



**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD COAGULANTE DE LA SEMILLA DE
ZAPOTE (*Pouteria sapota*) EN MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS EN
LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ**

Verónica Nieto Peña

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 2019

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD COAGULANTE DE LA SEMILLA DE ZAPOTE
(*Pouteria sapota*) EN MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS EN LA CUENCA MEDIA
DEL RÍO BOGOTÁ**

Verónica Nieto Peña

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniera Ambiental

Director (a):
Oscar Eduardo Rodríguez Aguirre- Ph.D.

Codirector:
William Alejandro Andrade Barreiro.

Línea de Investigación:
Salud Ambiental- Producción Limpia CHOC IZONE

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Dedico este trabajo a Dios, mis padres que son mi modelo a seguir, a mi familia, a mis docentes que aportaron sus conocimientos a lo largo de la carrera para mi aprendizaje, amigos y demás personas que me han acompañado a lo largo de este proceso..

Agradecimientos

Primero le quiero agradecer a la Universidad El Bosque, a la Facultad de Ingeniería y al Programa de Ingeniería Ambiental por permitirme ingresar al programa para obtener mi título profesional como Ingeniera Ambiental.

Agradezco a todas las personas que hicieron posibles el desarrollo de este logro, en especial, a mis padres Elsa María Peña y José Vicente Nieto Ferrucho por todo su apoyo emocional y monetario para permitirme ser una profesional, a mi familia y mis amigos más cercanos en especial a Jessica Acevedo, Viviana Cubillos, Valentina Castellanos, Alejandra Duque, Vanesa Álvarez, Danna Barragán, Jessica Cifuentes, María Camila Díaz, Laura Ramos, Bibiana Gil, Jenny Martínez, Karen Grosso, Angie Cubillos, Ricardo Garcés, David Gamboa, Juan Camilo Trejos, Valentina Martínez y Mónica Acevedo por todo el apoyo y ayuda que me brindaron cuando más los necesitaba.

También quiero agradecer a la Fundación Universitaria Juan N. Corpas, en especial al Ingeniero Luis Miguel Pombo por permitirme utilizar las instalaciones del centro de investigación LabFarve para el desarrollo experimental de mi proyecto de investigación.

Por último, un especial agradecimiento a mi director Oscar Eduardo Rodríguez Aguirre y a mi codirector el Ingeniero William Alejandro Andrade Barreiro, por todo su apoyo, aporte de conocimientos y dedicación durante el proceso de investigación.

Tabla de contenido

Índice de Figuras	9
Índice de Tablas.....	10
Índice de Ecuaciones	10
1. Resumen	11
2. Abstract.....	11
3. Introducción.....	11
4. Planteamiento del problema	12
4.1. Definición del problema	12
4.2. Delimitación del problema.	13
4.3. Hipótesis.....	13
5. Justificación	13
6. Objetivos	14
6.1. Objetivo general	14
6.2. Objetivos específicos	14
7. Aspecto ingenieril, impacto social y pertinencia del proyecto.....	15
8. Marco de referencia	15
8.1. Estado del arte.....	16
8.2. Marco teórico-conceptual	20
8.3. Marco legal	27
8.4. Marco geográfico	28
8.4.1. Descripción del territorio	29
8.5. Marco institucional.....	31
9. Metodología.....	32
9.1. Recolección de muestras.....	36
9.1.1. Recolección de las semillas de <i>Pouteria sapota</i> (zapote costeño).....	36
9.1.2. Recolección de las muestras de agua.....	36
9.2. Preparación de coagulantes control.....	37
9.3. Preparación de extractos de la semilla de <i>Pouteria sapote</i> (soluciones).....	38
9.4. Ensayo de la actividad coagulante primaria	39
9.5. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía	40
9.6. Cuantificación de galotaninos por el método de rodanina	40

10. Plan de trabajo	42
11. Aspectos éticos	45
12. Resultados	46
12.1. Evaluación de la actividad coagulante.	46
12.1.1. Comportamiento de los extractos de <i>Pouteria sapota</i> .	48
12.1.1.1. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos <i>Pouteria sapota</i> en agua.	49
12.1.1.2. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos <i>Pouteria sapota</i> en etanol al 10%.	50
12.1.1.3. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos <i>Pouteria sapota</i> en ácido acético al 10%	51
12.1.1.4. Disminución de la turbiedad del Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua.	53
12.1.1.5. Disminución de la turbiedad de los taninos en las muestras de agua.	54
12.2. Cuantificación de galotaninos presentes en la semilla de <i>Pouteria sapota</i> .	56
12.2.1. Obtención de la curva de calibración de ácido gálico.	56
12.2.2. Cálculo de taninos hidrolizables presentes en la semilla de <i>Pouteria sapota</i> .	57
12.3. Cálculo de dosis óptima de coagulante a partir de la semilla de <i>Pouteria sapota</i> .	58
13. Análisis y discusión de resultados	59
13.1. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía	59
13.1.1. Análisis de turbiedad 50 (T_{50})	61
13.2. Comparación de taninos hidrolizables presentes en la semilla de <i>Pouteria sapota</i> con literatura reportada.	64
13.3. Comparación de dosis óptima de coagulante frente a literatura reportada	65
14. Conclusiones	66
15. Recomendaciones	67
16. Referencias	67
17. Anexos	74
17.1. Presupuesto general	74
17.2. Glosario	75
17.3. Árbol de problemas	76
17.4. Cronograma	77
17.5. Intervalos de confianza de datos no corregidos	78
17.6. Porcentaje de remoción turbidez de datos no corregidos	79
17.7. Tabla de estadística descriptiva de los datos sin corregir.	80
17.8. Tabla de comparación multiple ANOVA a una vía de los datos sin corregir.	80

17.9.	Tabla de estadística descriptiva de los datos corregidos.....	83
17.10.	Tabla de comparación multiple ANOVA a una vía de los datos corregidos	85
17.11.	Tabla de linealización para el cálculo de la T ₅₀	88
17.12.	Tabla de productos naturales evaluados y considerados positivos para reducir la turbidez	89
17.13.	Comparación % de remoción por <i>Persea americana</i> , <i>Psidium guajava</i> L y otras especies citadas.	90
17.14.	Tabla de contenido de polifenoles antioxidantes presentes en frutas de tres especies de <i>Pouteria</i>	90
17.15.	Tabla de galotaninos presentes en plantas	91
17.16.	Tabla de concentración de ácido gálico luego de hidrólisis de penta-galoil-glucosa haciendo uso de tanasa a 10 ⁻³ U/ml medido mediante ensayo rodanina.....	91
17.17.	Tabla de concentración de ácido gálico luego de hidrólisis de mono-galoil-glucosa haciendo uso de tanasa a 10 ⁻³ U/ml medido mediante ensayo rodanina.....	91
17.18.	Fichas de seguridad de los reactivos.	92

Índice de Figuras

Figura 1.	Representación del fenómeno de neutralización de la carga.....	22
Figura 2.	Representación de la estructura básica de un tanino	23
Figura 3.	Componente de tanino hidrolizable y un ejemplo.....	24
Figura 4.	Exterior e interior del fruto <i>Pouteria sapota</i>	25
Figura 5.	Estructura de la semilla.....	25
Figura 6.	Infografía sobre el Río Bogotá	29
Figura 7.	Infografía sobre la Cuenca Media del Río Bogotá	30
Figura 8.	Mapa Político del Municipio de Cota, Cundinamarca	30
Figura 9.	Punto de muestreo	31
Figura 10.	Organigrama sobre las entidades involucradas en el proyecto de investigación	31
Figura 11.	Definición de alcance, enfoque y método de la investigación.....	32
Figura 12.	Fruta Zapote costeño (<i>Pouteria sapota</i>).....	36
Figura 13.	Punto de muestreo	37
Figura 14.	Coagulantes control	38
Figura 15.	Reflujo con ácido acético, agua y etanol para cada parte de la semilla.....	38
Figura 16.	Filtración de las soluciones.....	39
Figura 17.	Soluciones preparadas	39
Figura 18.	Muestra de <i>Pouteria sapota</i> en el tubo de ensayo	41
Figura 19.	Diluciones para la obtención de la curva de calibración	41
Figura 20.	Diagrama de flujo del proyecto	42
Figura 21.	Eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad generales.....	47
Figura 22.	Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en agua.....	49
Figura 23.	Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en agua	50
Figura 24.	Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en etanol al 10%	50
Figura 25.	Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en etanol al 10%.....	51
Figura 26.	Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en ácido acético al 10%.....	52

Figura 27. Eficiencia de remoción del extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en ácido acético al 10%.....	52
Figura 28. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua.....	53
Figura 29. Eficiencia de remoción del Castaño en las muestras de agua.....	54
Figura 30. Eficiencia de remoción de la Mimosa en las muestras de agua.....	55
Figura 31. Eficiencia de remoción del Quebracho en las muestras de agua.....	55
Figura 32. Curva de calibración corregida de ácido gálico.....	57
Figura 33. Curva de referencia Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$).....	58
Figura 34. Intervalos de confianza del 95% para los diferentes grupos por el método de Tukey.....	60
Figura 35. Porcentaje de remoción de turbidez promedio.....	63
Figura 36. Porcentaje de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50}	63

Índice de Tablas

Tabla 1. Normatividad legal vigente en Colombia.....	27
Tabla 2. Insumos y reactivos empleados en el proyecto.....	33
Tabla 3. Equipos empleados en el proyecto.....	35
Tabla 4. Caracterización de las muestras de agua recolectadas.....	37
Tabla 5. Matriz metodológica.....	44
Tabla 6. Matriz de operación de variables.....	45
Tabla 7. Valores promedio del porcentaje de eficiencia de remoción (%ER) de los extractos y patrones después del test de jarras extendido.....	46
Tabla 8. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) de los niveles de turbiedad en los extractos a diferentes concentraciones.....	48
Tabla 9. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) del Sulfato de aluminio($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua.....	53
Tabla 10. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) de los Taninos en las muestras de agua.....	54
Tabla 11. Curva de calibración de Taninos hidrolizables.....	56
Tabla 12. Absorbancias promedio de la semilla de <i>Pouteria sapota</i>	57
Tabla 13. Cálculo para la obtención de taninos hidrolizables presentes en la semilla de <i>Pouteria sapota</i>	58
Tabla 14. Ajuste curva de calibración.....	58
Tabla 15. Datos obtenidos de la curva de referencia.....	58
Tabla 16. Miligramos necesarios para coagular un litro de agua del Río Bogotá en la cuenca media.....	59
Tabla 17. T_{50} , Turbidez relativa, % de remoción de turbidez y % de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50} en muestras de agua del Río Bogotá de las sustancias y extractos evaluado.....	62
Tabla 18. Miligramos de extracto necesarios para coagular un litro de agua del río Bogotá cuenca alta.....	65

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Eficiencia de remoción de turbiedad.....	26
Ecuación 2. Cálculo de la actividad Coagulante.....	40

1. Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar la actividad coagulante de la semilla del *Pouteria Sapota* para ser empleada como coagulante natural en el tratamiento de agua del Río Bogotá en su cuenca media en la Vereda Siberia del municipio de Cota, Cundinamarca; reemplazando el uso de coagulantes químicos por elementos naturales. Para ello se emplearon tres extractos en agua, etanol al 10% y ácido acético al 10% del endosperma y testa de la semilla, teniendo como controles el Sulfato de aluminio y los taninos (castaño, mimosa y quebracho). Se evaluó la actividad coagulante de todos los extractos que presentaron disminución en la turbidez presente en las muestras de agua, siendo el extracto en etanol al 10% del endosperma de la semilla el que presentó mayor actividad coagulante y porcentaje de remoción de turbidez promedio de 78,62%, seguido del extracto en ácido acético al 10% de testa de la semilla que presentó un porcentaje de remoción de turbidez promedio de 66,62%. El Quebracho fue el tanino con mayor porcentaje de remoción de turbidez promedio que presentó de los tres taninos evaluados dando como resultado un porcentaje de 73,58%.

Palabras clave: Coagulación, coagulante natural, turbiedad, *Pouteria sapota*, taninos.

2. Abstract

This research project aims to evaluate the coagulant activity of the *Pouteria Sapota* seed to be used as a natural coagulant in the water treatment of the Bogotá River in the middle basin at Vereda Siberia in Cota municipality of Cundinamarca, replacing chemical coagulants for natural options. Three extracts in water, ethanol at 10% and acetyl acid at 10% of endosperm and seed bark were used, having as controls the Aluminum sulfate and tannins (Chestnut, Mimosa and Quebracho). The clotting activity of every extract that presented decrease in the turbidity in the water samples was reviewed, with the extract in ethanol at 10% on the seed of endosperm presenting the highest clotting activity and percentage of average turbidity removal of 78.62%, followed by extract in acetic acid at 10% of seed bark that presented an average turbidity removal percentage of 66.62%. The Quebracho was the tannin with the highest average turbidity removal percentage presented by the three tannins reviewed giving a result of 73.58%.

Keywords: coagulation, natural coagulant, turbidity, *Pouteria sapota*, tannin.

3. Introducción.

Los ríos y mares colombianos reciben y transportan cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre. Estas acciones se incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas, siendo necesario un monitoreo y control constante que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales, especialmente en la salud humana. (Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), s.f.)

Uno de los procesos que se realiza para el tratamiento de agua es el proceso de coagulación el cual se aplican coagulantes para desestabilizar las impurezas coloidales y disueltas, produciendo agregados de flóculos grandes que pueden ser removidos por los procesos de filtración/clarificación (Gao & Hoffmann, 2002).

Estos coagulantes pueden ser clasificados como inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y naturales, de los cuales los coagulantes inorgánicos, en especial los que tienen aluminio, son perjudiciales en la salud (Okuda, Baes, & Nishijima, 2001)

Es por ello que en este trabajo se quiere evaluar un coagulante más efectivo, menos perjudicial para la salud y ambientalmente inofensivo para remover la turbidez en el agua, con el fin de reemplazar el uso de coagulantes compuestos por sales de hierro, aluminio y polímeros orgánicos sintéticos a partir de un residuo como las semillas de diferentes plantas que son desechados después de utilizarse y no son aprovechados, con el fin de emplearlos como coagulantes naturales para el tratamiento de agua.

4. Planteamiento del problema

4.1. Definición del problema

La principal fuente de contaminación en el Río Bogotá corresponde a la destrucción de la cuenca media debido a la recepción de aguas residuales, principalmente domésticas, del sistema de drenaje urbano de Bogotá y sus áreas periféricas. Dichas cuencas de drenaje urbano de Bogotá reciben el nombre de las principales corrientes naturales que cruzan la ciudad: río Juan Amarillo o Salitre, río Fucha y río Tunjuelo. Debido a la demanda existente, el agua de este tramo es solicitada para riego a través del Distrito de Riego de la Ramada (Instituto de Estudios Urbanos, s.f.).

La turbiedad en el agua es considerada un contaminante debido a que acarrea una serie de problemas que van desde la pérdida de especies, afectaciones económicas y hasta problemas a la salud. A esto se suma que la alternativa más utilizada para disminuir la turbiedad son los coagulantes inorgánicos, debido a que son sustancias que desestabilizan los componentes de una suspensión por medio de una superación de fuerzas que mantienen su estabilidad (Aguilar, Saez, Llorens, & Soler, 2002), obteniendo así una reducción en el nivel de turbiedad del agua. En Colombia se emplean las sales de aluminio y de hierro como coagulantes en el tratamiento de aguas. Sin embargo, estudios han demostrado que estas sales acarrearán una serie de problemas como la acumulación de aluminio residual, producción de lodos, pérdidas económicas, afectaciones en la salud humana, entre otros (Betatache, Aoubed, Druiche, & Louinici, 2014). Por esta razón se quiere encontrar nuevas alternativas en productos naturales que presenten actividad coagulante para reemplazar estas sales y que no generen impactos negativos.

Los elevados costos de los coagulantes químicos, en su mayoría inorgánicos, acarrearán diferentes desventajas tanto ambientales como económicas. Los lodos generados en el proceso de sedimentación están constituidos en parte por los restos del coagulante que no reaccionaron durante el proceso, alterando las características naturales de las fuentes hídricas a las cuales son vertidos posteriormente. Si se presentan altas cantidades de coagulantes químicos como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ pueden generar problemas en la salud de las personas.

4.2. Delimitación del problema.

- Las muestras de agua se tomaron del Río Bogotá en la vía Bogotá-Medellín, vereda Siberia del municipio de Cota, debido a que se presentan varias problemáticas ambientales que se producen en este río, desde su nacimiento hasta la desembocadura.
- La semilla de *Pouteria sapota*, fue la especie escogida para ser evaluada como coagulante natural.
- Se quiere trabajar tres tipos de soluciones, ácido acético al 10 %, etanol al 10 % y agua, pues se pretende evaluar el rendimiento de la semilla en estos solventes con respecto a las muestras de agua.

4.3. Hipótesis

Hipótesis nula (H₀). Los extractos de las semillas de *Pouteria sapota* en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% presentan actividad coagulante en muestras de agua de la Cuenca Media del Río Bogotá.

Hipótesis alterna (H_a). Los extractos de las semillas de *Pouteria sapota* en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% NO presentan actividad coagulante en muestras de agua de la Cuenca Media del Río Bogotá.

4.4. Pregunta de investigación

¿Cuál es la efectividad de los extractos de las semillas de *Pouteria sapota* en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% como coagulantes naturales en las muestras de agua de la Cuenca Media del Río Bogotá?

5. Justificación

Esta propuesta de investigación tiene como finalidad evaluar el uso de diferentes productos naturales de un país agrícola como Colombia, en este caso de frutas que se cosechan en el mismo para emplearlas como coagulantes naturales. Con ello se quiere encontrar nuevas formas de reducir la turbiedad para el tratamiento de agua, el cual se ha convertido en una obligación, no solo desde el punto de vista ambiental, sino también desde lo económico y social, ya que afecta la calidad de vida de la población. Por esta razón se deben priorizar en los estudios de investigación el uso de productos naturales que tengan la capacidad de realizar una actividad coagulante como una alternativa limpia y económica para el tratamiento de la turbiedad en aguas. Además, si en el proceso se puede llegar a aprovechar los residuos generados por la agroindustria, sería un valor agregado a la investigación, como es el caso de este trabajo de grado.

De acuerdo a la capacidad coagulante comprobada de algunas especies vegetales como el caso de la moringa (Ridwan, Wahidatul, Pang, & Nasrul, 2011) o el quebracho (Beltrán, Sanchez, & Gómez, 2010), es necesario seguir enriqueciendo esta línea de investigación ya que Colombia cuenta con gran variedad de especies, y a la fecha existen pocos registros de estudios que evidencien la capacidad para aglutinar coloides.

Teniendo en cuenta los niveles económico, ecológico y social, se quiere para este último, mejorar la calidad de vida de los agricultores, los cuales usan aguas de diferentes cuerpos de agua como lo son los ríos para el riego de sus cultivos los cuales presentan un alto contenido de turbiedad empleando las semillas de *Pouteria sapota* (zapote costeño) como coagulante natural para reducir la turbidez presente en el agua. Para el nivel económico se propone aprovechar los residuos de las semillas que no se consumen para disminuir los costos que se generan al comprar coagulantes artificiales, los cuales no son de fácil acceso a la comunidad. Por último para el nivel ecológico se quiere reducir el impacto ambiental, en especial a los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres. Este impacto se presenta a partir de la producción de los lodos durante el proceso de coagulación del agua, mismos cuyo manejo es de alta complejidad debido al alto contenido de productos químicos que no permite hacerles un tratamiento y posteriormente aprovecharlos.

Teniendo en cuenta que el enfoque biopsicosocial de la Universidad El Bosque es mejorar la calidad de vida de las comunidades, con este trabajo se busca que los agricultores ubicados cerca de los diferentes cuerpos de agua que tiene el país, en especial en la Costa Atlántica donde se cultiva el zapote utilizando las semillas para elaborar el coagulante natural que les permita reducir el material suspendido presente en el agua y posteriormente emplear el agua tratada para el cuidado de sus cultivos.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de las semillas de *Pouteria sapota* como coagulantes naturales en muestras de agua del Río Bogotá en la vereda Siberia, Cota, Cundinamarca.

6.2. Objetivos específicos

- 6.2.1. Calcular la eficiencia de remoción de turbidez en el agua, empleando extractos de las semillas de *Pouteria sapota*, en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% como coagulantes naturales, con respecto a los patrones (taninos y sulfato de aluminio).
- 6.2.2. Cuantificar los taninos hidrolizables (galotaninos) presentes en la semilla de *Pouteria sapota* por el método de rodanina.

6.2.3. Establecer dosis óptima de coagulante natural a partir de la semilla de *Pouteria sapota* para coagular un litro de agua.

7. Aspecto ingenieril, impacto social y pertinencia del proyecto

Pertinencia. La causa fundamental del deterioro de la calidad de agua la constituye los vertimientos de las aguas residuales domésticas de la capital, en la cuenca media, a través de los ríos urbanos y canales de aguas negras que desembocan en él. Otro grave factor, según un informe de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) de 2006, es el hecho de que las 24 plantas de tratamiento de los 27 municipios de la cuenca alta y media remuevan solo el 40% de carga orgánica. (El Espectador, 2014). Es por ello que se quiere dar un nuevo uso a la semilla del zapote (*Pouteria sapota*), ya que esta semilla es muy utilizada para alargar la vida útil de un producto o como ayudante en la elaboración de medicamentos.

