índice de remoción de turbiedad

Test	%IRT
Ensayo 1	86,90
Ensayo 2	74,91
Ensayo 3	94,59

Nota. En la tabla es posible observar el %IRT obtenido en los tres casos.

Los valores obtenidos fueron otorgados para las tres pruebas realizadas a lo largo del proyecto, en primer lugar, se tiene el ensayo uno, en el cual se contrastó la eficiencia del coagulante a diferentes concentraciones, en segundo lugar, se llevó a cabo aquella prueba en la cual, se trabajaron distintas escalas de pH, para encontrar el valor óptimo de desarrollo del coagulante, por último, en el ensayo número tres se realizó el tratamiento del recurso hídrico usando como coagulante el sulfato de aluminio, “que se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor” [38].

Mediante los resultados generados en cada una de las pruebas, se logra determinar que la acción coagulante de la cáscara de banano resulta competitiva al contrastarla con el comercializado a nivel industrial. A pesar de que el índice de remoción estuvo por debajo del 90%, al tratarse de un residuo, resulta bastante factible su uso.

5. CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo del proyecto, se evidenció que la fibra natural con características adecuadas para su uso como coagulante, correspondía a aquella con un menor estado de degradación, puesto que, dicha condición facilitaba el proceso de obtención del extracto seco y resultaba favorable en la acción coagulante del mismo.

Terminada la fase preexperimental, se determinó, que el método más apropiado para realizar la obtención del extracto seco de la cáscara de banano corresponde al método seco, debido a que su porcentaje de rendimiento fue 55,03%, valor superior al obtenido con el método húmedo, el cual, además de incidir en pérdidas físicas, repercute en altas demandas energéticas, derivadas del tiempo empleado en el proceso de secado.

Mediante los diferentes ensayos llevados a cabo, se estableció que la acción coagulante del extracto seco fue efectiva con una concentración de 4 mg/L y un pH de 4,44, valores en los cuales se presentó una variación en el valor de la turbiedad del recurso hídrico equivalente a 6,92 NTU y 13,13 NTU, respectivamente, generando un porcentaje de remoción de 86,90% y 71,15% para cada caso.

Por medio de los resultados obtenidos, se evidenció que no es necesario implementar una variación de pH en el recurso hídrico, ya que el coagulante obtenido resulta efectivo en el valor inicial, por lo cual, se puede prescindir del uso de modificadores de pH.

Finalmente, con la comparación realizada entre los dos coagulantes, se observa que existe un mayor porcentaje de remoción haciendo uso del sulfato de aluminio en concentraciones iguales a 4 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, y 50 mg/L, valor que sobrepasa aproximadamente en un 10% la acción del extracto seco, sin embargo, al ser la materia prima un residuo, amortiza los gastos financieros del proceso, compensando la diferencia porcentual de remoción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO, “Food losses and waste in the context of sustainable food systems A report by The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition,” 2014, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: www.fao.org/cfs/cfs-hlpe.
- [2] A. D. Pulido Guio, R. Jiménez, J. D. Turriago, and J. E. Mendoza, “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI),” Bogotá, Colombia, 2015. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf.
- [3] Banco Mundial, “Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos,” Sep. 20, 2018. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management> (accessed Jul. 20, 2022).
- [4] J. M. Santos Calderón *Et Al.*, “Conpes 3874 Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos,” Nov. 2016. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: <https://Colaboracion.Dnp.Gov.Co/Cdt/Conpes/Económicos/3874.Pdf>.
- [5] G. A. Mejía Mesa and J. S. Gómez López, “Los desechos generados por la industria bananera colombiana | Zonalogística,” May 14, 2020. <https://zonalogistica.com/los-desechos-generados-por-la-industria-bananera-colombiana/> (accessed Jul. 20, 2022).
- [6] N. Mejías-Brizuela, Orozco-Guillen, and N. Galáan-Hernández, “Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México,” *Rev. Ciencias Ambient. y Recur. Nat.*, vol. 2, no. 6, pp. 27–41, Nov. 2016, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num6/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N6_4.pdf.
- [7] S. M. Yepes, L. J. Montoya Naranjo, And F. Orozco Sánchez, “Valorización De Residuos Agroindustriales - Frutas - En Medellín Y El Sur Del Valle Del Aburrá, Colombia,” *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, Vol. 61, No. 1,