Impacto social. Se busca mejorar la calidad de vida de los agricultores, los cuales usan aguas de diferentes cuerpos de agua como lo son los ríos para el riego de sus cultivos los cuales presentan un alto contenido de material suspendido en el agua. Es por ello que se quiso emplear semillas de diferentes plantas para elaborar coagulantes naturales y a partir de ellos colaborar con el proceso de coagulación para disminuir la turbidez presente en el agua, disminuyendo el uso de sales inorgánicas como lo es el sulfato de aluminio.

Aspecto ingenieril. Se pretende extender la vida útil de un producto como los residuos orgánicos, especialmente de alimentos los cuales después de consumir y no son aprovechados por la sociedad, promoviendo una economía circular. En Colombia las semillas o las cáscaras de diferentes frutas y vegetales son muy poco utilizadas, lo que hace que gran parte de esta materia orgánica no se aproveche. Tal es el caso del zapote, que al ser un cultivo que no se produce en todo el país, es importado al interior para su consumo, siendo las semillas y cáscaras de la fruta desechadas aumentando la cantidad de residuos orgánicos que no son aprovechados y posteriormente enviados a los rellenos sanitarios.

8. Marco de referencia

Este apartado está compuesto por el estado del arte en el cual se enuncian algunas de las investigaciones realizadas en los últimos años empleando productos naturales como coagulantes naturales. Le sigue el marco teórico conceptual que contiene las teorías y conceptos que apalancan la investigación de este proyecto. Dentro del marco legal se encuentra la normativa relacionada con el tema de calidad de agua vigente en el país. En el marco geográfico se encuentra la descripción del territorio

de estudio. Por último, en el marco institucional se observan las instituciones que se relacionan con el proyecto.

8.1. Estado del arte

En los últimos 10 años, tanto a nivel nacional como internacional se han realizado varias investigaciones relacionadas con el uso de coagulantes naturales. Su fin es sustituir los coagulantes inorgánicos o los polímeros orgánicos sintéticos que son utilizados en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable o residual, ya que estos presentan un elevado costo para las poblaciones vulnerables que no cuentan con una economía suficiente para adquirirlos, así como también mejorar la calidad del agua para su consumo.

Dentro de las investigaciones relacionadas con el tema que se han realizado en Colombia, se encuentra un trabajo de grado que se realizó un estudiante de la Universidad El Bosque en el año 2017 en el que se evaluó la actividad coagulante de la semilla *Psidium guajaval L* y el espisperma de la semilla *Persea americana* en muestras de agua del río Bogotá, que tuvo como resultado que al utilizar el extracto en ácido acético al 10% de la semilla *Psidium guajava L*, mostró una eficiencia de 94,95%, y del 93,71% en el extracto de esta misma semilla en agua. Por otro lado, los resultados obtenidos por el espisperma de la semilla de aguacate *Persea americana*, presentaron reducción los niveles de turbiedad, siendo el extracto en ácido acético al 10 % el más eficiente, con un porcentaje de 80,85 % (Chivitá, Celis, Pombo, & Rodríguez, 2018).

En la Universidad del Norte, ubicada en la ciudad de Barranquilla, se realizó un trabajo de investigación titulado “*Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades Palafíticas en el Caribe Norte Colombiano*”. Los resultados mostraron que la Moringa obtuvo mayor eficiencia que la Cañandonga en el proceso de coagulación, con remociones de turbiedad de hasta 96% y 69%, respectivamente. A pesar de que se lograron eficiencias altas en los procesos evaluados, el agua no se consideró apta para consumo humano según la normatividad colombiana luego del tratamiento aplicado. Sin embargo, estas eficiencias podrían reducir el riesgo de contracción de enfermedades (Lugo Arias, 2017).

En el año 2016 se elaboró un trabajo de grado titulado “*Evaluación de la eficiencia de semillas de Moringa oleífera lam. Como coagulante natural en la ciudad de Pasto – Colombia*”. La variable de respuesta encontrada fue la remoción de turbiedad y los factores óptimos para una remoción del 97 % son: dosis de 274,9 mg/l de extracto coagulante y 7,1 de pH con una confianza de 95 % ($p < 0,05$), demostrando que el extracto es un coagulante eficiente ya que presenta remociones comparativas con el Sulfato de Aluminio (Gómez Meneses, 2016).

Para el 2016 en la Universidad El Bosque se elaboró un trabajo de grado titulado “*Prunus persica* como coagulante de muestras de agua del Río Apulo, sector la agronómica, Cundinamarca, Colombia”. Hubo una disminución de turbiedad en todos los extractos de *Prunus persica*, mostrando mayor actividad coagulante para el extracto con ácido fórmico (EFG y EFD) (99,0%), etanol (EEG y EED) (56,1%) y agua (EAG y EAD) (34,1), en ese orden. Los taninos demostraron actividades máximas de coagulación de 38,4 % a 50 ppm para el quebracho, del 50,4 % a 100 ppm para el castaño y del 53,5 % a 50 ppm para mimosa y el control con $Al_2(SO_4)_3$ obtuvo actividades de coagulación máximas del 99% (García, 2016).

Para el año 2015 en la Universidad Militar Nueva Granada se presentó un proyecto de grado titulado “*Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua*”. Esta revisión sirve como base para conocer los agentes naturales y sus principales aplicaciones en el tratamiento del agua. Como resultado se obtiene que los dos agentes naturales más estudiados y utilizados a nivel mundial y que presentan gran capacidad en los procesos de coagulación del agua son la *Moringa oleífera* y diferentes tipos de cactus, siendo una alternativa ambientalmente sostenible para poblaciones que no puedan acceder al agua debido a su situación socioeconómica (Ramírez & Jaramillo, 2015) .

En una investigación realizada en la Universidad Abierta y a Distancia, UNAD, se comparó el rendimiento de la cáscara de papa frente al sulfato de aluminio como coagulante en muestras de agua de la planta la Diana, Duitama, dando un resultado favorable a la cáscara de papa en la reducción del color de las aguas (Alvarado, 2013).

Otra investigación realizada en la que estudiaron la *Opuntia ficus indica* (perteneciente a la familia Cactáceas, especies endémicas del continente americano), como un coagulante natural, encontrando una eficiencia en la reducción del 72% de la turbidez (Villabona, Paz, & Martinez, 2013).

En la Universidad de Cartagena, para el año 2012, se presentó un proyecto de grado titulado “*Evaluación del poder coagulante de la Tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*”, el coagulante natural alcanzo una eficiencia satisfactoria (84,52%), además logró remover un gran porcentaje de turbidez (85,76%) y de color (57,14%) presente en el agua cruda, utilizando dosis similares a la de los coagulantes metálicos con mayor uso en la actualidad para los procesos de tratamiento de agua potable (Martínez & González, 2012).

También en el 2012 en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD de Villavicencio, se presentó un trabajo de grado titulado “*Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias*”; la floculación de las semillas de Moringa como alternativa de biorremediación comprobó la eficiencia de remoción, dado que obtuvieron una remoción superior al 84% pasando de 230 NTU a 36 NTU; lo que demuestra que es una posibilidad viable y eficiente ante la aplicación de ese floculante natural a las fuentes hídricas de la región (Melo Vargas & Turriago Ríos, 2012).

Dentro de los trabajos consultados a nivel internacional se encuentran los siguientes:

En Perú, para el año 2018, se utilizaron coagulantes naturales como la mashua, papa, tara, penca y trigo, que se añadieron a la muestra en el ensayo de test de jarras, obteniéndose una dosis de 45 mg/l a un pH de agua de 7,5 con concentraciones de 5,3% obteniéndose valores de remoción importantes para los parámetros de turbiedad y sólidos disueltos totales. Al evaluar la eficiencia se comprobó que existe remoción de turbiedad por debajo de la norma, con valores de eficiencia de 89,9% para los coagulantes de mashua, papa, tara, penca y trigo, los coagulantes alcanzaron la remoción de sólidos disueltos de hasta el 89% en la tara y un mínimo de 13,5% en el trigo. Por tanto, es posible utilizar insumos naturales como coagulantes para la clarificación de aguas superficiales en épocas de lluvias y puede potabilizarlas y ser aptas para consumo humano (Dávila, Huamán, Polo, & Araujo, 2018).

Mediante una investigación experimental realizada en el año 2017, se determinó la eficiencia que tiene un polvo obtenido a partir del almidón de mashua y la cáscara de papa y *Tropaeolum tuberosum* y *Solanum tuberosum* para remover la turbiedad, sólidos totales disueltos y color presente en el agua del río Lullán. Los resultados obtenidos permitieron establecer que con el almidón de mashua y cáscara de papa solo hay remoción de turbiedad. Se comenzó con una turbiedad de 9,8 NTU, presentando como máximo un valor de 46.7 NTU. Estos valores disminuyeron notablemente luego del tratamiento realizado con el coagulante almidón de mashua se consiguió una turbiedad mínima de 2,39 NTU. Mientras que la cáscara de papa consiguió una turbiedad mínima de 2,82 NTU (Broncano & Rosario, 2017).

La industria textil en Ecuador es todavía motivo de preocupación debido a la inadecuada disposición de sus residuos en los suministros locales de agua. Esta investigación fue llevada a cabo en Pelileo (Tungurahua - Ecuador) donde el agua residual de textilerías es descargada a los cuerpos de agua. Una solución ambientalmente amigable para tratar aguas residuales de textilerías con alta carga orgánica es aquí evaluada: un proceso de remediación de biocoagulación fue realizado utilizando extractos de la planta *Caesalpinia spinosa* conocida como guarango o tara. Se determinó que utilizando extractos de *C. spinosa* para tratar agua residual tiene el mismo efecto estadístico que aplicando un coagulante químico (policloruro de aluminio 15%). La coagulación natural utilizando extractos de *C. spinosa* produjo 85% menos lodo que el policloruro de aluminio, y removió altos contenidos de materia orgánica en el agua residual (1050 mg/L) en un 52% (Revelo, Proaño, & Banchón, 2015).

La aplicación de esta alternativa de sustitución de los aclarantes artificiales por las plantas como las semillas de *Moringa oleífera*, caulote, casullas de café y almidón de papa y yuca puede ser factible de forma inmediata en las comunidades rurales y periurbanas y de esta manera evitarse enfermedades. El coagulante-floculante natural más efectivo es el caulote que tuvo una turbidez final menor a los 5 NTU a comparación de las otras semillas empleadas en el estudio (Díaz, 2014).

En este estudio se propone el empleo de almidones modificados de malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en el proceso de coagulación-floculación enfocado a la potabilización de agua. Con este propósito se sintetizaron tres tipos de almidones fisicoquímicamente modificados a partir del almidón nativo: fosfatado, entrecruzado y pregelatinizado. La remoción máxima de turbiedad fue de

95% utilizando 15 mg/L de almidón nativo combinado con 35mg/L de Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). En consecuencia, este estudio sugiere que el empleo de agentes ambientalmente amigables basados en almidones de malanga permitiría reducir las cantidades de Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) típicamente dosificadas en el proceso de coagulación-floculación en plantas de tratamiento de agua (López, Laines, Hernández, & Aparicio, 2014).

Para el año 2013 en México, en esta investigación se comparó la eficiencia de coagulación entre tres tipos de soluciones obtenidas de las semillas de *Moringa oleífera* y el sulfato de aluminio mediante prueba de jarras. El tratamiento del agua con sulfato de aluminio proporcionó los valores más altos de remoción de turbiedad (95,60%) y color (98,32%), seguida del tratamiento de la solución de Moringa en cloruro de sodio. Por otro lado, los tratamientos con *Moringa oleífera* no cambiaron las propiedades químicas del agua tratada. Considerando las soluciones de Moringa, la eficiencia de eliminación de turbidez fue mayor cuando se utilizaron soluciones con cloruro de sodio (92,03%) y agua de mar (90,72%) que cuando se usó agua destilada como disolvente (56,02%), debido a que la presencia de iones promueve una mayor separación de proteínas solubles, responsables de la coagulación (Sandoval & Laines, 2013).

En Honduras en el año 2010, se realizó un estudio en donde se cita que una de las limitantes en el consumo de agua en zonas rurales a nivel mundial es la presencia de partículas en suspensión que se reflejan en turbiedades medias y elevadas. Atendiendo a esta problemática se evaluaron alternativas de bajo costo en extracción del coagulante de la semilla de *Moringa oleífera* para el tratamiento de aguas con turbidez en un ámbito de 50- 100 NTU. Se realizaron ensayos con tratamientos para evaluar la adición de cloruro de sodio (NaCl) y la cáscara de la semilla, en una dosis de 25 mL/L que resulta en una eficiencia de 69% (Gómez K. , 2010).

Un estudio dirigido a examinar los efectos del sulfato de aluminio en unión con la *Moringa oleífera* como coadyudante de la coagulación enfocado en la eliminación de turbiedad, dureza y bacterias, para ello se realizó la prueba de jarras, con la cual se observó que la mejor eliminación se realizó a un pH entre 7 y 7,5, con una eficiencia de eliminación de turbidez entre 80 % a 99 %. Se pudo concluir que la *Moringa oleífera* como coadyudante de la coagulación se puede utilizar para el tratamiento de agua potable sin el riesgo de liberación de nutrientes (Bina, Mehdinejad, Gunnel, Guna, & Nikaeen, 2010).

En un estudio se tomó un agua modelo, que consistía en agua desionizada con adición de *Escherichia coli* (E. coli) en 104 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL para crear una turbidez de 146 NTU. Se realizaron las pruebas de test de jarras y se obtuvieron resultados con la *Moringa oleífera* con el 84% de remoción de turbidez y 88% de remoción de E. coli. También se usó agua de río turbia 45 NTU, con un recuento de E. coli de 2650 UFC por cada 100 mL y se trató con *Moringa oleífera*, lo que mostró una eliminación de turbidez del 76% y la reducción de E. coli del 93%. La *Moringa oleífera* mostro capacidad de eliminación suficiente para fomentar su uso para el tratamiento de las aguas turbias de los países en desarrollo (Pritchard, Craven, Mkandawire, & Edmonson, 2010).

En Brasil en el año 2009, se hizo un trabajo en donde se determinó la eficiencia de dos coagulantes, el Sulfato de aluminio (y semillas de *Moringa oleífera*, para remover de la turbiedad en aguas con baja turbidez. La dosificación aproximada fue de 25 g de semilla por cada litro de agua realizando pruebas de test de jarras y determinando los posibles mecanismos que se pueden ver involucrados en el proceso de la coagulación (Lédo, Lima, Paulo, & Duarte, 2009).

8.2. Marco teórico-conceptual

- **Coagulación**

La coagulación consiste en un proceso que incorpora diferentes reacciones, procesos físicos y reacciones químicas que suceden entre el coagulante, la superficie de los coloides, la alcalinidad y el agua misma, causando la agregación del material suspendido no sedimentable y de otras partículas coloidales, esto con el fin de que puedan finalmente aglomerarse y adquirir una mayor masa para poder ser sedimentadas posteriormente gracias a la acción de la gravedad. Debe entenderse que las partículas coloidales son sistemas formados por una fase líquida y otra dispersa en forma de partículas generalmente sólidas y deben removerse del agua mediante el mecanismo de la coagulación. Para optimizar este proceso es necesario realizar ensayos de jarras más conocidos como “jartest” en laboratorio con el fin de determinar el gradiente de velocidad, el tiempo en que se debe mezclar el coagulante, la dosis, la concentración y en general las condiciones más óptimas a las cuales el coagulante debe trabajar (Arboleda, 2000).

- **Coagulación natural.**

La coagulación natural actúa como un proceso de neutralización de cargas mediante la adición de extractos de plantas que contienen polifenoles (taninos), gomas, mucílagos o proteínas para generar la desestabilización coloidal. En la coagulación se incrementa la fuerza iónica del medio, se reprime la doble capa eléctrica y por tanto cesa la repulsión entre las partículas coloidales (Bratby, 2006). La coagulación está principalmente influenciada por la variación del pH, contenido de sólidos suspendidos, salinidad, temperatura, velocidad y tiempo de agitación; así como también, la presencia de cationes bivalentes y aniones tales como bicarbonatos, cloruros y sulfatos. El efecto del pH es uno de los parámetros que mayor influencia tiene sobre los procesos de coagulación, pues éste afecta la cantidad y tipo de cargas presentes en la superficie de los sólidos. (Matilainen, Vepsäläinen, & Sillanpää, 2010)

- **Turbiedad**

La turbiedad es la propiedad óptica que tiene una sustancia líquida o sólida, de diseminarla en todas direcciones la luz que pasa por ella. Como la turbiedad es la que produce la dispersión de la luz en diferentes direcciones, debe considerarse aquella como un conjunto de ondas que interactúan sobre un

conjunto de átomos y partículas sin relación con la concentración de la suspensión; solamente cuando la luz pasa a través de un líquido ideal homogéneo no se produce esta dispersión de la luz por lo tanto la turbiedad es cero; precisamente esto es un ideal y es difícil recrear estas condiciones en la realidad pero sí se puede pretender llegar a disminuir lo suficiente la turbiedad para que pueda cumplir con las características que se buscan para finalmente cumplir los límites permisibles de la normatividad colombiana (Arboleda, 2000).

- **Conductividad**

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ($\mu\text{mho/cm}$), equivalentes a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$) o milisiemens por centímetro (mS/cm) en el Sistema Internacional de Unidades (IDEAM, 2006).

- **Coagulantes**

En general, se pueden clasificar en dos grandes grupos: inorgánicos y orgánicos.

1. Coagulantes inorgánicos: Numerosos coagulantes son incluidos en este tipo, pero se pueden clasificar en tres: sales de aluminio, sales de hierro y Cal (Aguilar, Saez, Llorens, & Soler, 2002).
2. Coagulantes orgánicos: básicamente son poli electrolitos de alto peso molecular, con un gran número de sitios activos en sus largas cadenas orgánicas (Aguilar *et al.*, 2002).

- **Espectrofotometría.**

Se refiere al uso de la luz para medir las concentraciones de sustancias químicas (Harris, 2007). La espectrofotometría de absorción en las regiones ultravioleta y visible del espectro electromagnético es, posiblemente, la más utilizada en la práctica del análisis cuantitativo de todas las técnicas espectroscópicas. Resulta de utilidad como técnica auxiliar para la determinación de estructuras de especies químicas. Se basa en la absorción de radiación ultravioleta y visible por el analito, como consecuencia de lo cual se origina un estado activado que posteriormente elimina el exceso de energía en forma de calor (Hernández & González, 2002). Algunos términos que se relacionan con la espectrofotometría son:

- **Transmitancia.** Se define como $T=P/P_o$, donde P_o es la potencia radiante de luz que incide en un lado de la muestra y P es la potencia de la luz que emerge del otro lado de la muestra (Harris, 2007).
- **Absorbancia.** Se entiende como $A=-\log (P_o/P)$, donde P_o es la potencia radiante de la luz que incide en una cara de la muestra, y P es la potencia radiante que emerge del otro lado (Harris, 2007).

- **pH**

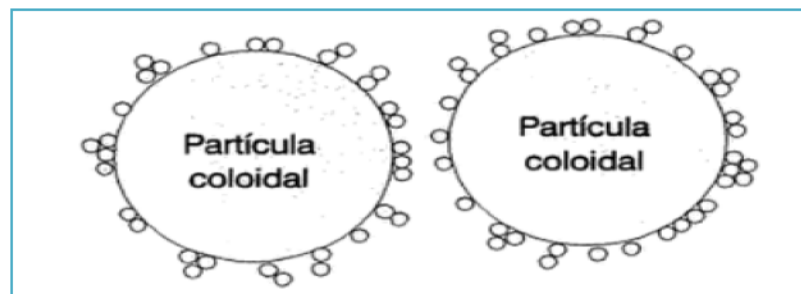
Es la forma de medición del ion de hidrógeno (H^+) o del ion hidroxilo (OH^-) en el agua. El pH es igual al logaritmo en base del inverso de la concentración del ion hidrógeno (SENA, 2012). Se necesita el pH sobre todo en los coagulantes metálicos como las sales de aluminio y hierro, porque estos hacen la precipitación de los hidróxidos, por lo cual las condiciones más estables para su formación con estos coagulantes son con los valores de pH alrededor de 5- 7.5 (Chávez, 2017).

- **Mecanismos de coagulación**

Existen cuatro formas para lograr la desestabilización coloidal. Algunos coagulantes pueden alcanzar esta desestabilización empleando más de una de estas formas (Aguilar, Saez, Llorens, & Soler, 2002)

1. **Compresión de la doble capa:** Fue la primera teoría empleada para explicar los fenómenos de desestabilización, aquí la coagulación se produce por compresión de la capa difusa que rodea a las partículas, minimizando las fuerzas de represión, para que así se formen grandes aglomerados que se sedimenten (Aguilar *et al.*, 2002).
2. **Adsorción y neutralización de la carga:** Acá la desestabilización se da por una inversión de cargas, en donde la carga neta de la partícula se invierte de negativa a positiva por la adsorción de un exceso de contra iones. En la figura 1 se puede observar el fenómeno de neutralización de la carga (Aguilar *et al.*, 2002).

Figura 1. Representación del fenómeno de neutralización de la carga.



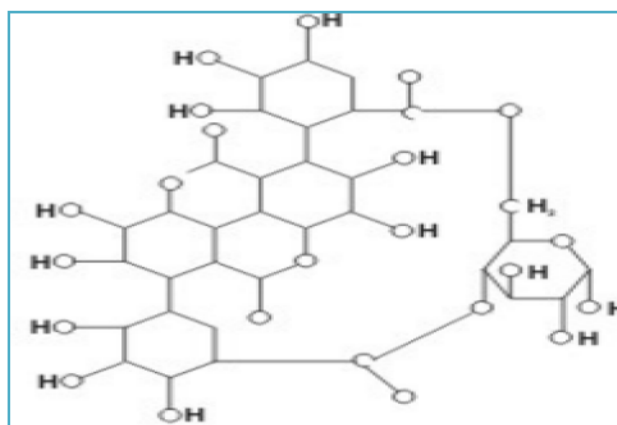
Fuente: (Aguilar *et al.*, 2002)

3. Coagulación por incorporación (o de barrido): La coagulación por incorporación se produce cuando se agrega una concentración de coagulantes tan alta, que se excede el límite de solubilidad de ese compuesto en el agua. En ese momento se precipitan los hidróxidos que se forman por reacción de la alcalinidad y el agua misma con los coagulantes, con lo que se induce la producción de una masa esponjosa (floc de barrido) que atrapa en su caída a los coloides y partículas suspendidas las cuales se ven forzadas a decantar, incorporadas dentro del precipitado que desciende (Arboleda, 2000).

- **Taninos**

Son sustancias polifenólicas de origen vegetal y entre sus características destacan: su propiedad antioxidante debido al elevado número de grupos hidroxilo (*Figura 2*), y la capacidad de unirse a proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas (Claramunt, Farrán, López, & Torralba, 2012).

Figura 2. Representación de la estructura básica de un tanino



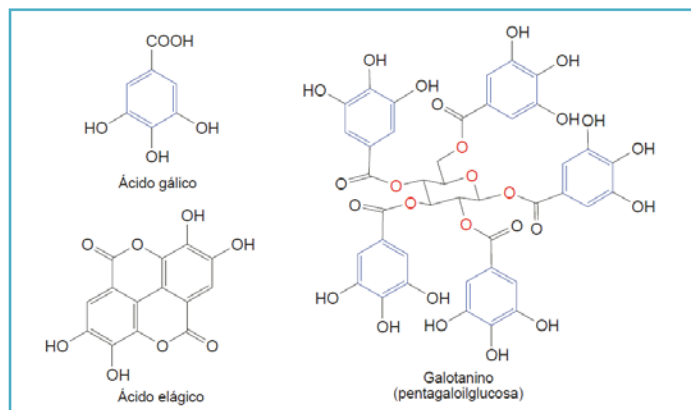
Fuente: (Hernández *et al.*, 2003)

Se encuentran muy repartidos en el mundo vegetal, especialmente en algunas familias (Fagáceas, Rosáceas, Fabáceas, Mirtáceas, etc.) y en diversos órganos: raíces-rizomas, cortezas, leño, hojas, frutos, etc. Se localizan en vacuolas, combinados con alcaloides y proteínas y desempeñan una función defensiva frente a insectos: agallas, maduración de los frutos (Hernández, García, Mercedes, & Olivares, 2003).

Químicamente se clasifican en: taninos hidrolizables o hidrosolubles (pirogálicos), taninos condensados y pseudotaninos. Son sustancias amorfas solubles en agua, que forman soluciones coloidales, en alcohol y en acetona (Hernández *et al.*, 2003).

Los taninos hidrolizables presentan como núcleo central un alcohol polihídrico como la glucosa, y sus grupos hidroxilo se encuentran esterificados con el ácido gálico o con el ácido elágico, formando galotaninos y elagitaninos, respectivamente (Figura 3). Son hidrolizables por ácidos, bases y enzimas (Claramunt, Farrán, López, & Torralba, 2012).

Figura 3. Componente de tanino hidrolizable y un ejemplo



Fuente: (Claramunt, Farrán, López, & Torralba, 2012)

- **Fruto *Pouteria sapota* (Zapote Costeño)**

Es originario de las tierras bajas de América Central, donde con frecuencia se lo encuentra en forma silvestre desde el nivel del mar hasta alturas de 1000 Metros (m). De esa región se difundió al Caribe, Sudamérica, Hawaii y las Filipinas. Se cree que los colonizadores españoles desempeñaron un papel importante en su distribución (Almeyda & Martín, 1979).

Su taxonomía es la siguiente:

Clase: Magnoliopsida

Familia: Sapotaceae

Género: *Pouteria*

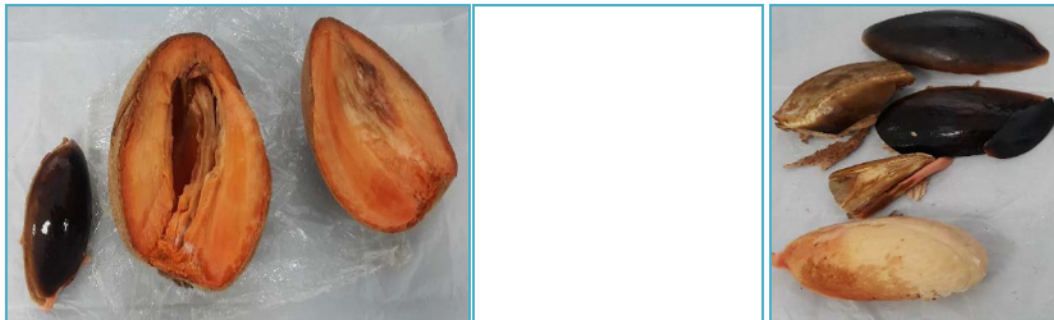
Especie: *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn 1967

Son árboles de gran tamaño (20–50 m), de tronco y ramas gruesas y follaje denso, su madera es durable y pesada. Las hojas son en forma de lanza, de color verde oscuro brillante en el anverso y más claro en el reverso. Sus flores son pequeñas y casi sésiles con cinco pétalos de color blanco. El fruto es elipsoidal u ovoidal, mide de 10 a 25 cm de longitud y de 8 a 12 cm de ancho. La cáscara, delgada pero fuerte, es rugosa y de color pardo rojizo. La pulpa es de color salmón, gruesa, aromática, dulce y suave cuando madura y casi libre de fibras y puede comerse directamente del fruto. Normalmente el fruto contiene una

sola semilla de forma elipsoidal o ahusada de 5 a 6 cm de largo y de color café brillante excepto por un segmento que es de color canela (*Figura 4*) (Almeyda & Martín, 1979).

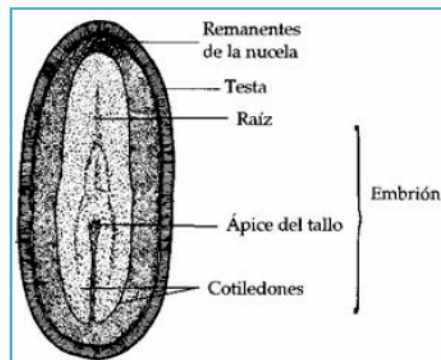
La semilla del zapote está compuesta por el endosperma que es la parte interna de la semilla y el testa que es la cubierta más dura que protege al endosperma y las sustancias de reserva (*Figura 5*) (Laboratorio de Plantas Vasculares, s.f.).

Figura 4. Exterior e interior del fruto Pouteria sapota



Fuente: (Autora)

Figura 5. Estructura de la semilla



Fuente: (Laboratorio de Plantas Vasculares, s.f.)

- **Eficiencia de remoción**

Para determinar la eficiencia es necesario medir la turbidez inicial y la final, en donde si el valor obtenido está más cerca al 100% se entiende que es más eficiente ya que significa que ha logrado disminuir la turbiedad hasta el mínimo posible (Ściban, 2009).

Ecuación 1. Eficiencia de remoción de turbiedad

$$\% ER = \frac{\text{Turbiedad inicial} - \text{Turbiedad final}}{\text{Turbiedad inicial}} \times 100$$

Fuente: (Ściban, 2009)

- **Dosis óptima de coagulante**

Se entiende por dosis óptima la cantidad de coagulante que es preciso aplicar en el proceso de tratamiento para eliminar la turbiedad y color presente en el agua. Durante la dosis óptima de coagulante se verifican tres de las etapas más importantes en el proceso de tratamiento: Mezcla rápida, floculación y sedimentación (Alcántara de Soto, 1999).

- **Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)**

Es una sal inorgánica de color blanco empleada como coagulante de aguas y floculante quienes forman un floc pesado, relativamente de bajo costo y muy empleado en la industria (Arboleda Valencia, 1972).

- **Sedimentación**

El agua en su estado natural puede contener dos tipos de sólidos (sedimentables y no sedimentables), se diferencian básicamente por el tamaño de partícula el cual es directamente proporcional al tiempo de sedimentación, las arcillas son un ejemplo de partículas no sedimentables; estas no son más que tierra fina con un diámetro igual o menor a 0.002 mm y aportan la mayor parte de la turbiedad al agua. La coagulación es el mecanismo por el cual se remueven las partículas no sedimentables que se encuentran suspendidas en el agua (Romero Rojas, 1996).

8.3. Marco legal

En la presenta tabla se encuentra la normativa nacional vigente relacionada al tema de Calidad de Agua.

Tabla 1. Normatividad legal vigente en Colombia

Normativa	Entidad	Descripción									
Constitución Política de 1991	Congreso de la Republica	Esta ley se refiere al daño ambiental que pueda afectar el funcionamiento de los ecosistemas o la salud y bienestar de las personas. Artículo 58, Artículo 79, Artículo 80 y Artículo 366 (Congreso de la Republica, 1991)									
Decreto 2811 de 1974	Ministerio de Agricultura	Se crea el Código Nacional de Recursos Renovables en donde se pretende lograr la preservación, restauración, y conservación del ambiente y la utilización racional de los recursos naturales. Art. 8, 34, 178-180, 182-186 (Ministerio de Agricultura, 1974)									
Decreto 3930 del 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Artículo 23. Control de los criterios de calidad del recurso hídrico. La autoridad ambiental competente realizará el control de los criterios de calidad por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por dicha autoridad, para lo cual deberá tener en cuenta lo dispuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)									
Resolución 2115 de 2007	Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Artículo 2º.- Características Físicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas. Tabla 1.1. Características Físicas <table border="1"> <thead> <tr> <th>Características físicas</th><th>Expresadas como</th><th>Valor máximo aceptable</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Color aparente</td><td>Unidades de Platino Cobalto (UPC)</td><td>15</td></tr> <tr> <td>Turbiedad</td><td>Unidades Nefelométricas de turbiedad (NTU)</td><td>2</td></tr> </tbody> </table> (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)	Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable	Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15	Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (NTU)	2
Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable									
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15									
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (NTU)	2									
Resolución 4353 de 2013	Ministro de Salud y Protección Social	Por la cual se autorizan laboratorios para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano. Artículo 1. Autorizar a los laboratorios relacionados en el presente artículo, para que realicen los análisis físicos,									

		químicos y microbiológicos al agua para consumo humano. Artículo 2. Autorizar a los laboratorios relacionados en el presente artículo, para que realicen los análisis físicos y químicos del agua para consumo humano. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013)
Resolución 330 de 2017	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Artículo 104. Protocolo de Caracterización y Tratabilidad. Para la fase de selección del tratamiento de todo proyecto de sistemas de potabilización de aguas, ya sea nuevo, de expansión, rehabilitación u optimización, deberá implementarse, seguirse e informarse un protocolo de caracterización de agua cruda de la fuente de abastecimiento escogida, de acuerdo con los artículos de la presente sección. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)
NTC-ISO 5667-1.	ICONTEC	Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Diseño de Programas de Muestreo, su objeto y campo de aplicación es establecer los principios generales que se deben aplicar en el diseño de programas de muestreo para los propósitos del control de calidad, la caracterización de la calidad, y la identificación de las fuentes de contaminación del agua, incluyendo los sedimentos y los lodos. En normas posteriores se darán instrucciones detalladas para situaciones de muestreo específicas. (ICONTEC, 1995)
NTC-ISO 5667-6	ICONTEC	Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes. Esta norma establece los principios que se aplican al diseño de programas de muestreo, técnicas de muestreo y al manejo de muestras de agua de ríos y corrientes para evaluación física, química y microbiológica. (ICONTEC, 1996)
NTC 813 (Segunda actualización)	ICONTEC	Agua. Agua Potable tiene como objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable y esta norma se aplica al agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento. (ICONTEC, 1994)
GTC-ISO/IEC 2	ICONTEC	Manual de métodos analíticos para el control de calidad del agua. (ICONTEC, 2015)
NTC 756 (Primera actualización)	ICONTEC	Frutas y hortalizas frescas. Toma de muestras. Esta norma establece el método para la extracción de muestra en frutas y hortalizas frescas enteras. (ICONTEC, 1977)

Fuente: Autora con referencia a normas legales vigentes.

8.4. Marco geográfico

8.4.1. Descripción del territorio

Descripción de la cuenca del Río Bogotá. La cuenca del Río Bogotá se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca y junto con los ríos Sumapaz, Magdalena, Negro, Minero, Suárez, Blanco, Gacheta y Machetá, conforma el grupo de corrientes del departamento. Tiene una superficie total de 589.143 hectáreas que corresponden al 32% del total de la superficie departamental. Constituye la corriente principal de la cuenca recorriendo desde su nacimiento a los 3300 m.s.n.m., en el municipio de Villapinzón hasta su desembocadura al río Magdalena a los 280 m.s.n.m. en el municipio de Girardot (CAR, 2006).

Figura 6. Infografía sobre el Río Bogotá



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

La **cuenca media del río Bogotá** hace referencia al tramo correspondiente a la zona distribuida a lo largo de 90 km, desde el puente de la Virgen, en Cota, hasta antes del embalse del Muña en Alicachín, albergando así ocho municipios: Bogotá, Funza, Mosquera, Soacha, Sibaté, Subachoque, El Rosal, Madrid, Bojacá, y Facatativá. Este tramo recibe las aguas residuales, específicamente de tipo doméstico, del sistema de drenaje urbano de Bogotá y sus áreas periféricas (Instituto de Estudios Urbanos, s.f.)

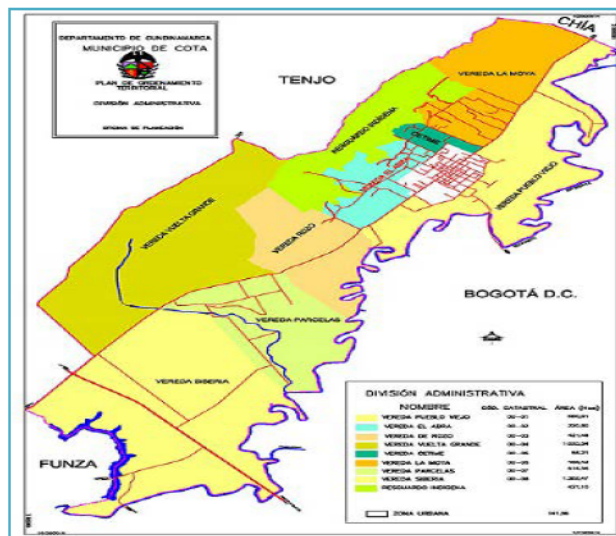
Figura 7. Infografía sobre la Cuenca Media del Río Bogotá



Fuente: (El Espectador, 2014)

Municipio de Cota, Cundinamarca. Es un municipio situado en el departamento de Cundinamarca, en la provincia de Sabana Centro. Está compuesto por el casco urbano conformado por el barrio Centro y el barrio la Esperanza; y sus 8 veredas: La Moya, Cetime, el Abra, Pueblo Viejo, Parcelas, Rozo, Vuelta Grande y Siberia. Limita al norte con el municipio de Chía, al sur con el municipio de Funza, al oriente con Engativá y Suba localidades de Bogotá D.C y al occidente con el municipio de Tenjo. Tiene una extensión total de 55 Kilómetros cuadrados (Km²). La altitud de la cabecera municipal es de 2.566 msnm. Su temperatura media es de 14°C. La vocación económica de este municipio es Agroindustrial. Se encuentra a una distancia de referencia de 26 Kilómetros (Km) al noroccidente de la ciudad de Bogotá D.C (Alcaldía de Cota, 2017).

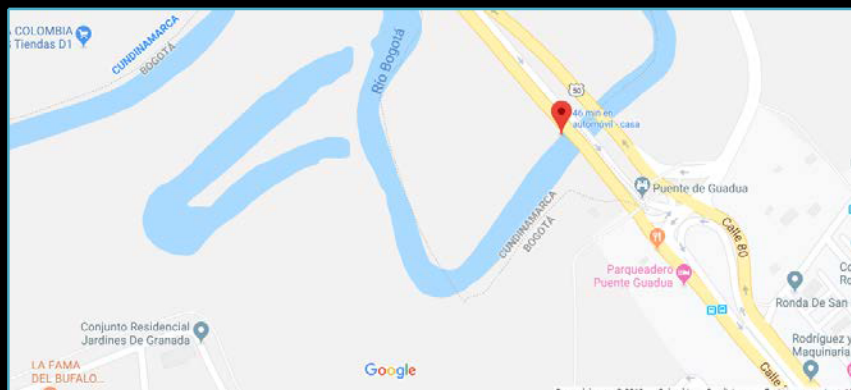
Figura 8. Mapa Político del Municipio de Cota, Cundinamarca



Fuente: (Alcaldía de Cota, 2017)

Punto de toma para las muestras de agua en el Río Bogotá. Las muestras de agua recolectadas para analizar se recogieron en las siguientes coordenadas $4^{\circ}43'42.1''N$ $74^{\circ}01'38.2''W$ (Figura 9) obtenidas con el GPS de un celular marca Samsung Galaxy Note 4, lo que corresponde a los límites entre la ciudad de Bogotá D.C. y el municipio de Cota por la vía Avenida Medellín costado Norte Sur, específicamente en la Vereda Siberia del municipio de Cota, Cundinamarca.

Figura 9. Punto de muestreo

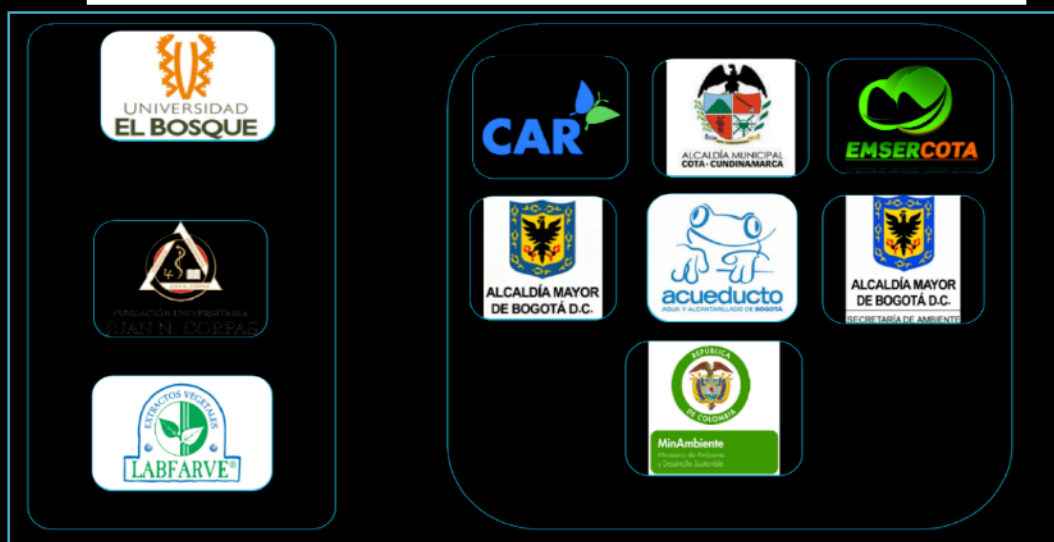


Fuente: (Google Maps, s.f.)

8.5. Marco institucional

A continuación, se presenta un organigrama con los actores involucrados en la investigación de este trabajo de grado.

Figura 10. Organigrama sobre las entidades involucradas en el proyecto de investigación



Fuente: (Autora)

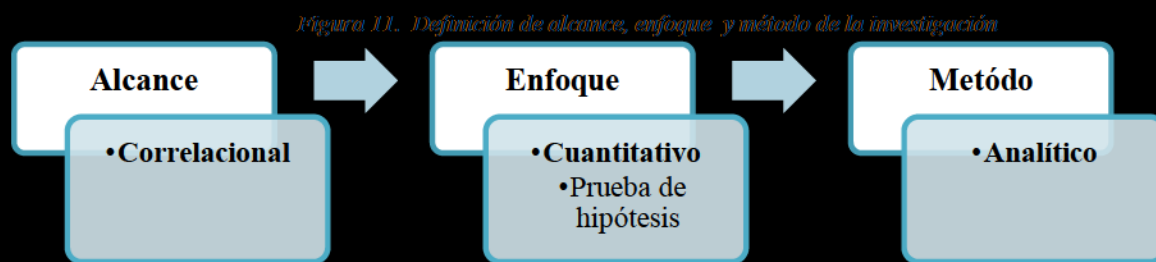
9. Metodología.