- May 2008, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000100018.
- [8] S. Salamanca Libreros, “Compostaje de residuos industriales en Colombia,” *Rev. Tec.*, vol. 28, pp. 13–18, Jul. 2012, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: https://issuu.com/revistatecnica/docs/tec_no28_2012.
- [9] L. V. Peñaranda Gonzalez, S. P. Montenegro Gómez, and P. A. Giraldo Abad, “Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia,” *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 8, no. 2, Jun. 2017, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040/2293>.
- [10] T. A. Sial *et al.*, “Contrasting effects of banana peels waste and its biochar on greenhouse gas emissions and soil biochemical properties,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 122, pp. 366–377, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.PSEP.2018.10.030.
- [11] “Estudian el uso de los residuos del cultivo del plátano como fuente de bioenergía - Gestores de Residuos,” May 20, 2016. <https://gestoresderesiduos.org/noticias/estudian-el-uso-de-los-residuos-del-cultivo-del-platano-como-fuente-de-bioenegia> (accessed Jul. 20, 2022).
- [12] L. D. Carrasco Huanca and M. Vásquez Reyes, “Extraccion De Almidón,” Chota, Jun. 2018. Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>.
- [13] E. N. Guadrón De Delgado, “Diseño Y Desarrollo Del Proceso Para La Extracción De Almidon A Partir De Guineo Majoncho Verde (Musa Sp. Variedad Cuadrado), Para Su Uso En La Industria De Alimentos,” Universidad De El Salvador, San Salvador, 2013.
- [14] Grupo EPM Aguas de Malambo, “Calidad del agua.” <https://www.grupo-epm.com/site/aguasdemalambo/nuestra-gestion/calidad-del-agua> (accessed Jul. 20, 2022).
- [15] PureWater Colombia | Tecnología en Tratamiento de Aguas|, “¿Qué es el pH del agua? .” <https://purewater.com.co/que-es-el-ph-del-agua/> (accessed Jul. 20, 2022).

- [16] A. y L. H. A. Aire, “¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? ,” Dec. 24, 2018. <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable> (accessed Jul. 20, 2022).
- [17] Y. Solís-Castro, L. A. Zúñiga-Zúñiga, and D. Mora-Alvarado, “La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica,” *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 31, no. 1, pp. 35–46, Mar. 2018, doi: 10.18845/TM.V31I1.3495.
- [18] L. F. Zarza, “¿Qué son las aguas residuales? ,” *iAgua*. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales> (accessed Jul. 20, 2022).
- [19] iAgua, M., Respuestas, i. y Agua, C., 2022. ¿Qué es el agua cruda? . [Online] iAgua. Available en: <<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-cruda>> [Consultado el 8 de julio de 2022].
- [20] N. Navarro, “Prueba de Jarras – ISA.” <https://isa.ec/prueba-de-jarras/> (accessed Jul. 20, 2022).
- [21] CEUPE Magazine, “Coagulación y floculación.” <https://www.ceupe.com/blog/coagulacion-y-floculacion.html?dt=1658349532594> (accessed Jul. 20, 2022).
- [22] M. A. Bravo Gallardo, “Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2017.
- [23] M. . Aguilar, J. F. Ortuño Sandoval, A. Soler, and J. Sáez, *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*, 1st ed., no. 116. Universidad de Murcia, 2002.
- [24] L. Guzmán, Á. Villabona, C. Tejada, and R. García, “Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión,” *Rev. U.D.C.A Actual. Divulg. Científica*, vol. 16, no. 1, pp. 253–262, Jun. 2013, doi: 10.31910/RUDCA.V16.N1.2013.881.
- [25] W. E. Gallegos Eras And F. I. Paca Telenchano, “Obtención Del Polisacárido(Almidón) De La Cáscara Musa Paradisiaca L., Como Coagulante Natural