La metodología inicial para este proyecto se encuentra compuesta por:

El *alcance* de la investigación *correlacional*, su finalidad es conocer la relación que existe dos o más conceptos en una variable en específico (Hernández Sampieri, 2014), debido a que se quiere analizar la actividad coagulante de las semillas.

Tiene *enfoque cuantitativo*, en el cual utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández Sampieri, 2014), ya que se quiere responder a las hipótesis planteadas.

Se seleccionó el *método analítico*, en este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado (Rodríguez H., 2005), es por esa razón que se quiere realizar en el laboratorio un análisis de la actividad coagulante de las semillas de *Pouteria sapota* en diferentes extractos y concentraciones.



Fuente: Autora

Teniendo en cuenta que la *técnica* viene a ser un conjunto de procedimientos para el aprovechamiento de los elementos que rodean los fenómenos sobre los cuales se investiga (Tamayo, 2004).

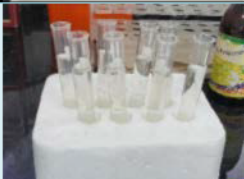
Dentro de las técnicas seleccionadas para desarrollar el presente proyecto se encuentran:

- Selección y recolección de semillas y muestras de agua.
- Análisis de laboratorio.
- Espectrofotometría de absorción de luz visible.
- Test de jarras extendido.
- Análisis de varianza a una vía.
- Cuantificación por medio del método de rodanina para determinar galotaminos.

Por último se entiende como *instrumento* al recurso del que puede valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información (Sabino, 1984).

Los instrumentos que se emplearon para el desarrollo del proyecto de investigación se encuentran divididos de la siguiente manera:

Tabla 2. Insumos y reactivos empleados en el proyecto

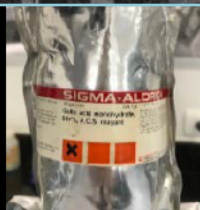
Imagen de referencia	Insumo y/o reactivo
	Semillas de <i>Pouteria sapota</i>
	Botellas plásticas blancas de 500 mL
	Muestras de agua del Río Bogotá
	Condensador de reflujo
	Matraz, balón aforado, filtro de vidrio y papel filtro
	Botellas color ámbar
	Celdas para espectrofotometría
	Extractor Soxhlet
	Ácido acético y etanol



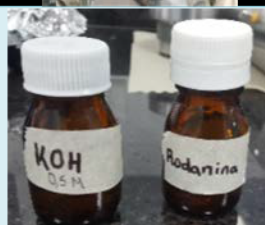
Agua destilada



Sulfato de aluminio y taninos (castaño, mimosa y quebracho)



Ácido gálico



Hidróxido de potasio (KOH) y rodanina

Fuentes: (Anticona, 2019)

Tabla 3. Equipos empleados en el proyecto

Imagen de referencia	Equipo	Marca	Referencia
	Espectrofotómetro de luz visible	Milton Roy	Spectronic 21D
	Balanza analítica	RADWAG	AS 310.X2
	pH metro	Xplorer Pasport	PS200
	Termómetro	Xplorer Pasport	PS200
	Plancha de calentamiento	BOECO	MSH 130
	Rota evaporador	IEA	RV 10 Control
	Baño ultrasónico	Elma	Elmasonic P

Fuente: (Antón, 2019)

Para desarrollar el objetivo específico 1 “Calcular la eficiencia de remoción de turbidez en el agua, empleando extractos de las semillas de *Pouteria sapota*, en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% como coagulantes naturales, con respecto a los patrones (taninos y sulfato de aluminio)” se realizaron las siguientes actividades.

9.1. Recolección de muestras

9.1.1. Recolección de las semillas de *Pouteria sapota* (zapote costeño)

Los frutos de zapote costeño (*Pouteria sapota*) se compraron el día 26 de junio del presente año en horas de la tarde, debido a que no se encontraba en cosecha al momento de conseguir los frutos, por ello se optó por comprarlos en el Supermercado Carulla ubicado en la Cll 12/1 #60-26.

Figura 12. Fruta Zapote costeño (*Pouteria sapota*)



Pouteria: (Antora)

9.1.2. Recolección de las muestras de agua

El día 22 de julio del presente año en las horas de la mañana se recolectaron las muestras de agua del Río Bogotá en el municipio de Cota, vereda Siberia, debajo del puente de la vía Bogotá Medellín costado Sur-Norte (Figura 13). Se tomaron 4 muestras de agua con duplicado cada una por un total de 8 muestras, cada muestra de agua se almacenó en recipientes de 500 ml. Cada muestra y su duplicado se tomó con una diferencia de 30 minutos, los parámetros que se midieron al momento de recolectar las muestras de agua fueron pH y temperatura utilizando un pHmetro y termómetro marca Xplorer Pasport PS200, mientras que los parámetros de conductividad y turbidez se midieron posteriormente con un conductímetro marca PLWE Cobra 4 Mobile Link y un turbidímetro marca MERCK TURBIQUANT 1500 T (Tabla 4). Se hizo el registro de la localización del punto de muestreo real con el GPS incorporado en un celular marca Samsung Galaxy Note 4 y se caracterizó el sitio con fotografías. Se procedió a tapar herméticamente cada recipiente y a rotularlo con la identificación de la muestra, fecha de muestreo,

persona responsable y parámetros a analizar. Las muestras de agua se recolectaron de acuerdo a lo dictado por la NTC-ISO 5667-6, la cual es una Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes.

Figura 13. Punto de muestreo



Fuente: (Autora)

Tabla 4. Caracterización de las muestras de agua recolectadas

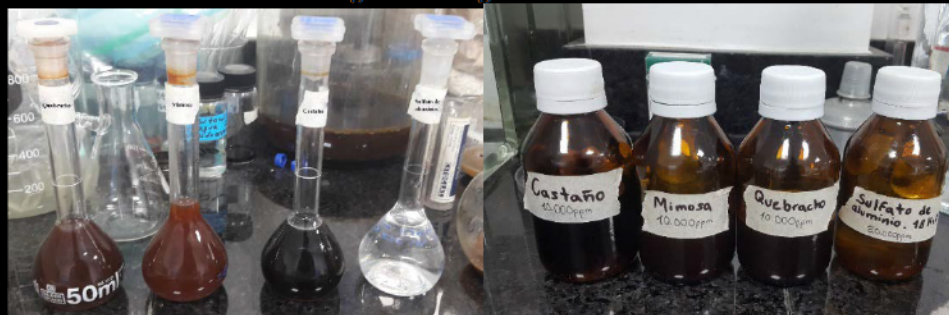
Parámetros	Valores para las muestras de agua				Unidades
	1 ^a	2A	3A	4 ^a	
Conductividad	501,3	539,1	590,1	562,6	μS
pH (in situ)	8,8	8,8	7,8	7,5	[H ⁺]
pH (in vitro)	7,94	7,73	7,72	7,66	[H ⁺]
Temperatura	18,6	18,6	18,5	18,5	°C
Turbidez	22,6	58,8	70,8	51,2	NTU

Fuente: (Autora)

9.2. Preparación de coagulantes control

Se prepararon las muestras control, Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) a 20000 partes por millón (ppm). Para ello se pesaron 2 g de Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y se aforaron con agua destilada a 100 mL. Para los taninos (quebracho, mimosa y castaño) a 10000 partes por millón (ppm), se pesó 1 g de cada uno de ellos y se aforaron a 100 mL con agua T1 (*Figura 14*). Cada coagulante control se almacenó en botellas de color ámbar.

Figura 14. Coagulantes control



Fuente: (Antora)

9.3. Preparación de extractos de la semilla de *Pouteria sapota* (soluciones)

Las soluciones de las semillas se prepararon a una concentración de 20000 partes por millón (ppm). Para ello, se pesaron 2 g de cada muestra (endosperma y testa de la semilla de *Pouteria sapota*) y se les realizó un reflujo con los solventes ácido acético al 10 %, etanol al 10 % y agua l'l durante un periodo de dos horas a temperatura de ebullición del agua (100°C), luego se dejó enfriar, se filtró y se aforó a un volumen final de 100 ml. Es decir, se realizaron seis soluciones, tres para el endosperma de la semilla de *Pouteria sapota* y tres para el testa de la semilla de *Pouteria sapota* (Figura 15).

Figura 15. Reflujo con ácido acético, agua y etanol para cada parte de la semilla



Fuente: (Antora)

Terminado los reflujos, se dejaron enfriar y luego se hizo un proceso de filtración lenta hasta completar el aforo en un balón aforado de 100 ml. (Figura 16).

Figura 16. Filtración de las soluciones



Fuente: (Autora)

Por último se guardaron las soluciones en frascos de vidrios color ámbar y en refrigeración (*Figura 17*).

Figura 17. Soluciones preparadas



Fuente: (Autora)

9.4. Ensayo de la actividad coagulante primaria

Se adaptó la metodología desarrollada por el Grupo de Microbiología Aplicada al Medioambiente del Departamento de Biotecnología de la Universidad Hungliga Tekniska Högskolan de Estocolmo (Suecia) basada en una particularización a escala de laboratorio del extendido test de Jarras. Consiste en medir la densidad óptica a 500 nm (DO500) de una suspensión de agua turbia sintética (Caolín y Arcilla) y muestras problemas del río Bogotá en la Cuenca Media, a la que se le añade un volumen variable del extracto coagulante a estudiar en una celda de vidrio para espectrofotometría. De esta forma se redujo el volumen de agua turbia necesaria para la realización de los análisis, así como la dosis de extracto crudo requerida, permitiendo además la realización de varios ensayos simultáneamente (Ghebremichael K, Gunaratna, Henriksson, Brumer, & Dalhammar, 2005).

Para los ensayos se añadieron 40, 100, 200, 300 y 400 μL de cada extracto para las concentraciones evaluadas de 200, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm respectivamente por cada cubeta y para el sulfato de

aluminio, se evaluaron concentraciones 50, 80, 100, 150 y 200 ppm en los cuales se añadieron 10, 16, 20, 30 y 40 μL por cubeta, tanto los extractos como el sulfato de aluminio tienen una concentración de 20000 ppm, por último los taninos tienen una concentración inicial de 1000 ppm de los cuales se añadieron 40, 60, 80, 200 y 400 μL , aforando el volumen final hasta 4 mL con la suspensión de agua turbia entre 250 y 300 NTU para las concentraciones de 100, 150, 200, 500 y 1000 ppm por cubeta. Las soluciones se homogeneizaron inmediatamente y midiendo a una absorbancia de 500 nm en un espectrofotómetro UV-Visible (Milton Roy Spectronic 21D). La disolución de la cubeta se deja sedimentar durante 2 horas midiéndose la absorbancia cada 30 minutos a 500 nm. En todos los ensayos de actividad, se realiza la medida de un blanco, compuesto por 4 mL agua ultra pura para los extractos en agua del testa de la semilla (Ghebremichael K, Gunaratna, Henriksson, Brumer, & Dalhammar, 2005).

La reducción en el valor de la absorbancia respecto del inicial, define la actividad coagulante primaria del extracto crudo, tal y como se observa en la ecuación 2.

$$\text{Ecuación 2. Cálculo de la actividad Coagulante}$$

$$\text{Actividad Coagulante \%} = \left[\frac{((\text{Absorbancia a } t_0) - (\text{Absorbancia a } t_{120}))}{\text{Absorbancia a } t_0} \right]$$

Fuente: (Ghebremichael K, Gunaratna, Henriksson, Brumer, & Dalhammar, 2005)

Se considera que hay actividad coagulante cuando el porcentaje de sedimentación de la muestra observado al cabo de 60 minutos, es superior a la sedimentación producida de forma natural en el agua a evaluar (Ghebremichael K, Gunaratna, Henriksson, Brumer, & Dalhammar, 2005). El mecanismo de coagulación empleado fue coagulación de barrido (Arboleda, 2000). Los datos obtenidos se les realizaron un Análisis de Varianza o ANOVA.

9.5. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía

El análisis de la varianza de un criterio (ANOVA) es una metodología para analizar la variación entre muestras y la variación al interior de las mismas mediante la determinación de varianzas. Es llamado de un criterio porque analiza un variable independiente o Factor. El ANOVA de un criterio nos permite poner a prueba la hipótesis (Reyes, 2004).

Se consideró las significancias estadísticas para un $p < 0,005$, es decir, intervalos de confianza del 95%. Para resolver el objetivo específico 2 “Cuantificar los taninos hidrolizables (galotaninos) presentes en la semilla de *Pouteria sapota* por el método de rodanina” se realizó la siguiente actividad.

9.6. Cuantificación de galotaninos por el método de rodanina

Se seleccionó este método, ya que, es muy específico para determinar los galotaninos y no presenta interferencias entre compuestos fenólicos, incluidos el ácido elágico y taninos condensados (Inoue & Hagerman, 1988).

El método consiste en la hidrólisis de los galotaninos en condiciones anaeróbicas, el ácido gálico reacciona con la rodanina originando un cromóforo de color rosado (Inoue & Hagerman, 1988).

Preparación de la muestra: Mezclar 5 mL de una solución 1M de H_2SO_4 y 1 mL de muestra (en 70% de acetona) en un tubo de ensayo con rosca (*Figura 18*). Se calienta el tubo sellado durante 26 horas a 100 °C. Enfriar, llevar a 50 mL de volumen con agua desionizada (Inoue & Hagerman, 1988).

Figura 18. Muestra de Pouteria sapota en el tubo de ensayo



Fuente: Autora

Procedimiento: A tiempo cero mezclar 1 mL de muestra y 1,5 mL de reactivo (0,667% de la solución metanólica de rodanina). Después de exactamente 5 min agregar 1 mL de 0,5 M de KOH. Esperar 2,5 min y diluir con agua hasta tener 25 mL, mezclar antes de leer la absorbancia a 520 nm después de 5 – 10 min. Los resultados se expresan como equivalentes de ácido gálico (Inoue & Hagerman, 1988).

La curva de calibración se realiza por medio de una solución madre de ácido gálico (0,10 mg/mL en 0,2 N H_2SO_4). Se utiliza entre 0,2 y 1 mL de la solución madre de ácido gálico en la construcción de la curva (*Figura 19*) (Inoue & Hagerman, 1988).

Figura 19. Diluciones para la obtención de la curva de calibración

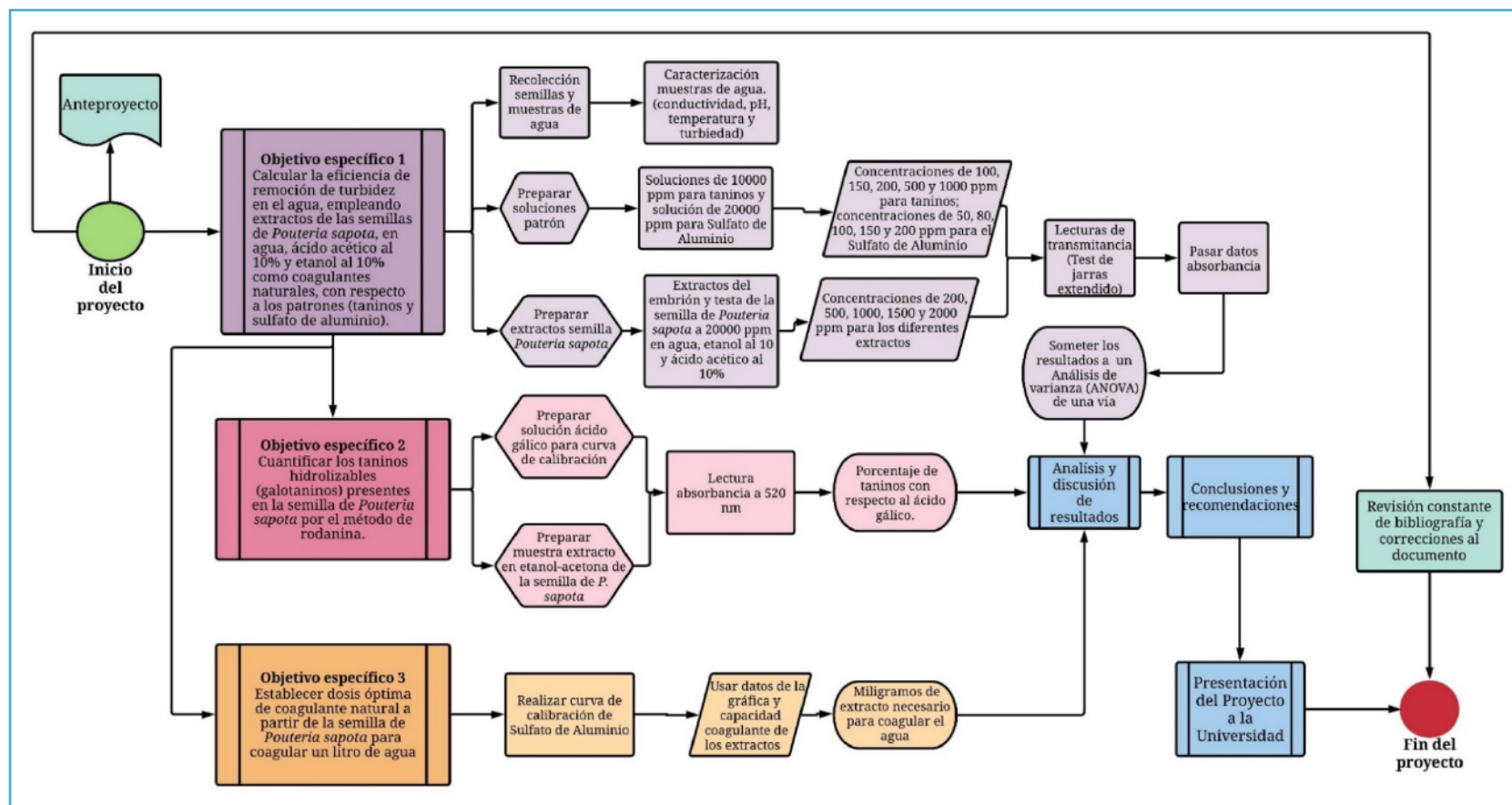


Fuente: Autora

10. Plan de trabajo

El plan de trabajo para el proyecto se compone de un organigrama en el que se explicó de manera general las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto de investigación. Además de contar con una matriz metodológica y una matriz de operación de variables empleadas en el proyecto.

Figura 20. Diagrama de flujo del proyecto



Fuente: Autora

Tabla 5. Matriz metodológica

Objetivos		Actividades	Técnicas	Instrumento	Resultado esperado
General	Específicos				
Evaluar la efectividad de las semillas de <i>Pouteria sapota</i> como coagulantes naturales en muestras de agua del Río Bogotá en la vereda Siberia, Cota-Cundinamarca.	1) Calcular la eficiencia de remoción de turbidez en el agua, empleando extractos de las semillas de <i>Pouteria sapota</i>, en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% como coagulantes naturales, con respecto a los patrones (taninos y sulfato de aluminio).	Recolección de las semillas.	Toma de muestras para frutas y hortalizas dictado por la NTC 756.	Semillas	Efectividad de remoción de turbiedad de las semillas de <i>Pouteria sapota</i> con respecto a los controles positivos (sulfato de aluminio y taninos).
		Recolección de muestras de agua.	Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes. dictado por la NTC-ISO 5667-6.	Bolsas ziploc	
				Botellas blancas de 500 mL	
		Preparar soluciones a 10000 ppm de quebracho, mimosa y castaño.	Test de jarras extendido.	pHmetro y termómetro	
				Taninos y sulfato de aluminio	
				Agua destilada	
				Balón aforado	
		Preparar la solución control a 20000 ppm de Sulfato de aluminio.		Botellas ámbar	
				Celdas	
		Preparar la solución a 20000 ppm a partir de la semilla de <i>Pouteria sapota</i> (endosperma y testa de la semilla) en agua T1, etanol al 10% y ácido acético al 10%.	Reflujo con solventes.	Espectrofotómetro	
				Semillas	
				Ácido acético, etanol y agua	
				Condensadores de reflujo	
				Matraz, balón aforado, filtro y papel filtro.	
		Someter los resultados obtenidos de los diferentes test de jarras extendido a Análisis.	Análisis de varianza (ANOVA) de una vía.	Botellas ámbar	
				Celdas y espectrofotómetro	
				Software para análisis estadístico	

2)	Cuantificar los taninos hidrolizables (galotaninos) presentes en la semilla de <i>Pouteria sapota</i> por el método de rodanina.	Preparar la solución madre de ácido gálico para la curva de calibración. Preparar solución de la muestra, leer con un espectrofotómetro de luz visible.	Cuantificación de taninos por rodanina.	Extracto semilla en etanol y acetona Ácido gálico, KOH y Rodanina Tubos de ensayo con rosca Balones aforados de 25 y 50 mL Celdas y espectrofotómetro	Porcentaje de taninos con respecto al ácido gálico.
3)	Establecer dosis óptima de coagulante natural a partir de la semilla de <i>Pouteria sapota</i> para coagular un litro de agua.	Determinar la cantidad de extracto necesario para coagular 1L de agua.	Estadística.	Análisis estadístico	Miligramos necesarios para coagular un litro de agua.

Fuente: (Autora)

Tabla 6. Matriz de operación de variables

Variable	Tipo de variable	Categorización o dimensiones	Indicador	Unidad de medida
Turbiedad	Dependiente	Ecológica	Calidad del agua potable	NTU
pH	Dependiente	Ecológica		[H ⁺]
Conductividad	Dependiente	Ecológica		µs
Extractos de semillas <i>Pouteria sapota</i>	Dependiente	Ecológica	Eficiencia de remoción	%
Soluciones patrón	Dependiente	Ecológica		%
Galotaninos presentes en la semilla	Dependiente	Ecológica	Porcentaje de galotaninos	%
Dosis óptima	Dependiente	Ecológica	Miligramos	mg

Fuente: Autora

11. Aspectos éticos

El trabajo de investigación no tuvo aspectos éticos a considerar y no requirió de permisos relacionados con este apartado para el desarrollo de esta investigación.

12. Resultados

Objetivo específico 1. “Calcular la eficiencia de remoción de turbidez en el agua, empleando extractos de las semillas de Pouteria sapota, en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% como coagulantes naturales, con respecto a los patrones (taninos y sulfato de aluminio)”.

12.1. Evaluación de la actividad coagulante.

Para todos los ensayos de actividad coagulante se les realizó el test de jarras extendido con los diferentes extractos (acuoso, etanólico y acético) de las dos partes de la semilla de *Pouteria* y los controles (Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y taninos). El extracto de la semilla *Pouteria sapota* (endosperma) en etanol al 10% presentó una eficiencia mayor a comparación de los otros extractos con respecto al agua a tratar (Tabla 7).

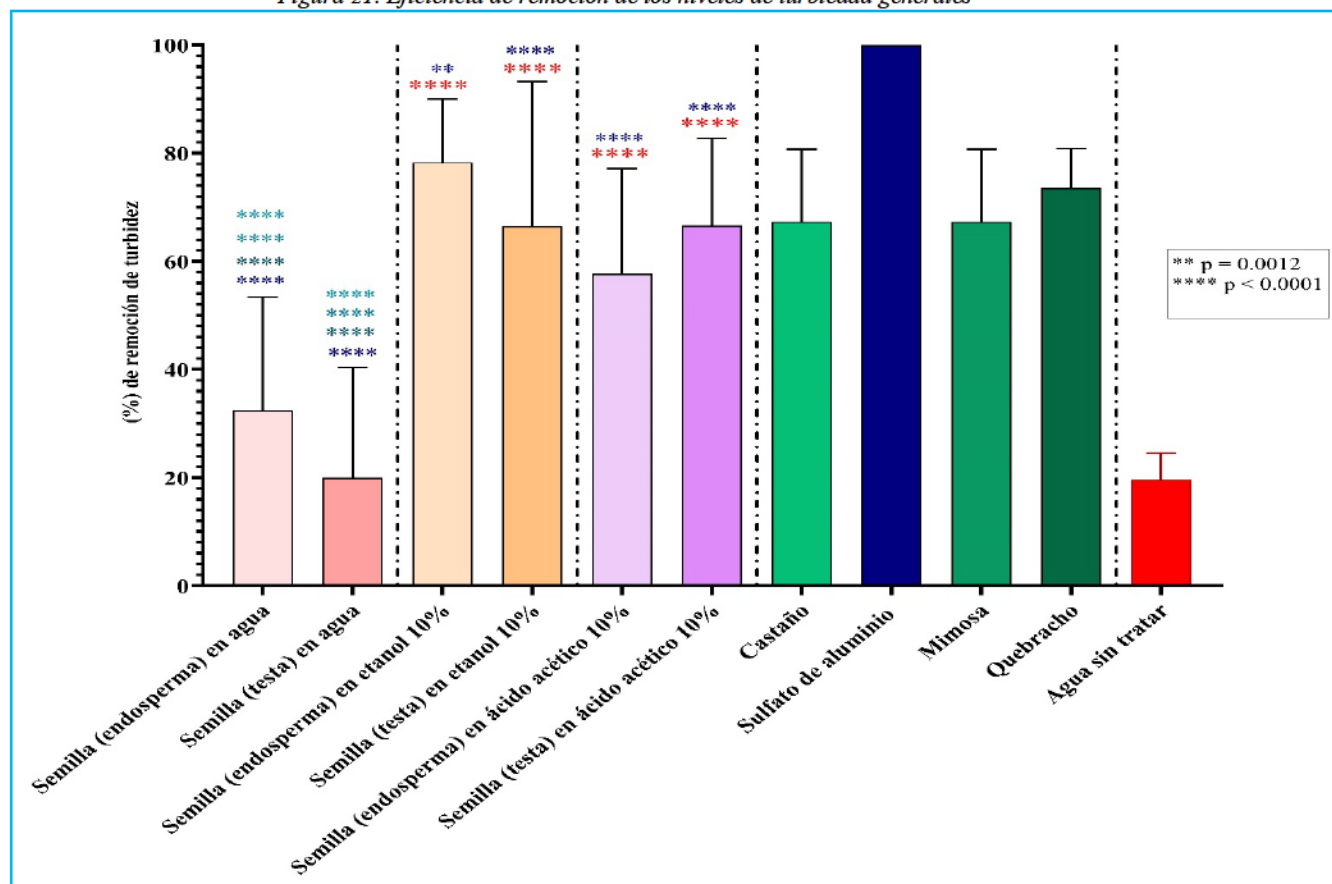
Tabla 7. Valores promedio del porcentaje de eficiencia de remoción (%ER) de los extractos y patrones después del test de jarras extendido

	Semilla (endosperma) en agua	Semilla (testa) en agua	Semilla (endosperma) en etanol 10%	Semilla (testa) en etanol 10%	Semilla (endosperma) en ácido acético 10%	Semilla (testa) en ácido acético 10%	Sulfato de aluminio Al ₂ (SO ₄) ₃	Castaño	Mimosa	Quebracho	Agua sin tratar
	0,00	0,00	51,26	0,00	16,33	39,10	100,00	88,67	88,67	85,21	15,75
	24,18	0,00	75,35	45,75	43,88	71,14	100,00	88,38	88,38	84,50	14,89
	44,86	0,00	78,53	78,76	56,46	78,57	100,00	86,77	86,77	84,46	15,04
	27,68	0,00	73,30	52,46	36,77	47,35	100,00	88,57	88,57	84,58	14,67
	23,94	0,00	48,01	5,04	35,88	37,75	100,00	76,05	76,05	78,84	15,70
	56,34	0,00	77,70	57,07	54,41	60,14	100,00	76,01	76,01	79,36	13,83
	66,76	56,06	73,75	74,57	81,13	81,82	100,00	74,42	74,42	78,04	13,83
	47,69	9,48	72,68	41,45	52,84	55,13	100,00	76,11	76,11	77,73	15,11
	30,46	0,00	73,14	61,44	47,33	70,97	100,00	63,92	63,92	71,79	13,77
	34,63	20,52	84,79	76,21	75,11	73,78	100,00	63,52	63,52	69,87	21,69
	59,84	48,34	93,44	92,15	86,57	86,95	100,00	60,47	60,47	68,91	21,67
	61,84	19,93	76,35	63,58	72,44	68,60	100,00	64,07	64,07	70,06	22,27
	18,05	0,00	87,37	84,48	50,73	48,89	100,00	60,87	60,87	71,02	24,50
	8,60	41,04	84,49	91,62	65,04	75,90	100,00	57,13	57,13	68,11	23,38
	37,80	46,15	93,56	93,33	83,47	84,42	100,00	50,61	50,61	68,28	22,40
	59,51	28,03	78,63	77,20	69,05	73,48	100,00	56,23	56,23	69,47	21,91
	16,29	20,80	83,66	86,75	81,15	40,38	100,00	58,40	58,40	66,69	22,55
	7,63	35,24	87,29	80,77	37,81	80,63	100,00	54,68	54,68	66,41	22,06
	18,20	51,93	88,59	92,45	69,30	80,17	100,00	49,21	49,21	63,22	28,48
	5,05	22,88	83,49	74,66	38,60	77,24	100,00	53,14	53,14	65,05	29,19
̄x	32,47	20,02	78,27	66,49	57,72	66,62	100	67,36	67,36	73,58	19,63
S	20,95	20,35	11,77	26,84	19,47	16,16	0,00	13,39	13,39	7,27	4,98
̄x ± S	4,69	4,55	2,63	6,00	4,35	3,61	0,00	3,00	3,00	1,63	1,11

Fuente: Autora

Todos los datos que se presentan en la tabla fueron corregidos al llevar el Sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ al 100% .

Figura 21. Eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad generales



Fuente: Autora, GraphPad Prism 8

Como se ilustra en la Figura 21 los extractos en agua del endosperma y testa de la semilla de *P. sapota* no presentaron actividad con respecto al agua a tratar por lo tanto se encuentran sin asteriscos de color rojo lo que significa que no tuvo un cambio significativo en el porcentaje de remoción de turbiedad con respecto al agua sin tratar. Sin embargo, los extractos en etanol y ácido acético de ambas partes de la semilla sí presentan un cambio significativo ($p < 0,0001$); el extracto en etanol del endosperma de la semilla presenta un cambio significativo diferente a los otros extractos ($p = 0,0012$) con respecto al control de Sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mientras que los otros extractos de la semilla tienen cambios significativos ($p < 0,0001$) con respecto al Sulfato de aluminio, estos se encuentran identificados con asteriscos de color azul oscuro.

Con respecto a los taninos, solo los extractos en agua presentaron un cambio significativo ($p < 0,0001$) con relación entre el Castaño, Mimosa y Quebracho, que se encuentran con los asteriscos de los colores asignados a cada tanino, mientras que los otros extractos no presentaron cambios significativos con

respecto a los taninos por esta razón se encuentran sin los asteriscos correspondientes a los asignados para cada tanino evaluado. Estos datos se pueden encontrar en el anexo 17.10.

12.1.1. Comportamiento de los extractos de *Pouteria sapota*

En los tres extractos evaluados del endosperma y testa de la semilla (agua, etanol al 10% y ácido acético al 10%), se evidenció una reducción en los niveles de turbiedad con respecto al agua sin tratar, siendo los extractos en etanol al 10% y ácido acético al 10% los que presentaron valores más altos de remoción con respecto a los extractos en agua de las cuatro muestras de agua.

Tabla 8. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) de los niveles de turbiedad en los extractos a diferentes concentraciones.

Extractos	Muestra Agua	Concentraciones (ppm) y % ER					Datos estadísticos		
		200	500	1000	1500	2000	$\bar{x}$	S	$\bar{x} \pm S$
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en agua	1A	2,84	14,81	24,99	19,64	0,00	25,99	17,70	3,96
	2A	6,26	7,05	28,41	46,23	19,84			
	3A	14,93	31,02	49,10	54,78	34,34			
	4A	4,14	48,83	50,74	39,13	22,71			
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en agua	1A	17,07	0,00	0,00	0,00	0,00	16,43	16,69	3,73
	2A	28,91	33,67	16,84	0,00	0,00			
	3A	42,61	37,87	39,66	46,00	0,00			
	4A	18,77	23,00	16,35	7,78	0,00			
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en Etanol 10%	1A	68,65	71,69	60,01	39,39	42,06	64,22	9,66	2,16
	2A	71,62	69,33	69,57	63,75	61,82			
	3A	72,69	76,76	76,67	60,51	64,43			
	4A	68,50	64,52	62,64	59,64	0,00			
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en Etanol 10%	1A	71,18	69,31	50,41	4,13	0,00	54,55	22,02	4,92
	2A	66,27	75,17	62,53	46,83	37,54			
	3A	75,86	76,58	75,61	61,18	64,62			
	4A	61,26	63,34	52,17	34,01	43,04			
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (endosperma) en ácido acético 10%	1A	66,59	41,62	38,83	29,44	13,40	47,36	15,98	3,57
	2A	31,02	53,36	61,63	44,64	36,01			
	3A	56,86	68,49	71,03	66,57	46,33			
	4A	31,67	56,66	59,44	43,35	30,17			
Extracto semilla <i>Pouteria sapota</i> (testa) en ácido acético 10%	1A	33,14	40,11	58,23	30,97	32,08	54,66	13,26	2,97
	2A	66,16	62,27	60,54	49,35	58,37			
	3A	65,78	69,27	71,34	67,13	64,47			
	4A	63,38	60,29	56,29	45,23	38,85			

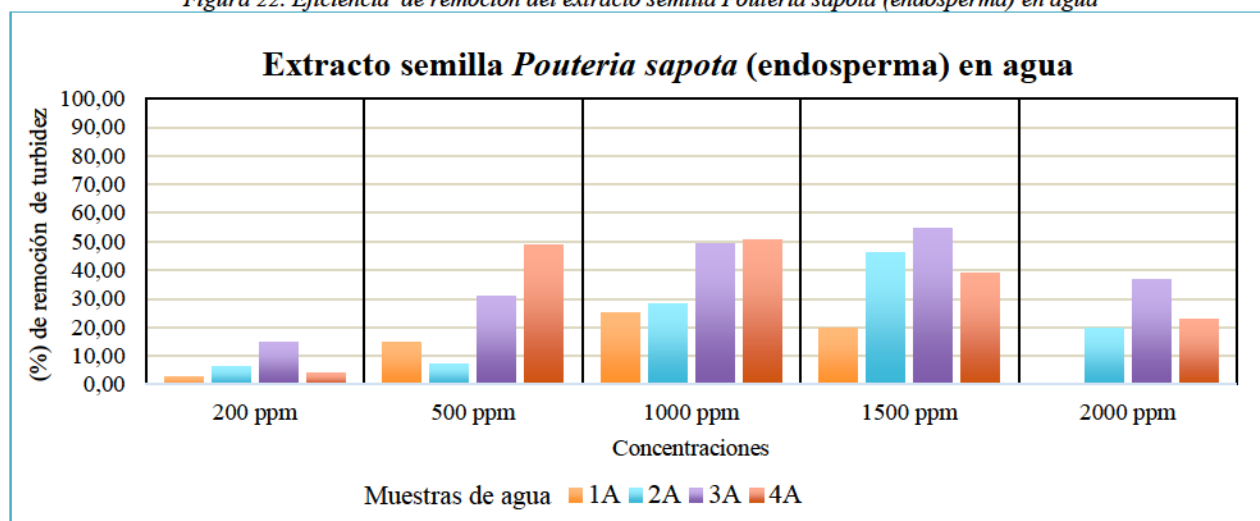
Fuente: Autora

Los datos de la presente tabla se encuentran sin corrección de datos al llevar el Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ al 100%.

12.1.1.1. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos *Pouteria sapota* en agua

El extracto del endosperma de la semilla *Pouteria sapota* presentó mayor actividad coagulante en concentraciones altas como las concentraciones de 1000, 1500 y 2000 ppm con respecto a las concentraciones menores de 200 y 500 ppm como se ilustra en la *Figura 22*, siendo la muestra de agua 3A la que presentó un comportamiento constante en las diferentes concentraciones evaluadas, debido a sus características físicas analizadas (*Tabla 4*). Los valores obtenidos para la eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad en la muestra de agua 3A fueron los siguientes 34,34%, 54,78%, 49,10 %, 31,02% y 14,93% para las concentraciones de 2000, 1500, 1000, 500 y 200 ppm respectivamente.

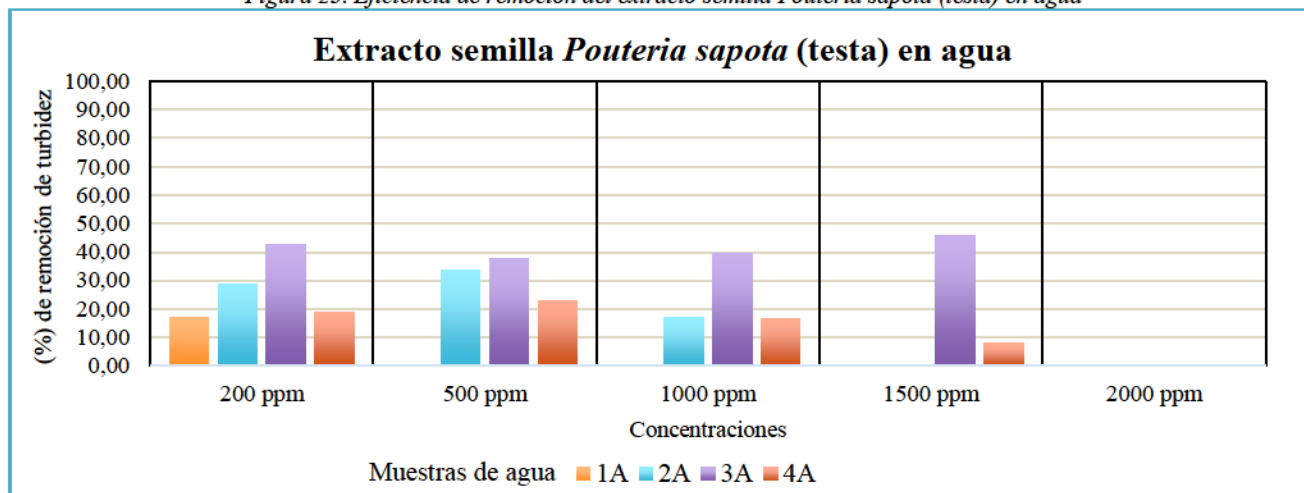
Figura 22. Eficiencia de remoción del extracto semilla Pouteria sapota (endosperma) en agua



Fuente: Autora

El extracto del testa de la semilla no presentó actividad coagulante para ninguna de las muestras de agua en la concentración de 2000ppm, mientras que en las otras concentraciones la muestra de agua 3A tuvo mejor actividad coagulante con respecto a las otras en las concentraciones de 1500, 1000, 500 y 200 ppm presentado valores de eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad 46,00%, 39,66%, 37,87% y 42,61% respectivamente. Mientras que la muestra de agua 1A solo presentó un valor de 17,07% en la eficiencia de remoción del nivel de turbiedad a una concentración de 200 ppm.

Figura 23. Eficiencia de remoción del extracto semilla *Pouteria sapota* (testa) en agua

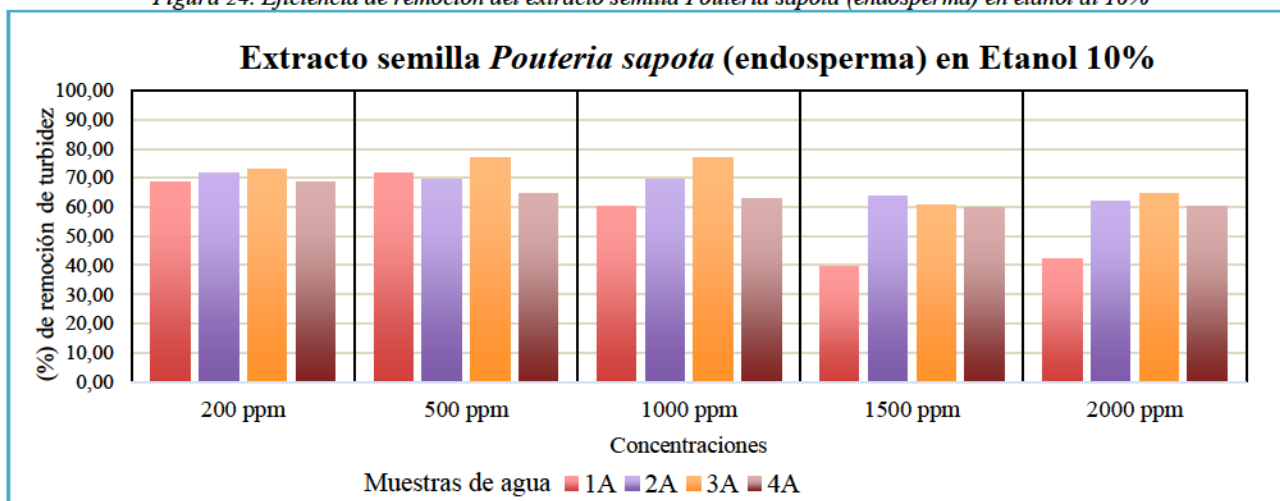


Fuente: Autora

12.1.1.2. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos *Pouteria sapota* en etanol al 10%

El extracto del endosperma de la semilla presentó mejores valores de eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad en concentraciones bajas como lo fueron 200, 500 y 1000 ppm, mientras que en las concentraciones de 1500 y 2000 ppm su porcentaje de eficiencia de remoción fue menor para las diferentes muestras de agua. La muestra de agua 3A presentó un comportamiento constante al cambiar de concentraciones teniendo porcentajes de 64,43%, 60,51%, 76,67%, 76,76% y 72,69% en las concentraciones de 2000ppm a 200 ppm como se muestra en la Figura 24.