- Para El Tratamiento Del Río Monjas,” Universidad Internacional Sek,Ecuador, 2018.
- [26] A. Barrenechea Martel, “Capítulo 1. Aspectos Físicoquímicos De La Calidad Del Agua,” In *Tratamiento De Agua Para Consumo Humano. Plantas De Filtración Rápida. Manual I: Teoría*, Lima: Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Ambiente, 2004, Pp. 188–195.
- [27] Ministerio de la Protección Social and V. y D. T. Ministerio de Ambiente, *Resolución 2115 de 2007*. Colombia, 2007.
- [28] “ECTestr 11 Portable Conductivity Meter.” <https://www.awe-ltd.co.uk/products/conductivity/conductivity-meter/ectestr-11.html> (accessed Jul. 20,2022).
- [29] “Xylem - SI Laboratory-pH-Meter Lab 845 Set/BL29pH 285206830 | Lab Unlimited.” <https://www.labunlimited.com/s/ALL/4AJ-6281621/Xylem---SI-Laboratory-pH-Meter-Lab-845-Set-BL29pH-285206830> (accessed Jul. 20, 2022).
- [30] “Turbidímetro Portátil Turbiquant® 1100 IR, MERCK | LABOQUIMIA.” <Http://Www.Laboquimia.Es/Catalogo/Producto.Php?Codigo=20441183240001> (Accessed Jul.20, 2022).
- [31] M. Priyatharishini, N. M. Mokhtar, and R. A. Kristanti, “Study on the Effectiveness of Banana Peel Coagulant in Turbidity Reduction of Synthetic Wastewater,” *Int. J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 6, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.15282/ijets.6.1.2019.1007.
- [32] J. A. Sandoval Herrera, *Balances de materia y energía aplicados a la investigación*, 1st ed. Publicaciones Universidad de América, 2021.
- [33] M. Turpo Cari, “Diseño y simulación de manipulador para forros de acero aplicados en molinos convencionales,” Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, 2018.
- [34] Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura, “Huella De Agua De La Industria Bananera,” *Foro Mund. Banan.*, Accessed: Jul. 20, 2022.

- [Online]. Available: <https://Www.Fao.Org/3/I6914es/I6914es.Pdf>.
- [35] F. de M. Núñez Rueda, “Extracción y caracterización del almidón de banano verde y de suresiduo de pulpa,” Zamorano, Honduras, 2003.
- [36] Haifa Group, “Recomendaciones nutricionales para Banano .” Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana_Spanish_0.pdf.
- [37] M. Choudhary, M. B. Ray, and S. Neogi, “Evaluation of the potential application of cactus(*Opuntia ficus-indica*) as a bio-coagulant for pre-treatment of oil sands process-affected water,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 209, pp. 714–724, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.SEPPUR.2018.09.033.
- [38] “Sulfato de Aluminio | ISUSA.” <http://isusa.com.uy/producto/sulfato-de-aluminio-en-polvo>(accessed Jul. 20, 2022).
- [39] Altair Chimica, “Ficha de datos de seguridad Ácido Clorhídrico En Solución,” vol. 032, no. 0220. pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: <https://www.altairchimica.com/download/31/acido-cloridrico-sol-25/1567/sds-03-es-hcl.pdf>.
- [40] IdentiPack, “Ficha de datos de seguridad Hidróxido de Sodio.” Oct. 31, 2017, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: [https://www.identipack.com/sites/default/files/documents/SDS sheets/SDS ES Hidroxido de Sodio 5-10 ciento %28NaOH%29.pdf](https://www.identipack.com/sites/default/files/documents/SDS_sheets/SDS ES Hidroxido de Sodio 5-10 ciento %28NaOH%29.pdf).
- [41] Istobal, “Coagulante Sulfato De Aluminio Ficha de datos de seguridad.” Jan. 29, 2016, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available: https://istobal.com/media/productattach/F/D/FDS_COAGULANTE_SULFATO_DE_ALUMINIO_Rev2Espa_a.pdf.

ANEXOS

FICHAS TECNICAS

Figura 20.