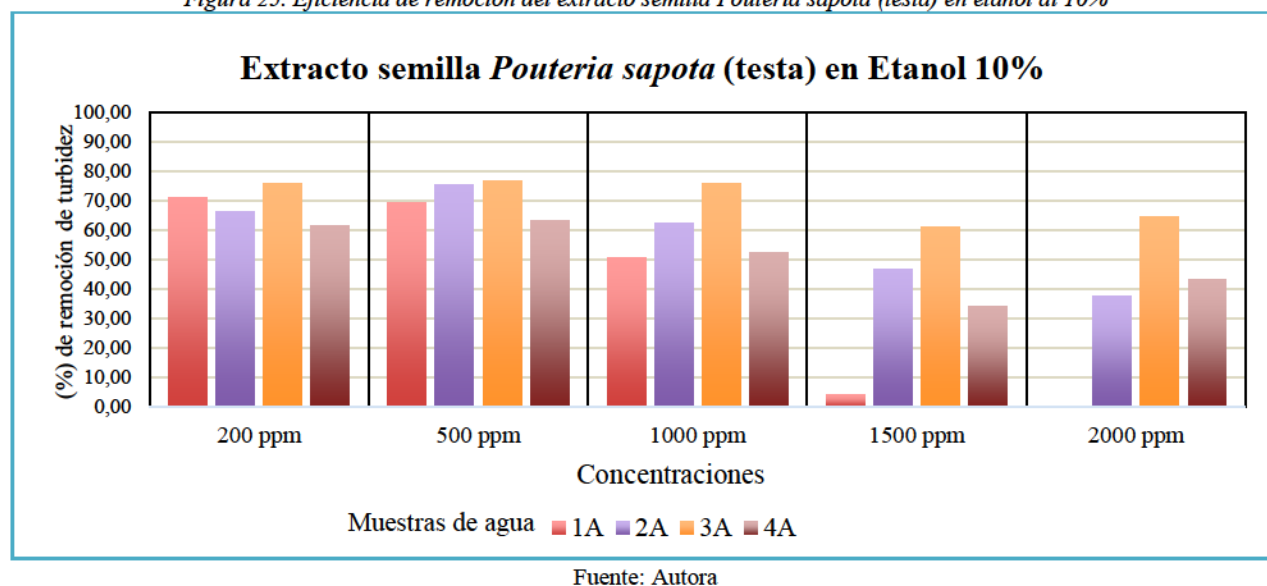
Figura 24. Eficiencia de remoción del extracto semilla *Pouteria sapota* (endosperma) en etanol al 10%



Fuente: Autora

En el extracto del testa de la semilla la muestra de agua 1A no presentó actividad coagulante en la concentración de 2000 ppm y en la concentración de 1500 ppm tuvo un porcentaje de eficiencia de remoción igual a 4,13% siendo el de menor valor a comparación con las otras concentraciones y muestras de agua.

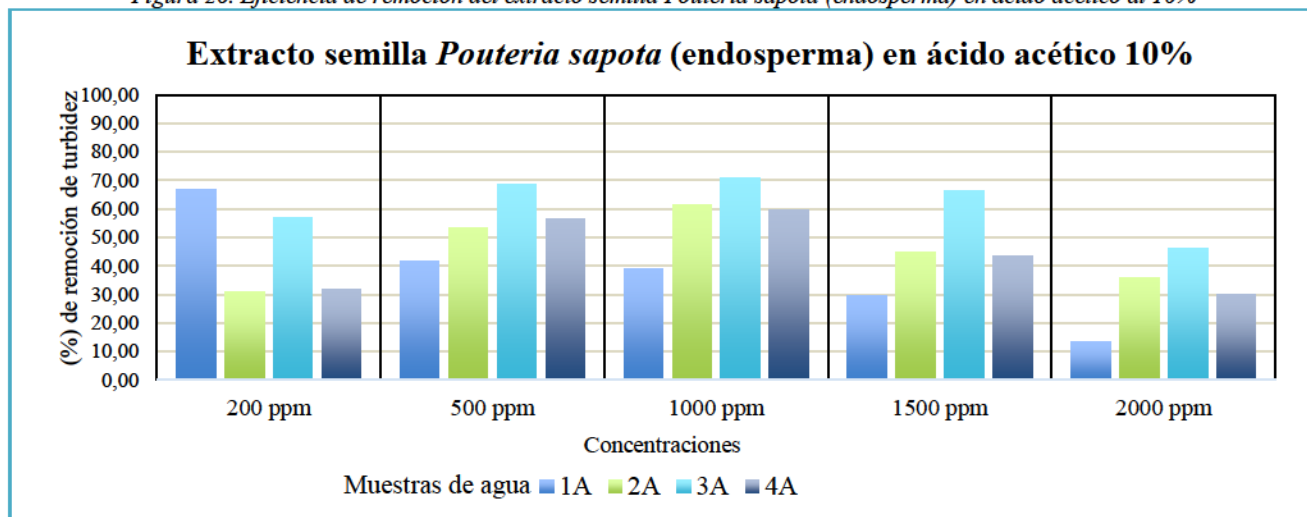
Figura 25. Eficiencia de remoción del extracto semilla *Pouteria sapota* (testa) en etanol al 10%



12.1.1.3. Evaluación de la actividad coagulante de los extractos *Pouteria sapota* en ácido acético al 10%

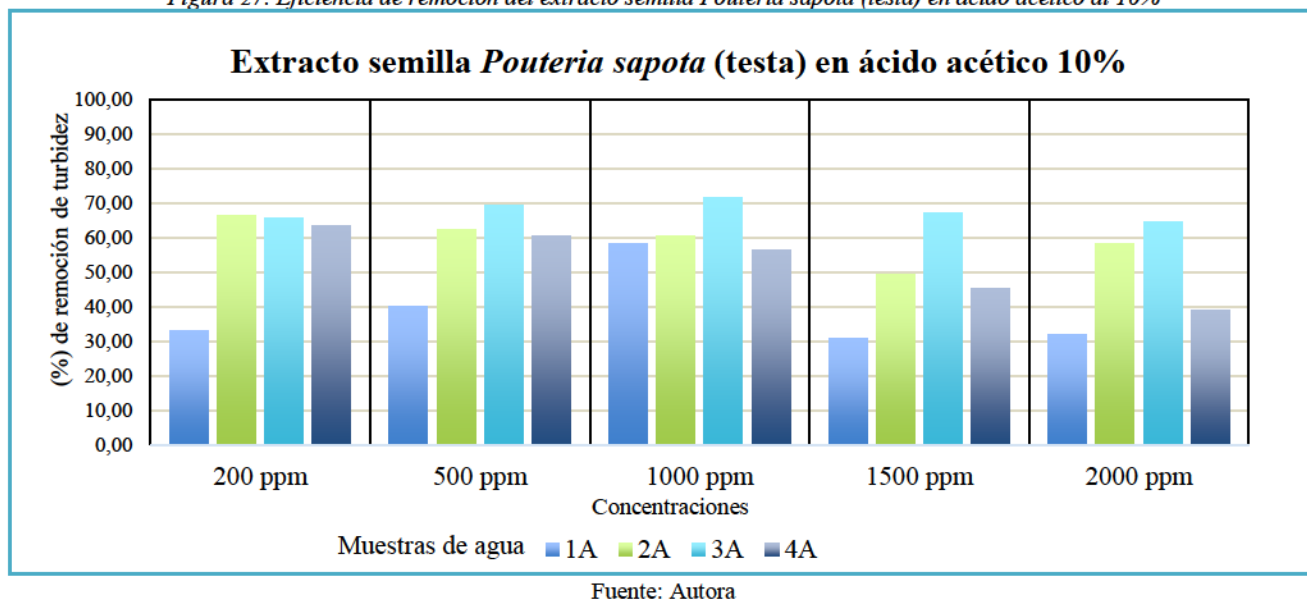
Para el extracto en ácido acético del endosperma de la semilla de *Pouteria sapota* las cuatro muestras de agua tuvieron un comportamiento lineal y en forma de campana de Gauss como se ilustra en la Figura 26, siendo la concentración de 2000ppm la que tuvo menor porcentaje de eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad (ver Tabla 8).

Figura 26. Eficiencia de remoción del extracto semilla *Pouteria sapota* (endosperma) en ácido acético al 10%



Por último el extracto del testa de la semilla en ácido acético donde las muestras de agua 2A, 3A y 4A presentaron un comportamiento similar en las diferentes concentraciones evaluadas mientras que la muestra de agua 1A tuvo menor porcentaje de eficiencia de remoción en las concentraciones de 200, 500, 1500 y 2000 ppm a comparación de las otras muestras de agua, mientras que en la concentración de 1000 ppm su actividad coagulante fue mayor (Figura 27). Todos los promedios de eficiencia de remoción se pueden observar en la Tabla 8.

Figura 27. Eficiencia de remoción del extracto semilla *Pouteria sapota* (testa) en ácido acético al 10%



12.1.1.4. Disminución de la turbiedad del Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua.

Al evaluar el Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) a diferentes concentraciones como se evidencia en la Tabla 9 que contiene los porcentajes de eficiencia de remoción en los niveles de turbiedad presentes en las muestras de agua, fue posible evaluar cómo trabaja un coagulante a nivel industrial que es empleado en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable y residual.

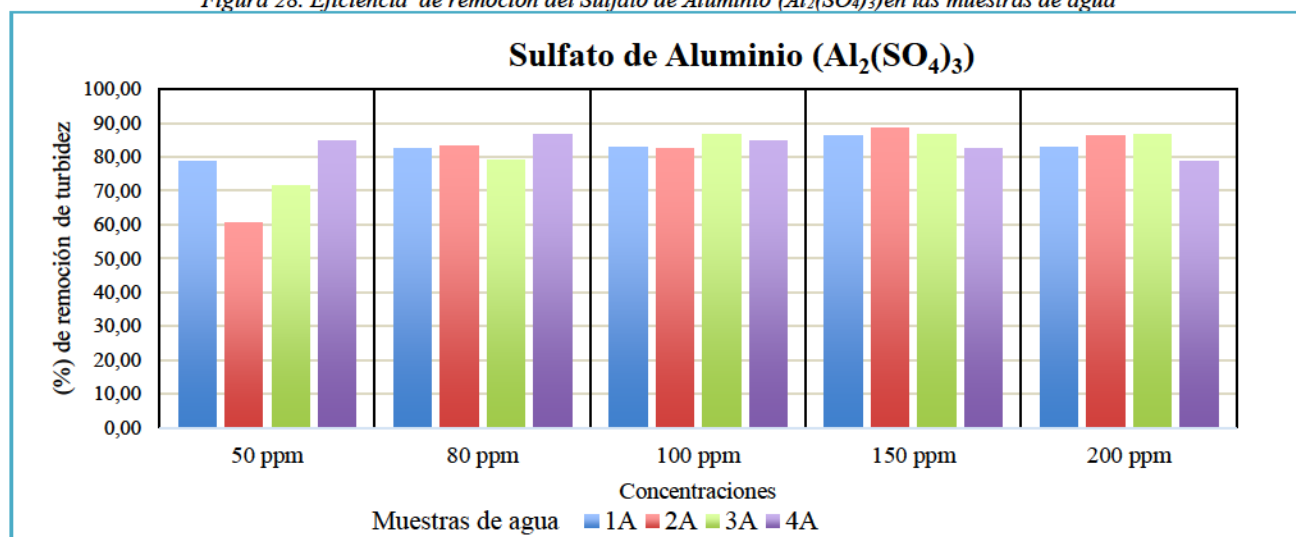
Tabla 9. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) del Sulfato de aluminio($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua

Patrón	Muestra Agua	Concentraciones (ppm) y %ER					Datos estadísticos		
		50	80	100	150	200	$\bar{x}$	S	$\bar{x} \pm S$
Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	1A	78,53	82,39	82,92	86,33	82,76	82,05	6,40	1,43
	2A	60,65	83,21	82,24	88,30	86,34			
	3A	71,44	79,00	86,50	86,55	86,46			
	4A	84,88	86,61	84,80	82,46	78,59			

Fuente: Autora

Los datos de la presente tabla se encuentran sin corrección de datos al llevar el Sulfato de aluminio al 100%.

Figura 28. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) en las muestras de agua



Fuente: Autora

Como se ilustra en la Figura 28, las muestras de agua en la concentración de 50 ppm no presentaron un comportamiento similar a comparación de las otras concentraciones, en el cual las muestras de agua 2A y 3A presentaron porcentajes menores que las muestras de agua 1A y 4A. Por el contrario las muestras de agua tuvieron un comportamiento similar en las otras concentraciones, presentando porcentajes de

remoción de turbidez altos a comparación con los porcentajes obtenidos en los diferentes extractos evaluados de la semilla de *Pouteria sapota*.

12.1.1.5. Disminución de la turbiedad de los taninos en las muestras de agua

En la Tabla 10 se presentan los porcentajes de la eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad que presentaron los tres taninos evaluados a diferentes concentraciones.

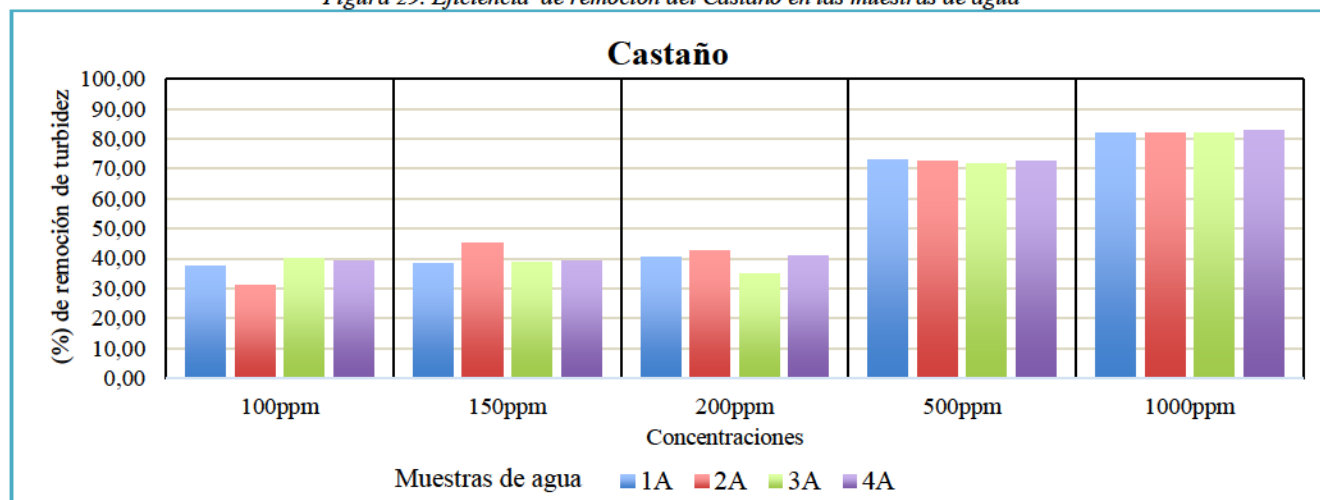
Tabla 10. Porcentajes de eficiencia de remoción (%ER) de los Taninos en las muestras de agua

Patrones	Muestra Agua	Concentraciones (ppm) y %ER					Datos estadísticos		
		100	150	200	500	1000	$\bar{X}$	S	$\bar{X} \pm S$
Castaño	1A	37,64	38,29	40,31	73,06	81,91	67,36	13,39	3,00
	2A	30,93	45,18	42,71	72,61	82,14			
	3A	39,90	38,57	34,91	71,82	81,79			
	4A	38,99	39,28	41,02	72,60	82,65			
Mimosa	1A	67,36	69,77	72,19	82,17	91,75	67,36	13,39	3,00
	2A	65,45	67,92	72,00	82,15	91,68			
	3A	62,64	64,68	70,54	81,53	91,28			
	4A	64,66	67,47	72,26	82,19	91,73			
Quebracho	1A	88,04	90,22	90,77	95,16	97,48	73,58	7,27	1,63
	2A	87,94	89,24	90,14	95,28	97,36			
	3A	86,80	89,30	89,82	94,98	97,35			
	4A	87,46	89,70	90,20	94,91	97,37			

Fuente: Autora

Los datos de la presente tabla se encuentran sin corrección de datos al llevar el Sulfato de aluminio al 100%.

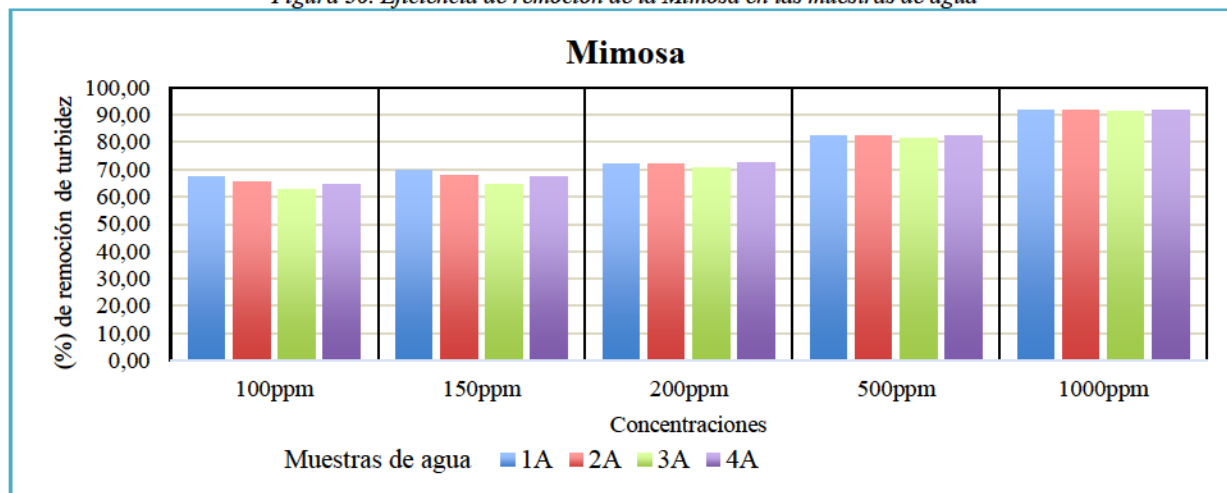
Figura 29. Eficiencia de remoción del Castaño en las muestras de agua



Fuente: Autora

El Castaño presentó un comportamiento creciente a medida que las concentraciones evaluadas fueron aumentando para las diferentes muestras de agua (*Tabla 10*), siendo las concentraciones de 500 y 1000 ppm las que tuvieron porcentajes similares en cada una de las muestras de agua evaluadas (*Figura 29*).

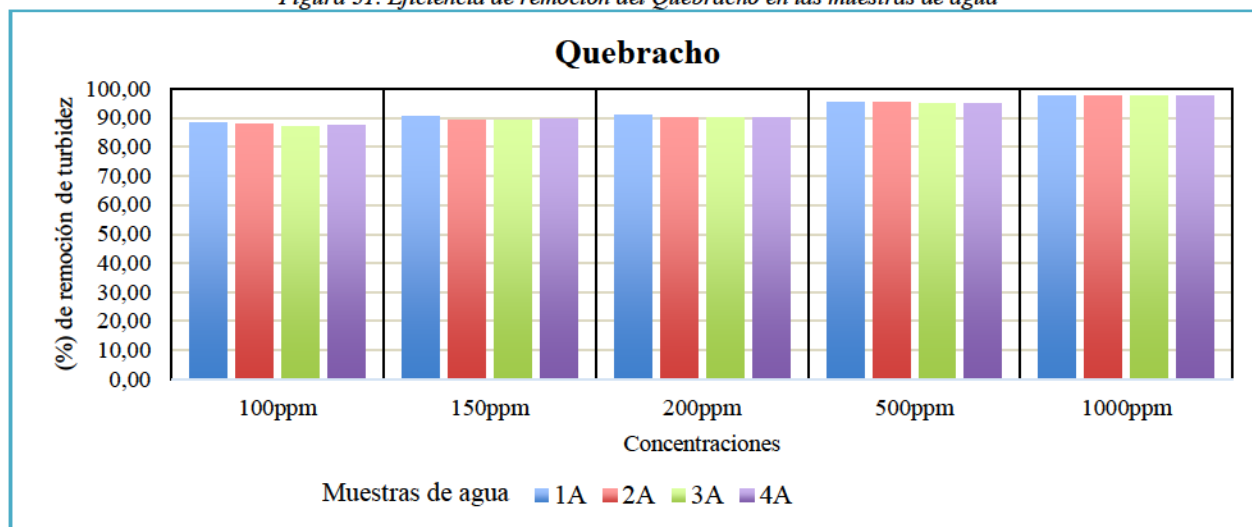
Figura 30. Eficiencia de remoción de la Mimosa en las muestras de agua



Fuente: Autora

El comportamiento que presentó la Mimosa en las diferentes concentraciones evaluadas para las cuatro muestras de agua fue creciente (*Figura 30*), siendo la concentración de 1000 ppm la que obtuvo mayores porcentajes de eficiencia de remoción de turbiedad en cada muestra de agua evaluada (*Tabla 10*).

Figura 31. Eficiencia de remoción del Quebracho en las muestras de agua



Fuente: Autora

Por último, el Quebracho fue el que mejor porcentaje de eficiencia de remoción tuvo de los taninos estudiados en las diferentes concentraciones evaluadas para las cuatro muestras de agua (Tabla 10), siendo la concentración de 1000 ppm la que presentan porcentajes del cercanos al 98% en la eficiencia de remoción de los niveles de turbiedad.

Objetivo específico 2. “Cuantificar los taninos hidrolizables (galotaninos) presentes en la semilla de Pouteria sapota por el método de rodanina”.

12.2. Cuantificación de galotaninos presentes en la semilla de Pouteria sapota.

Para cuantificar los galotaninos presentes en la semilla de *Pouteria sapota* fue necesario realizar dos procedimientos.

12.2.1. Obtención de la curva de calibración de ácido gálico

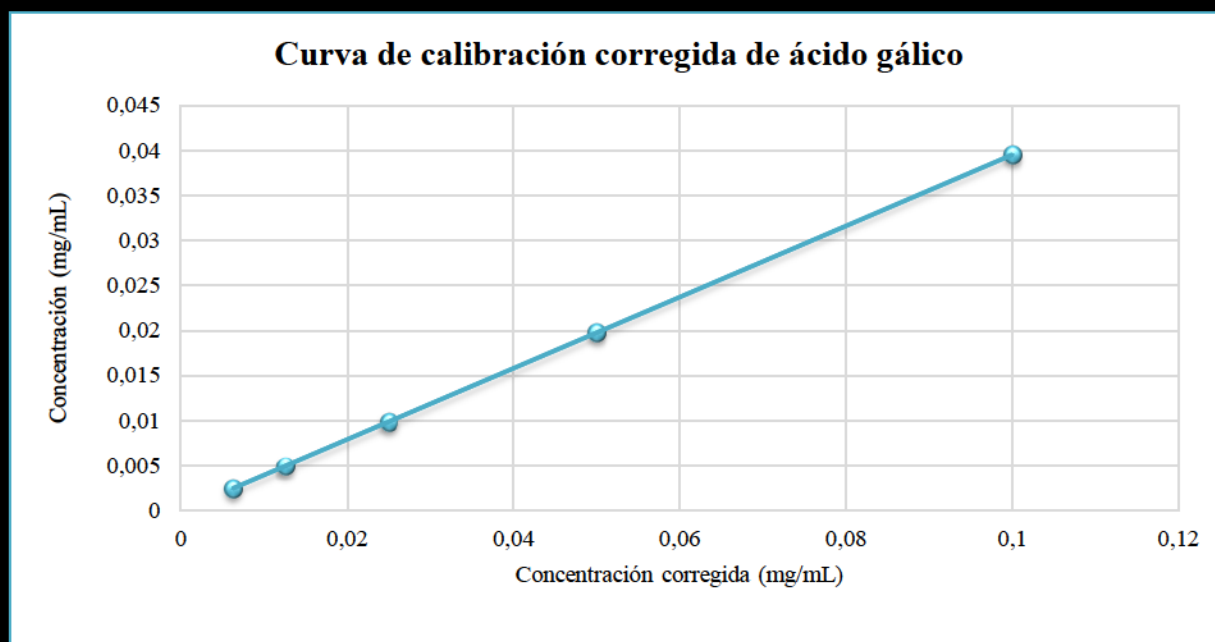
Para la obtención de la curva de calibración se realizaron 4 diluciones de la solución madre de 0,1 mg/mL de ácido gálico, se midió la absorbancia a 520 nm durante 10 minutos, las medidas de absorbancia se tomaron con una diferencia de 5 minutos cada una. Las lecturas de absorbancia obtenidas en los tres tiempos se promediaron para obtener los datos registrados en la Tabla 11 y posteriormente realizar la gráfica de calibración corregida de ácido gálico (Figura 32)

Tabla 11. Curva de calibración de Taninos hidrolizables

Concentración (mg/ml)	Absorbancia	C ²	A*C	Concentración Corregida (mg/mL)
0,1	0,219	0,01000	0,0219	0,0395
0,05	0,184	0,00250	0,0092	0,0198
0,025	0,067	0,00063	0,0017	0,0099
0,0125	0,057	0,00016	0,0007	0,0049
0,00625	0,038	0,00004	0,0002	0,0025
		Sumatoria	División Σ	Factor de corrección
		0,013	0,034	0,395
				2,530

Fuente: Autora

Figura 32. Curva de calibración corregida de ácido gálico



Fuente: Autora

*12.2.2. Cálculo de taninos hidrolizables presentes en la semilla de *Pouteria sapota**

Para obtener la cantidad de galotaninos presentes en la semilla se procedió a preparar 3 muestras iguales de las cuales se les hizo todo el procedimiento explicado en la metodología 9.6. Cuantificación de galotaninos por el método de Rodamina. A cada muestra se le midió la absorbancia cada 5 minutos para tener un total de 3 mediciones en los 10 minutos que se realizaron las lecturas de absorbancia a 520 nm. Estos valores se promediaron, posteriormente se hizo un promedio total de todas las muestras, por último el valor del promedio total corregido se multiplicó por el factor de corrección obtenido en la curva de calibración (*Tabla 12*).

*Tabla 12. Absorbancias promedio de la semilla de *Pouteria sapota**

Promedios			Promedio total	Promedio total corregido
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
0,041	0,036	0,037	0,038	0,096

Fuente: Autora

El valor obtenido de promedio total corregido se dividió en la multiplicación de los factores de dilución de 1/6, 6/50 y 1/25 que dieron como resultado *120181 mg/L* de galotaninos en ácido gálico (AG) que equivale al *6,71%* de galotaninos en ácido gálico del peso inicial de la semilla de *Pouteria sapota* que fue de *1792060 mg/L*. (*Tabla 13*).

Tabla 13. Cálculo para la obtención de taninos hidrolizables presentes en la semilla de *Pouteria sapota*

Promedio corregido	Diluciones			Peso total muestra (mg/L)	Peso de galotaninos en AG (mg/L)	% de galotaninos en AG
	1/6	6/50	1/25			
0,096	0,17	0,12	0,04	1792060	120181	6,71

Fuente: Autora

12.3. Cálculo de dosis óptima de coagulante a partir de la semilla de *Pouteria sapota*

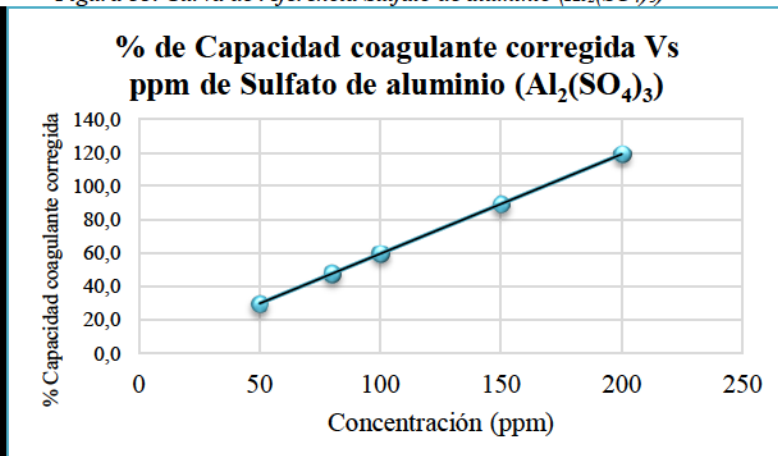
Para construir el patrón de referencia que sirvió para determinar la dosis óptima de coagulante fue necesario relacionar las concentraciones en partes por millón (ppm) del Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) Vs su capacidad coagulante para el agua de la Cuenca Media del Río Bogotá, es por esta razón que se promediaron los valores obtenidos de las cuatro muestras de agua en las diferentes concentraciones evaluadas para poder construir el patrón de referencia.

Tabla 14. Ajuste curva de calibración

ppm	% Capacidad coagulante	C ²	C* (%Capacidad Coagulante	% Capacidad Coagulante Corregida
50	73,88	2500	3694	29,8
80	82,80	6400	6624	47,6
100	83,54	10000	8354	59,5
150	84,12	22500	12617	89,3
200	85,91	40000	17182	119,1
		81400	48471	0,60

Fuente: Autora

Figura 33. Curva de referencia Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)



Fuente: Autora

Tabla 15. Datos obtenidos de la curva de referencia

ppm	% Capacidad Coagulante Corregida
50	29,8
80	47,6
100	59,5
150	89,3
200	119,1
1/ Pendiente	1,67926113
Pendiente	0,5955
Intercepto	0,0
Coef r ²	1

Fuente: Autora

El inverso de la pendiente que se obtuvo (Tabla 14) se relaciona con el inverso de la capacidad coagulante de las diferentes especies (Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y *Pouteria sapota*) y se relaciona con la concentración en partes por millón (ppm) del Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Para obtener el valor total de la capacidad coagulante de la semilla de *Pouteria sapota* se optó por sacar el promedio de todos los extractos que se realizaron en las diferentes concentraciones evaluadas.

Tabla 16. Miligramos necesarios para coagular un litro de agua del Río Bogotá en la cuenca media

Especies	% Cap. Coagulante	1/ Cap. Coagulante	(1/ Cap. Coagulante) * (1/ pendiente)	%	ppm
Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	100	0,010	0,017	1,679	200
<i>Pouteria sapota</i> (endosperma)	45,86	0,022	0,037	3,662	436
<i>Pouteria sapota</i> (testa)	41,88	0,024	0,040	4,010	478

Fuente: Autora

Como se muestra en la tabla anterior, se necesita mayor dosis óptima de coagulante para el testa de la semilla, ya que, esta tiene una menor proporción que el endosperma, debido a que el testa rodea el endosperma para protegerlo.

13. Análisis y discusión de resultados

A los todos los valores de turbiedad obtenidos de los diferentes extractos se les realizó un análisis multivariable de una vía para determinar su intervalo de confianza con respecto a los a los patrones positivos (taninos y Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)).

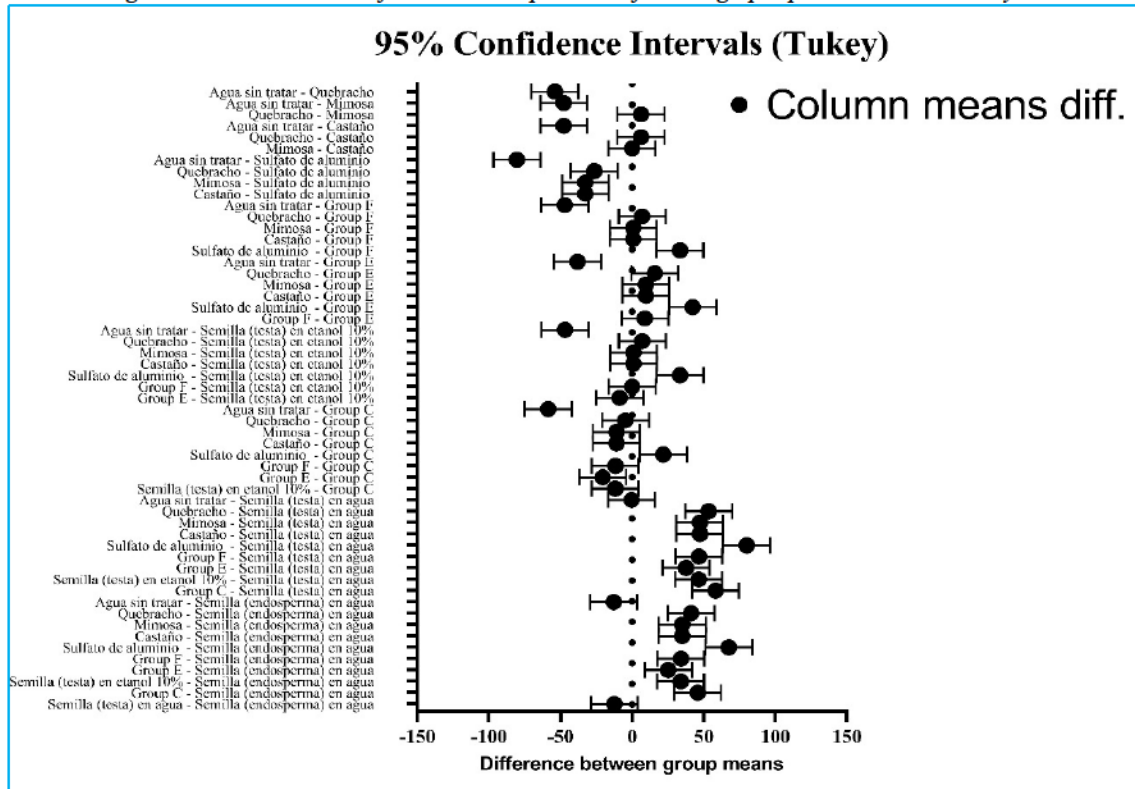
13.1. Análisis de varianza (ANOVA) de una vía

Para los valores obtenidos de eficiencia de remoción se le realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey en la cual se determinó el intervalo de confianza del 95% ($p < 0,05$).

Se calculó la diferencia entre las medias obtenidas para cada grupo y se compararon con el valor crítico obtenido, de ese modo se evaluaron los extractos con respecto a los patrones y entre estos mismos dando como resultado los valores obtenidos en el anexo 17.10.

Cabe recalcar que los datos empleados para elaborar la siguiente grafica fueron los datos corregidos al llevar el Sulfato de aluminio al 100%, sin embargo en los anexos se encuentran las tablas de los datos corregidos y sin corregir, y figuras correspondientes a los datos sin corregir (Ver Anexos 17.5 al 17.8).

Figura 34. Intervalos de confianza del 95% para los diferentes grupos por el método de Tukey



Group C: Semilla (endosperma) en Etanol al 10%, Grupo E: Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% y Group E: Semilla (testa) Ácido acético

Fuente: GraphPad Prism 8, Autora

La Figura 34 muestra la relación que existe entre cada uno de los grupos evaluados en la cual se puede evidenciar que sí hubo una diferencia entre los extractos estudiados de la semilla de *Pouteria sapota* con respecto a las muestras de agua sin tratar. Especialmente, los extractos en etanol al 10% y ácido acético al 10% de las dos partes de la semilla registraran diferencias significativas en la eficiencia de remoción de los niveles de turbidez presentes en cada muestra de agua, cuyos valores son -58,63 para la semilla (endosperma) en etanol al 10%, -46,85 para el testa de la semilla en etanol al 10%, un valor de -38,08 para el endosperma de la semilla en ácido acético al 10% y por último el testa de la semilla en ácido acético presenta un valor de -46,99. Todos estos valores fueron obtenidos con respecto a las medias de cada grupo vs el agua sin tratar.

La relación de las medias de los extractos evaluados frente al Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) que presentaron diferencias significativas fue la siguiente: Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) en agua 67,53, Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (testa) en agua 79,98, Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10% 21,73, Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (testa) en Etanol 10% 33,51, Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% 33,38 y Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10% 33,38.

La relación de los diferentes extractos frente al Castaño solo presentó cambios significativos con respecto a las medias de cada fueron: Castaño vs. Semilla (endosperma) en agua 34,89 y Castaño vs. Semilla (testa) en agua 47,34, mientras que el resto de los extractos no presentaron cambios significativos.

Con respecto a la relación entre los extractos y la Mimosa y el Quebracho solo presentaron cambios significativos los extractos en agua con respecto a las medias de cada grupo dando como resultados lo siguiente: Mimosa vs. Semilla (endosperma) en agua 34,89 y Mimosa vs. Semilla (testa) en agua 47,34; Quebracho vs. Semilla (endosperma) en agua 41,11 y Quebracho vs. Semilla (testa) en agua 47,34.

Por último la relación que se obtuvo entre los patrones positivos (Sulfato de Aluminio y taninos) fue la siguiente: Agua sin tratar vs. Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) -80,37, Agua sin tratar vs. Castaño -47,73, Agua sin tratar vs. Mimosa -47,73 y Agua sin tratar vs. Quebracho -53,95.

Por otro lado, se puede resaltar que la muestra de agua 3A fue la que mejor actividad coagulante presentó en todos los extractos y patrones evaluados, esto se debe a que tenía un mayor nivel de turbidez y su pH de 7,72 que es cercano a un pH neutro por lo cual lo hace apto para tener mejor eficiencia de remoción de turbiedad que las otras muestras de agua.

Los extractos en etanol al 10% fueron los que mejor actividad coagulante tuvieron, debido a que, el etanol aumenta la concentración de taninos, ya que es probable que ayude a desorganizar la capa lipídica que protege a las semillas; una vez que la cutícula ha sido eliminada (lo cual ocurre más rápido en presencia de alcohol), los taninos son extraídos independientemente del contenido del mismo (Gómez, y otros, 2013). Aunque la mezcla de etanol más agua es menor polar que la mezcla de ácido acético más agua y el agua, la polaridad de las sustancias depende de la cantidad de grasas que se encuentran en la semilla de zapote. El zapote presenta una concentración de 40 a 60% de grasas en su estructura (Almeyda & Martín, 1979).

13.1.1. Análisis de turbiedad 50 (T_{50})

Para hallar la turbiedad 50 (T_{50}) se emplearon los datos sin corregir presentados en las tablas anteriores. La turbiedad T_{50} es el valor necesario en la concentración de coagulantes para reducir la turbiedad presente en el agua a un 50%, para ello se halló inicialmente la T_{50} para el Sulfato de aluminio por medio de una tabla de linealización que se encuentra en el anexo 17.11.

Tabla 17. T_{50} , Turbidez relativa, % de remoción de turbidez y % de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50} en muestras de agua del Río Bogotá de las sustancias y extractos evaluado.

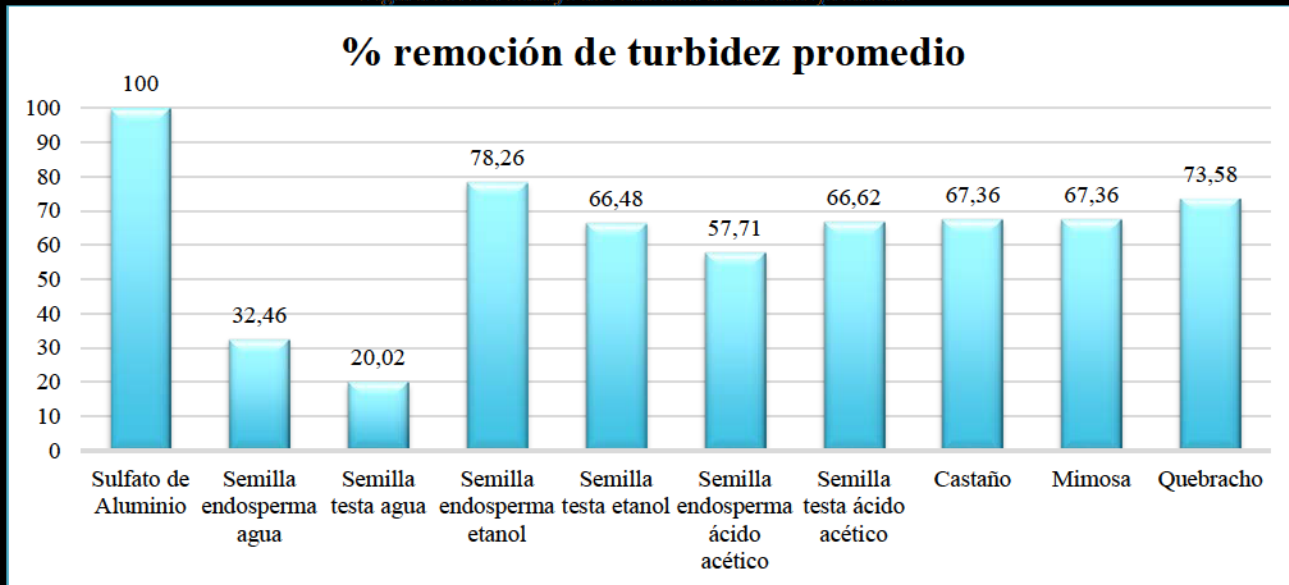
Sustancias evaluadas	T_{50}	Turbiedad relativa	% de remoción de turbidez promedio	% de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50}
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	1,89	1	100	100,00
Semilla endosperma agua	3,55	1,88	32,46	53,15
Semilla testa agua	4,68	2,48	20,02	40,37
Semilla endosperma etanol	2,95	1,56	78,26	63,95
Semilla testa etanol	3,23	1,71	66,48	58,51
Semilla endosperma ácido acético	2,99	1,58	57,71	63,12
Semilla testa ácido acético	2,94	1,56	66,62	64,12
Castaño	3,13	1,66	67,36	60,34
Mimosa	2,72	1,44	67,36	69,34
Quebracho	2,67	1,41	73,58	70,75

Fuente: Autora

Como se puede observar en la Tabla 17, el endosperma de la semilla en etanol fue el que mayor porcentaje de remoción de turbidez promedio tuvo que fue de 78,26%, siendo el más cercano al control de Sulfato de aluminio, le sigue el testa de la semilla en ácido acético que presentó un porcentaje de 66,62% siendo el segundo más cercano al Sulfato de aluminio. Los únicos cuyo porcentaje de remoción de turbidez promedio que no se acerca al 50% necesario para reducir la turbidez son el endosperma y testa de la semilla en agua cuyos promedios son de 32,46% y 20,02% respectivamente, esto quiere decir que les faltaría 17,54% y 29,98% respectivamente para alcanzar por lo menos el 50% necesario para reducir la turbidez presente en el agua.