Ficha Técnica Ácido Clorhídrico 3%

 **Ficha de datos de seguridad**
ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN



Ficha de datos de seguridad del 10/2/2020, Revisión 11

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

- 1.1. Identificador del producto
- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| Nombre comercial: | ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN |
| Nombre químico: | ACIDO CLORHÍDRICO 25-37% |
| Número EC: | 231-595-7 |
| Número Index: | 017-002-01-X |
| Número REACH: | 01-2119484862-27-0114 |
- 1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados
- Uso recomendado:
USO INDUSTRIAL
ADITIVO ALIMENTARIO
USO PROFESIONAL
- 1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad
- Proveedor:
ALTAIR CHIMICA S.p.a.
Via Moie Vecchie 13
56048 Saline di Volterra (PI)
Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad: sds@altairchimica.com
- 1.4. Teléfono de emergencia
ALTAIR CHIMICA S.p.a. Phone n. +39-0588-9811

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

- 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla
- Criterios Reglamentación CE 1272/2008 (Clasificación, Etiquetado y Empacado):
- ⚠ Atención, Met. Corr. 1, Puede ser corrosivo para los metales.
 - ⚠ Peligro, Eye Dam. 1, Provoca lesiones oculares graves.
 - ⚠ Peligro, Skin Corr. 1B, Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
 - ⚠ Atención, STOT SE 3, Puede irritar las vías respiratorias.

Efectos físico-químicos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente:

Ningún otro riesgo

2.2. Elementos de la etiqueta

Pictogramas de peligro:



Peligro

Indicaciones de peligro:

- H290 Puede ser corrosivo para los metales.
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Consejos de prudencia:

- P234 Conservar únicamente en el embalaje original.
P260 No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.
P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
P501 Eliminar el contenido/el recipiente en conformidad con la reglamentación.

Disposiciones especiales:

SDS-032(0220)11
Página nº. 1 de 9



Ficha de datos de seguridad ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN

- Ninguna.
Disposiciones especiales de acuerdo con el anexo XVII del Reglamento REACH y sus posteriores modificaciones:
Ninguna.
- 2.3. Otros peligros
Sustancias vPvB: Ninguna. - Sustancias PBT: Ninguna.
Otros riesgos:
Ningún otro riesgo

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

- 3.1. Sustancias
Nombre comercial: ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN
Nombre químico: ACIDO CLORHÍDRICO 25-37%
Número EC: 231-595-7
Número REACH: 01-2119484862-27-0114
Componentes peligrosos según el Reglamento CLP y su correspondiente clasificación:

Cantidad	Nombre	Número de identif.	Clasificación
>= 90%	Acido clorhídrico 25-37%	Número 017-002-01-X Index: EC: 231-595-7 REACH No.: 01-2119484862-27-0114	⚠ 2.16/1 Met. Corr. 1 H290 ⚠ 3.2/1B Skin Corr. 1B H314 ⚠ 3.3/1 Eye Dam. 1 H318 ⚠ 3.8/3 STOT SE 3 H335

- 3.2. Mezclas
N.A.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

- 4.1. Descripción de los primeros auxilios
En caso de contacto con la piel:
Quítese inmediatamente la ropa contaminada.
CONSULTE INMEDIATAMENTE A UN MÉDICO.
En caso de contacto con la piel, lavar de inmediato con abundante agua y jabón.
- En caso de contacto con los ojos:
En caso de contacto con los ojos, enjuagarlos con agua durante un tiempo adecuado y manteniendo los párpados abiertos, luego consultar de inmediato con un oftalmólogo.
Proteger el ojo ileso.
- En caso de ingestión:
No provocar el vómito en ningún caso. CONSULTAR INMEDIATAMENTE AL MÉDICO.
- En caso de inhalación:
En caso de inhalación consultar de inmediato con un médico y mostrarle el envase o la etiqueta.
- 4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados
Edema pulmonar
- 4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente
En caso de accidente o malestar, consultar de inmediato con un médico (si es posible mostrarle las instrucciones de uso o la ficha de seguridad)
Tratamiento:
Tratamiento sintomático.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

- 5.1. Medios de extinción

SDS-032(0220)11
Página nº. 2 de 9



Ficha de datos de seguridad ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN

Medios de extinción apropiados:

Agua.

Dióxido de carbono (CO₂).

Medios de extinción que no se deben utilizar por motivos de seguridad:

Ninguno en particular.

- 5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla
No inhalar los gases producidos por la explosión y por la combustión.
- 5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios
Utilizar equipos respiratorios apropiados.
Si es posible, desde el punto de vista de la seguridad, retirar de inmediato del área los contenedores no dañados.
Recoger por separado el agua contaminada utilizada para extinguir el incendio. No descargarla en la red de alcantarillado.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

- 6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia
Usar los dispositivos de protección individual.
En caso de exposición a vapores/polvos/aerosoles, usar equipos respiratorios.
Proporcionar una ventilación adecuada.
Utilizar una protección respiratoria adecuada.
Consultar las medidas de protección expuestas en los puntos 7 y 8.
- 6.2. Precauciones relativas al medio ambiente
Evitar que el producto penetre en el suelo/subsuelo. Evitar que penetre en aguas superficiales o en el alcantarillado.
Conservar el agua de lavado contaminada y eliminarla.
En caso de fuga de gas o penetración en cursos de agua, suelo o sistema de alcantarillado, informar a las autoridades responsables.
Material apropiado para la recogida: material absorbente, orgánico, arena
- 6.3. Métodos y material de contención y de limpieza
Después de recoger el producto, lave con agua la zona y los materiales implicados.
Lavar con abundante agua.
- 6.4. Referencia a otras secciones
Véanse también los apartados 8 y 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

- 7.1. Precauciones para una manipulación segura
Evitar el contacto con la piel y los ojos, la inhalación de vapores y vahos.
Utilizar el sistema de ventilación localizado.
No utilizar contenedores vacíos que no hayan sido previamente limpiados.
Antes de realizar las operaciones de transferencia, asegurarse de que en los contenedores no haya materiales residuos incompatibles.
Remitirse también al apartado 8 para los dispositivos de protección recomendados.
Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo:
La indumentaria contaminada debe ser sustituida antes de acceder a las áreas de almuerzo.
No comer ni beber durante el trabajo.
- 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades
No transvasar el producto a otros contenedores. Usar siempre el contenedor original.
Mantener alejado de comidas, bebidas y piensos.
Materias incompatibles:
Ninguna en particular.
Manténgase alejado de los agentes oxidantes
Indicaciones para los locales:
Locales adecuadamente aireados.
- 7.3. Usos específicos finales
Ningún uso particular

SDS-032(0220)11
Página n.º 3 de 9

Nota. Ficha técnica HCL. Tomado de: Altair Química, “Ficha de datos de seguridad ACIDO CLORHÍDRICO EN SOLUCIÓN,” vol. 032, no. 0220. pp. 1–9, 2020, [Online].

Available: <https://www.altairchimica.com/download/31/acido-cloridrico-sol-25/1567/sds-03-es-hcl.pdf> [39].

Figura 21.

Ficha Técnica Hidróxido De Sodio 5%



Ficha de datos de seguridad

Según 1907/2006/EG, Artículo 31

Fecha: 31-10-2017 Número de versión: 2.0 Revisión: 15-05-2017

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto:

Nombre comercial: Hidróxido de Sodio 5% $\leq C < 10\%$ (W/W) NaOH

Número del artículo: 600023 (Identipack BV)

Número CAS: 1310-73-2

EINECS: 215-185-5

UFI: No aplicable.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:

Utilización del producto / de la elaboración: Laboratorio, Investigación o Fabricación.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:

Downstreamuser

Identipack B.V.

Broekstraat 4

5721 CT Someren

Holanda

Tel: (+31) (0)493 - 672277

Fax: (+31) (0)439 - 672268

E-mail : info@identipack.com

1.4 Teléfono de emergencia:

ES Tel: +34 (0) 91 562 04 20 (24h.) - Servicio de Información Toxicológica

(EU Tel: 112)

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:

Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008:

Skin Corr. 1A: H314

2.2 Elementos de la etiqueta:

Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008:

El producto se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

Pictogram de peligro:



GHS05

Palabra de advertencia: Peligro

Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:

Hidróxido de Sodio 5% $\leq C < 10\%$

Indicaciones de peligro:

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia:

P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
P264	Lavarse las manos concienzudamente tras la manipulación.
P303+P361+P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ ducharse.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P313:	Consultar a un médico.

2.3 Otros peligros:

Resultados de la valoración PBT y vPvB:


PBT: No aplicable.

vPvB: No aplicable.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.2 Caracterización química: Mezclas

Descripción: Mezcla de estas sustancias:

Componentes peligrosos:	
CAS: 1310-73-2 EINECS: 215-185-5 Index: 011-002-00-6	 Hidróxido de Sodio 5% ≤ C < 10% Skin Corr. 1A, H314 (→ Sección 16)

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios:

Instrucciones generales: Quitarse de inmediato toda prenda contaminada con el producto.

En caso de inhalación del producto: Las personas desmayadas deben tenderse y transportarse de lado con la suficiente estabilidad.

En caso de contacto con la piel: Lavar inmediatamente con agua y jabón y enjuagar bien. Lavar la ropa contaminada antes de volver a usarla.

En caso de contacto con los ojos: Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente y consultar un médico.

En caso de ingestión: Beber mucha agua a respirar aire fresco. Solicitar asistencia médica inmediatamente.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:

No existen más datos relevantes disponibles.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse

inmediatamente: No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción:

Sustancias extintoras apropiadas:

Combatir los incendios con medidas adaptados al ambiente circundante.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Compuestos de sodio.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

Equipo especial de protección:

No aspirar los gases provocados por el incendio o explosión.

Indicaciones adicionales:

Refrigerar los depósitos en peligro con chorro de agua rociada.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:

Llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.

Ante la presencia de vapores utilizar protección respiratoria. Asegurarse de que haya suficiente ventilación.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:

Al penetrar en las aguas o en el alcantarillado, avisar a las autoridades pertinentes. Diluir con mucha agua.

Evitar que penetre en la canalización / aguas de superficie / agua subterráneas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:

Quitar con material absorbente (arena, kieselgur, aglutinante de ácidos, aglutinante universal, aserrín).

Asegurar suficiente ventilación. Utilizar un neutralizador.

Desechar el material contaminado como vertido según Sección 13.

6.4 Referencia a otras secciones:

Ver Sección 7 para mayor información sobre una manipulación segura.

Ver Sección 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.

Ver Sección 13 para mayor información sobre como desechar el producto.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura:

Al diluir, añada primero agua y luego agite al añadir el producto.

Asegurar suficiente ventilación / aspiración en el puesto de trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:

Exigencias con respecto al almacén y los recipientes: Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Prever suelos resistentes a los productos alcalinos.

Prever cubas sin desagüe.

Normas en caso de un almacenamiento conjunto: No es necesario.

Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento: Mantener el recipiente cerrado herméticamente.



7.3 Usos específicos finales:

No existen más datos relevantes disponibles.

Nota. Ficha técnica NaOH. Tomado de: IdentiPack, “Ficha de datos de seguridad Hidróxido de Sodio.” Oct. 31, 2017, Accessed: Jul. 20, 2022. [Online]. Available [https://www.identipack.com/sites/default/files/documents/SDS sheets/SDS ES Hidroxido de Sodio 5-10 ciento %28NaOH%29.pdf](https://www.identipack.com/sites/default/files/documents/SDS%20sheets/SDS%20ES%20Hidroxido%20de%20Sodio%205-10%20ciento%20%28NaOH%29.pdf). SDS ES Hidróxido de Sodio 5-10 ciento(NaOH).pdf (identipack.com) [40].


Figura 22.

Ficha Técnica Sulfato De Aluminio 1%

Ficha de datos de seguridad según 1907/2006/CE (REACH), 2015/830/EU	
 COAGULANTE SULFATO DE ALUMINIO	
SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA	
1.1 Identificador del producto:	COAGULANTE SULFATO DE ALUMINIO
1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:	Usos pertinentes: Coagulante. Uso exclusivo usuario profesional/usuario industrial. Usos desaconsejados: Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3
1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:	ISTOBAL, S.A AVDA. CONDE DEL SERRALLO, Nº10 46250 L'ALCUDIA - VALENCIA - ESPAÑA Tfno.: +34 96 299 79 40 - Fax: +34 96 299 79 91 asoro@istobal.com www.istobal.com
1.4 Teléfono de emergencia:	+34 91 562 04 20
SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS **	
2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:	Reglamento nº1272/2008 (CLP): La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP). Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, categoría 1, H318 Met. Corr. 1: Corrosivos para los metales, categoría 1, H290
2.2 Elementos de la etiqueta:	Reglamento nº1272/2008 (CLP): Peligro  Indicaciones de peligro: Eye Dam. 1: H318 - Provoca lesiones oculares graves Met. Corr. 1: H290 - Puede ser corrosivo para los metales Consejos de prudencia: P101: Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta P102: Mantener fuera del alcance de los niños P234: Conservar únicamente en el embalaje original P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado P501: Eliminar el contenido/el recipiente conforme a la legislación vigente de tratamiento de residuos Sustancias que contribuyen a la clasificación Sulfato de aluminio
2.3 Otros peligros:	El producto no cumple los criterios PBT/vPvB
<i>** Cambios respecto la versión anterior</i>	
SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES	
3.1 Sustancia:	No aplicable
3.2 Mezclas:	Descripción química: Compuesto/s de aluminio Componentes: De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES (continúa)

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 10043-01-3 CE: 233-135-0 Index: No aplicable REACH: 01-2119531538-36-XXXX	Sulfato de aluminio⁽¹⁾ Reglamento 1272/2008 Eye Dam. 1: H318; Met. Corr. 1: H290 - Peligro	Autoclasificada  25 - <35 %

⁽¹⁾ Sustancia que presentan un riesgo para la salud o el medio ambiente que cumple los criterios recogidos en el Reglamento (UE) nº 2015/830

Para ampliar información sobre la peligrosidad de la sustancias consultar las secciones 8, 11, 12, 15 y 16.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios:

Los síntomas como consecuencia de una intoxicación pueden presentarse con posterioridad a la exposición, por lo que, en caso de duda, exposición directa al producto químico o persistencia del malestar solicitar atención médica, mostrándole la FDS de este producto.

Por inhalación:

Se trata de un producto que no contiene sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación, sin embargo, en caso de síntomas de intoxicación sacar al afectado de la zona de exposición y proporcionarle aire fresco. Solicitar atención médica si los síntomas se agravan o persisten.

Por contacto con la piel:

En caso de contacto se recomienda limpiar la zona afecta con agua por arrastre y con jabón neutro. En caso de alteraciones en la piel (escozor, rojez, sarpullidos, ampollas...), acudir a consulta médica con esta Ficha de Datos de Seguridad

Por contacto con los ojos:

Enjuagar los ojos con abundante agua a temperatura ambiente al menos durante 15 minutos. Evitar que el afectado se frote o cierre los ojos. En el caso de que el accidentado use lentes de contacto, éstas deben retirarse siempre que no estén pegadas a los ojos, de otro modo podría producirse un daño adicional. En todos los casos, después del lavado, se debe acudir al médico lo más rápidamente posible con la FDS del producto.

Por ingestión/aspiración:

En caso de ingestión, solicitar asistencia médica inmediata mostrando la FDS de este producto.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:

Los efectos agudos y retardados son los indicados en las secciones 2 y 11.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:

No relevante

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHAS CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción:

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. En caso de inflamación como consecuencia de manipulación, almacenamiento o uso indebido emplear preferentemente extintores de polvo polivalente (polvo ABC), de acuerdo al Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 1942/1993 y posteriores modificaciones). NO SE RECOMIENDA emplear agua a chorro como agente de extinción.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Como consecuencia de la combustión o descomposición térmica se generan subproductos de reacción que pueden resultar altamente tóxicos y, consecuentemente, pueden presentar un riesgo elevado para la salud.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

En función de la magnitud del incendio puede hacerse necesario el uso de ropa protectora completa y equipo de respiración autónomo. Disponer de un mínimo de instalaciones de emergencia o elementos de actuación (mantas ignífugas, botiquín portátil,...) conforme al R.D.486/1997 y posteriores modificaciones

Disposiciones adicionales:

Actuar conforme el Plan de Emergencia Interior y las Fichas Informativas sobre actuación ante accidentes y otras emergencias. Suprimir cualquier fuente de ignición. En caso de incendio, refrigerar los recipientes y tanques de almacenamiento de productos susceptibles a inflamación, explosión o BLEVE como consecuencia de elevadas temperaturas. Evitar el vertido de los productos empleados en la extinción del incendio al medio acuático.

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:

Aislar las fugas siempre y cuando no suponga un riesgo adicional para las personas que desempeñen esta función. Ante la exposición potencial con el producto derramado se hace obligatorio el uso de elementos de protección personal (ver sección 8). Evacuar la zona y mantener a las personas sin protección alejadas.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:

Producto no clasificado como peligroso para el medioambiente. Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:

Se recomienda:

Absorber el vertido mediante arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Para cualquier consideración relativa a la eliminación consultar la sección 13.

6.4 Referencias a otras secciones:

Ver secciones 8 y 13.

SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1 Precauciones para una manipulación segura:

A.- Precauciones generales

Cumplir con la legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales. Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros (sección 6). Evitar el vertido libre desde el recipiente. Mantener orden y limpieza donde se manipulen productos peligrosos.

B.- Recomendaciones técnicas para la prevención de incendios y explosiones.

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. Se recomienda trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electroestáticas que pudieran afectar a productos inflamables. Consultar la sección 10 sobre condiciones y materias que deben evitarse.

C.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos ergonómicos y toxicológicos.

Para control de exposición consultar la sección 8. No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.

D.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos medioambientales

Se recomienda disponer de material absorbente en las proximidades del producto (ver epígrafe 6.3)

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:

A.- Medidas técnicas de almacenamiento

ITC (R.D.656/2017): MIE-APQ-6

Clasificación: 1C

Tª mínima: 0 °C

Tª máxima: 30 °C

Tiempo máximo: 12 meses

B.- Condiciones generales de almacenamiento.

Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos. Para información adicional ver epígrafe 10.5

7.3 Usos específicos finales:

Salvo las indicaciones ya especificadas no es preciso realizar ninguna recomendación especial en cuanto a los usos de este producto.

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL

8.1 Parámetros de control:

Sustancias cuyos valores límite de exposición profesional han de controlarse en el ambiente de trabajo (INSSBT 2018):
No existen valores límites ambientales para las sustancias que constituyen el producto.

DNEL (Trabajadores):

Nota. Ficha técnica sulfato de aluminio. Tomado de: Istobal, “Coagulante Sulfato De Aluminio Ficha de datos de seguridad.” Jan. 29, 2016, Accessed: Jul. 20 2022.[Online]. Available:
https://istobal.com/media/productattach/F/D/FDS_COAGULANTE_SULFATO_DE_ALUMINIO_Rev2Espa a.pdf.

NORMATIVA

Figura 23.

Normativa Resolución 2115 Del 2007

CAPÍTULO IV

**INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO**

**ARTÍCULO 13°.- ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA
CONSUMO HUMANO – IRCA.-** Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo
12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro
N°.6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los
valores aceptables establecidos en la presente Resolución:

Cuadro N°.6 Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1

Nota. Normativa sobre la calidad del agua. Tomado de:
[https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE /DE /DIJ /
Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf) [27].

RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones con temáticas similares, realizar un proceso adicional en el tratamiento del recurso hídrico, que permita disminuir los valores de la conductividad, mejorando de esta manera la calidad del agua y el cumplimiento de la normativa.

Realizar un análisis detallado sobre los costos implicados en el proceso, para de esta manera, dar rentabilidad y viabilidad industrial al proyecto.

Incrementar las pruebas fisicoquímicas realizadas al recurso hídrico, como, por ejemplo, alcalinidad y DQO, con el fin de abarcar todos los parámetros inmersos en el tratamiento de aguas residuales.

Establecer el periodo de vida útil que podría llegar a tener el coagulante, en caso de ser comercializado o requerirse posteriormente.

En futuras investigaciones, se recomienda seguir evaluando la acción de la cáscara de banano como coagulante, ya que ha demostrado tener una alta eficiencia en el tratamiento de aguas residuales.

Para investigaciones posteriores se invita a utilizar como recurso hídrico un agua netamente residual, puesto que en el proyecto en cuestión se implementó un agua cruda.

Con el fin de dar un análisis más detallado de la extracción, es aconsejable realizar la caracterización de almidón, para de esta manera constatar que componentes en específico están actuando como coagulantes.