Con respecto a los taninos (Castaño, Mimosa y Quebracho) el Quebracho fue el que mayor porcentaje de remoción obtuvo con respecto a los otros taninos presentando un valor de 73,58%.

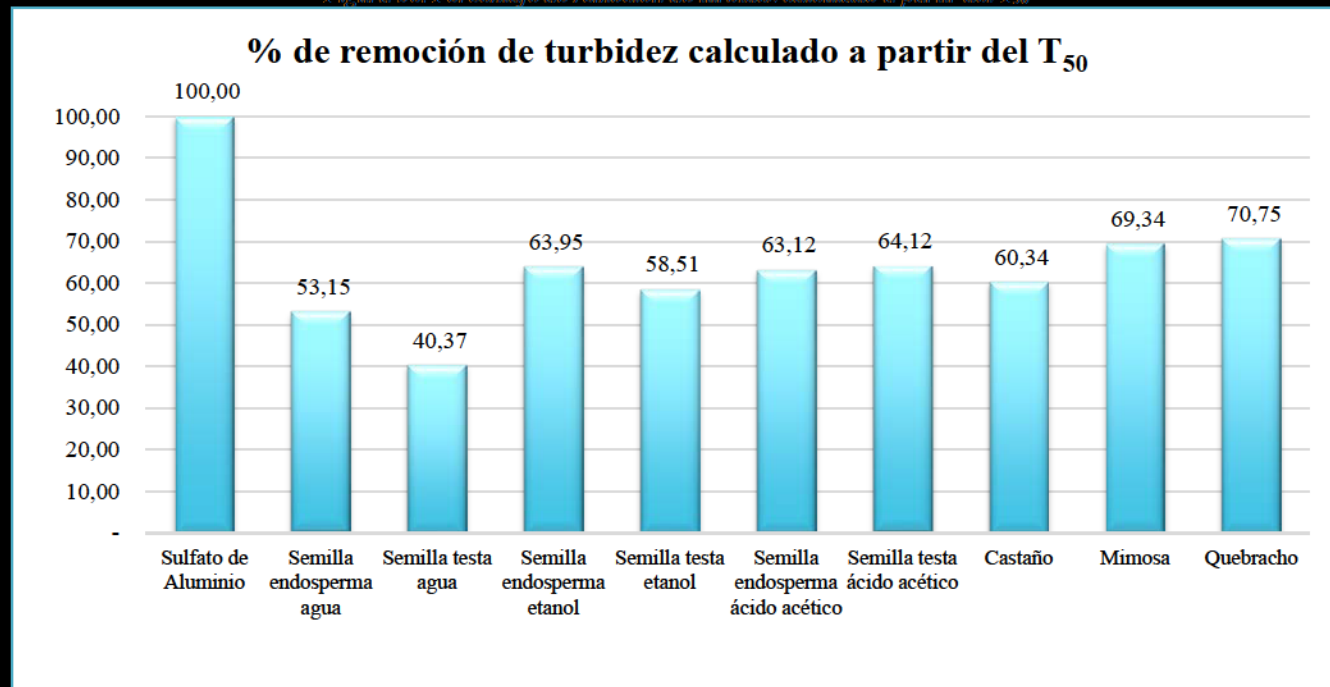
Figura 35. Porcentaje de remoción de turbidez promedio



Fuente: Autora

Con respecto al porcentaje de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50} , el testa de la semilla en ácido acético fue el que presentó mayor porcentaje acercándose al Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ cuyo valor es de 64,12%, seguido del endosperma de la semilla en etanol que presentó un porcentaje de 63,94%. Con respecto a los taninos evaluados el Quebracho fue el que mejor porcentaje obtuvo con respecto a los otros dos taninos cuyo valor es de 70,75%.

Figura 36. Porcentaje de remoción de turbidez calculado a partir del T_{50}



Fuente: Autora

Los datos que se obtuvieron de porcentaje de turbidez promedio de los extractos en etanol, ácido acético y taninos al compararlos con los reportados por Chivitá, Celis, Pombo, & Rodríguez (2018) se encuentra entre los datos de *Acacia mearnsii* (*Australian acacia*) cuyo porcentaje es de 75% y *Amorpha fruticosa* (*False indigo bush*) que presentó un porcentaje del 80% (ver Anexo 17.13). Sin embargo los extractos de agua de ambas partes de la semilla no presentan ninguna similitud con los reportados por Chivitá, Celis, Pombo, & Rodríguez (2018). Mientras que al compararlos con los datos obtenidos por Rodríguez, Andrade, Díaz, & Pombo (2014), los extractos y taninos se encuentran en medio de los datos reportados para *Chromolaena perglabra* y *Gnaphalium pellitum*, los cuales tuvieron porcentajes de 75,9% y 13,1% respectivamente (ver Tabla 18).

Por último, los datos que se obtuvieron del porcentaje de remoción de turbidez calculado a partir de la T_{50} se encuentra intermedios entre los datos de *Phaseolus vulgaris* (*common bean*) y *Robinia pseudoacacia* (*Black Locust*) cuyos porcentajes son de 72% y 60% respectivamente para los promedios obtenidos de los extractos en etanol, ácido acético y taninos, mientras que los extractos en agua se encuentran por debajo de los datos recopilados por Chivitá, Celis, Pombo, & Rodríguez (2018) (Ver anexo 17.13).

Mientras que al compararlos con los datos obtenidos por Rodríguez, Andrade, Díaz, & Pombo (2014), se encuentran en medio de los datos reportados para *Chromolaena perglabra* y *Achyrocline alata*, los cuales tuvieron porcentajes de 75,9% y 31% respectivamente (ver Tabla 18).

13.2. Comparación de taninos hidrolizables presentes en la semilla de *Pouteria sapota* con literatura reportada

Los taninos hidrolizables (TH) por su parte, están compuestos de ésteres de ácido gálico (ácido 3, 4, 5-trihidroxibenzoico) o el ácido elágico (4',5',6'-ácido hexahidroxidifenico-2,6,2',6'- dilactona) unidos a una unidad central de carbohidrato y su nombre hace referencia a su fácil capacidad para hidrolizarse en presencia de ácidos, bases o enzimas (Jourdes, y otros, 2012). Los galotaninos son considerados como las formas más simples de los TH. Son ésteres del ácido gálico y del ácido di gálico unidos entre sí por enlaces ésteres entre el carboxilo ($-\text{COOH}$) de uno de ellos y el $-\text{OH}$ del otro y a su vez unidos a hexosas como la glucosa mediante un enlace anomérico beta, pues la forma alfa no es común en la naturaleza (Jourdes, y otros, 2012).

El contenido de taninos hidrolizables presentes en la semilla de *Pouteria sapota* con respecto al ácido gálico fue menor al evaluado por Ma, Yang, Basile, & Kennelly (2004), el método que emplearon para cuantificar los galotaninos fue HPCL (cromatografía líquida de alta resolución) y PDA (detector de arreglo de fotodiodos) el cual presentó como resultado un peso de 170,91 ppm de galotaninos en ácido gálico, ya que, la cantidad de muestra que pesaron fue de 0,0000128 mg/L (Ver Anexo 17.14), mientras que en este estudio se pesaron 1792060 mg/L de la semilla de *Pouteria sapota* de la cual se obtuvo un peso de 120181 mg/L de galotaninos en ácido gálico (Ver Tabla 8).

También se han realizado otros estudios para determinar la cantidad de taninos hidrolizables o galotaninos presentes en diferentes plantas como lo fue el realizado por Camas (2016), en el que cuantificaron los galotaninos presentes en el mango (*Mangifera indica*) utilizando el método de la rodanina para determinar la hidrólisis enzimática de compuestos de esta fruta. Los resultados que presentaron fueron 9,60 mg/L de ácido gálico luego de realizar la hidrólisis de penta-galoil-glucosa haciendo uso de tanasa a 602,21 x10⁶ mg/L y 7,35 mg/L luego de realizar la hidrólisis de mono-galoil-glucosa haciendo uso de tanasa a 602,21 x10⁶ mg/L (ver Anexos 17.16 y 17.17). Estos pesos fueron menores a los obtenidos para la semilla de estudio.

Por último esta la investigación realizada por Inoue & Hagerman (1998), en la cual emplearon el mismo ensayo de rodanina que se utilizó para cuantificar los galotaninos presentes en la semilla de estudio. En este caso usaron hojas de varias plantas cuyos porcentajes de ácido gálico libre varían de 0 a 0,88% y para el ácido gálico estratificado presentaron porcentajes entre 0,34% a 5,40% (ver Anexo 17.15, el peso inicial para realizar este ensayo fue de 100-200 mg/L de hojas de cada planta evaluada, los porcentajes obtenidos en este estudio fueron menores al obtenido para la semilla *P. sapota*, ya que el peso de muestra inicial fue menor.

13.3. Comparación de dosis óptima de coagulante frente a literatura reportada

Se entiende por dosis óptima la cantidad de coagulante que es preciso aplicar en el proceso de tratamiento para eliminar la turbiedad y el color presente en el agua (Alcántara de Soto, 1999).

La dosis óptima que se obtuvo para las diferentes partes de la semilla de *Pouteria sapota* (endosperma y testa) fueron menores a los que se obtuvieron en la investigación realizada por Rodríguez, Andrade, Díaz, & Pombo (2014), ya que, el valor de la dosis óptima de Sulfato de aluminio es de 500 ppm mientras que la dosis óptima de Sulfato de aluminio que se empleó para realizar los cálculos correspondientes es de 200 ppm.

Tabla 18. Miligramos de extracto necesarios para coagular un litro de agua del río Bogotá cuenca alta

ESPECIES	% Cap. Coagulante	1/ Cap. Coagulante	(1/ Cap. coagulante) * (1/pendiente)	%	ppm
<i>Sulfato de Aluminio</i>	100,0	0,010	0,360	35,95	500
<i>Chromolaena perglabra</i>	75,9	0,013	0,474	47,35	659
<i>Chromolaena odorata</i>	51,6	0,019	0,697	69,72	970
<i>Gnaphalium pellitum</i>	13,1	0,076	2,747	274,73	3.821

Fuente: (Rodríguez, Andrade, Díaz, & Pombo, 2014)

También en el estudio realizado por Guzmán, Villabona, Tejada, & García (2013), en el cual recopilaban información sobre la dosis óptima de coagulante natural, no se presentaron similitudes entre los datos recopilados por ellos y los datos obtenidos en este estudio (Ver anexo 17.12).

14. Conclusiones

El extracto del endosperma de la semilla de *Pouteria sapota* en etanol al 10% fue el que mayor porcentaje de remoción de turbidez tuvo con respecto a los otros extractos evaluados, teniendo valores cercanos al Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y a los reportados por Chivatá y Rodríguez, Andrade, Díaz, & Pombo (2018), siendo el más efectivo y eficiente para reducir la turbidez presente en las muestras de agua del Río Bogotá.

Se verificó la concentración de galotaninos por el método de Rodanina, dando como resultado un porcentaje de 6,71% de galotaninos en ácido gálico presentes en la semilla de *Pouteria sapota*, ya que, al tener taninos según Bratby (1980) puede generar la desestabilización coloidal de las partículas presentes.

Fue posible cumplir la hipótesis nula, ya que, todos los extractos del endosperma y testa de la semilla de *Pouteria sapota* lograron reducir la turbidez presente en las muestras de agua recolectadas en la Cuenca Media del río Bogotá, siendo los extractos en etanol al 10% y ácido acético al 10% de ambas partes de la semilla los que mejor porcentaje de remoción presentaron, mientras que los extractos en agua tuvieron menor porcentaje de remoción de turbidez.

Por medio del análisis de varianza (ANOVA) de una vía y el análisis de Turbiedad T_{50} fue posible descartar cuales solventes empleados en los extractos de la semilla de *Pouteria sapota* presentaron menor rendimiento como lo fueron los extractos en agua del embrión y testa de la semilla que tuvieron un bajo potencial de remoción de turbidez.

Cabe resaltar que con esta investigación se busca no solo sustituir los coagulantes artificiales que al ser muy costosos pueden llegar a ser de difícil adquisición, así como algunos pueden llegar a generar problemas a la salud en un largo plazo, sino también el emplear residuos orgánicos generados por las industrias que emplean las frutas como materia prima siendo las semillas que tengan taninos presentes en ellas, alargando el ciclo de vida y utilizándolas para colaborar en el proceso de coagulación de material suspendido presente en el agua, reduciendo los costos que se general al comprar sales inorgánicas para el tratamiento del agua, mejorando el nivel económico de la población. También se ayudaría a reducir el impacto ambiental que general los lodos al no poder ser tratados por su alto contenido de metales que no permite su posterior tratamiento, siendo estos empleados lodos empleados como fertilizante de los diferentes cultivos al no presentar gran contenido de metales pesados. Por último con solo una semilla de *Pouteria sapota* en agua o en combinación con etanol o ácido acético, a las concentraciones que se presentaron en la dosis óptima pueden coagular y clarificar el agua, en especial para las poblaciones vulnerables que no tienen acceso al agua potable.

Los datos que se obtuvieron al compararlos con la normativa nacional en especial con la Resolución 2115 de 2007, la cual establece los valores máximos aceptables de cada una de las características físicas para el consumo de agua potable, se encuentran por encima de estos valores, es por ello que el agua no se puede utilizar para el consumo de la población sin embargo al tener bajos niveles de turbiedad se puede emplear para el riego de los cultivos por parte de los agricultores.

Por último este proyecto de investigación se relaciona con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU) Objetivo 6. Agua limpia y saneamiento, Objetivo 12. Producción y consumo responsable y Objetivo 13. Acción por el clima.

15. Recomendaciones

Se recomienda seguir investigando el potencial coagulante de diferentes plantas que puedan servir como coagulantes naturales, ya que, Colombia al ser un país tropical, está en capacidad de producir varias frutas y vegetales que pueden contener en ellas taninos necesarios para coagular el agua, extendiendo el ciclo de vida de estos productos y disminuyendo los residuos que se generan con las partes no aprovechadas.

También se recomienda el utilizar las mismas concentraciones para los extractos y patrones control para un mejor análisis de datos.

Se recomienda usar los lodos que se producen luego de precipitarse la turbiedad presente en el agua para fertilizar los diferentes cultivos que se produzcan.

16. Referencias

- Aguilar, M., Saez, J., Llorens, M., & Soler, A. &. (2002). Tratamiento físico - químico de aguas residuales (Coagulación y floculación). En M. Aguilar, J. Saez, M. Llorens, & A. &. Soler. Murcia: Universidad de Murcia.
- Alcaldía de Cota. (2017). *Información del Municipio*. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de Alcaldía de Cota: <http://www.cota-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcántara de Soto, A. (1999). Práctica No. 5 Determinación de Dosis Óptima de Coagulante. En A. Alcántara de Soto, *Ingeniería Sanitaria I: Manual de Practicas* (págs. 21 - 22). Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Almeyda, N., & Martín, F. (1979). Frutas Tropicales. El Zapote. En J. L. Bernal, & M. Londoño, *Frutales (Lulo, Mora, Babaco, Tomate De Arbol, Maracuya, Mamey Zapote, Breva)* (pág. 9). Colombia: CORPOICA.
- Alvarado, L. (2013). Uso de las cascavas de papa como coagulante natural en el tratamiento de aguas potables de la planta la Diana. *Publicaciones e Investigaciones*, 115-121. Recuperado el 30 de Agosto de 2018, de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1115>
- Andesia Químicos. (20 de Agosto de 2009). *Hoja de seguridad. Sulfato de aluminio*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de http://www.andesia.com/doc/quimicos/HojaSeguridad_Sulfato-Aluminio.pdf
- Arboleda Valencia, J. (1972). Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Lima: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente).

- Arboleda, J. (2000). Teoría de la coagulación del agua. En J. Arboleda, *Teoría y práctica de la purificación del agua*. (Tercera ed., Vol. 1, pág. 30). Bogotá: McGRAW-HILL.
- Arl Sura. (Noviembre de 2003). *Hoja de seguridad. Etanol*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <https://www.arlsura.com/files/hojas/etanol.pdf>
- Beltrán, J., Sanchez, M., & Gómez, M. (2010). New coagulant agents from tannin extract: preliminary optimization studies. *Chemical Engineering*, 162(3), 1019 - 1025. Recuperado el 3 de Septiembre de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138589471000611X>
- Betatache, H., Aoubed, A., Druiche, N., & Louinici, N. (2014). Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (*Opuntia ficus Indica*) juice. *Ecological Engineering*, 40, 465 - 469. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857414002845>
- Bina, B., Mehdinejad, M., Gunnel, D., Guna, R., & Nikaeen, M. &. (2010). Effectiveness of Moringa oleifera coagulant protein as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 4(7), 261 - 263. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de <https://publications.waset.org/5079/effectiveness-of-moringa-oleifera-coagulant-protein-as-natural-coagulant-aid-in-removal-of-turbidity-and-bacteria-from-turbid-waters>
- Biopack. (22 de Mayo de 2017). *Ficha de datos de seguridad. Ácido gálico*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de https://www.biopack.com.ar/userfiles/catalogo_pdf/2000989900_2.pdf
- Bratby, J. (2006). Polymers. Natural polyelectrolytes. En J. Bratby, *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment* (pág. 52). Londres: IWA Publishing.
- Broncano, L., & Rosario, N. (2017). *Eficiencia del Tropaeolum tuberosum y la cáscara de Solanum tuberosum como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos, en el Río Lullán, Provincia de Caraz, Ancash*. Tesis para optar el título de Ingeniero Sanitario, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Huaraz, Ancash. Recuperado el 30 de Agosto de 2018, de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1976/T033_46281051_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camas, A. (2016). *Utilización del método rodanina para determinar hidrólisis enzimática de compuestos del mango (Mangifera indica)*. Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Ingeniera en Agroindustria Alimentaria, Zamorano. Recuperado el 4 de Octubre de 2019, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5755/1/AGI-2016-T009.pdf>
- CAR. (2006). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá*. Bogotá. Recuperado el 28 de Agosto de 2019, de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac24aeabc81c.pdf>
- Carlo Erba Reagents. (25 de Febrero de 2009). *Ficha de datos de seguridad Rodanina*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <http://www.insumos-labcentral.unlu.edu.ar/sites/www.insumos-labcentral.unlu.edu.ar/files/site/5-%284-Dimetilaminobenciliden%29%20Rodanina.pdf>
- Chávez, C. (2017). *Influencia del pH en la coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales de un canal*. Informe Final Proyecto de Investigación, Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería

Química, Callao. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2244>

- Chivitá, D., Celis, C., Pombo, L., & Rodríguez, O. (2018). The cogulant activity of the seeds of *Psidium guajava* L. and the Episperm of *Persea americana* Mill. in samples of water from the Bogotá River (Chocontá-Villapinzón). *Indian Journal of Science and Technology*, 11(21). Recuperado el 4 de Septiembre de 2018, de <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/123195>
- Claramunt, R., Farrán, M., López, C., & Torralba, M. (2012). Taninos. En R. F. Claramunt, & M. Torralba, *Química bioorgánica y productos naturales* (págs. 300-301). Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Congreso de la Republica. (1991). *Constitución Política*. Bogotá. Recuperado el 18 de Septiembre de 2018, de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Dávila, C., Huamán, M., Polo, R., & Araujo, N. (2018). *Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas*. Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz. Recuperado el 30 de Julio de 2018, de http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/583/721
- Díaz, J. (2014). *Coagulantes-floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas*. Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Ciencias Naturales, San Pedro Sula Cortés. Recuperado el 8 de Septiembre de 2018, de <http://www.cervantesvirtual.com/obra/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas/>
- El Espectador. (1 de Agosto de 2014). Cuenca media del Río Bogotá, el tramo más grave. *El Espectador*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de <https://blogs.elespectador.com/actualidad/el-rio/cuenca-media-del-rio-bogota-el-tramo-mas-grave>
- Escuela de Química. (31 de Mayo de 2016). *Hoja de seguridad ácido acético*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de Universidad Nacional: www.quimica.una.ac.cr > [index.php](http://www.quimica.una.ac.cr/index.php) > [documentos-electronicos](http://www.quimica.una.ac.cr/documentos-electronicos) > [category](http://www.quimica.una.ac.cr/category)
- Gao, B., & Hoffmann, H. H. (2002). Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment. *Water Research*, 36(14), 3573-3581. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135402000544>
- García, J. (2016). *Prunus persica como coagulante de muestras de agua del Río Apulo, sector la agronómica, Cundinamarca, Colombia*. Trabajo de grado, Universidad El Bosque, Ingeniería Ambiental, Bogotá.
- Ghebremichael K, A., Gunaratna, K., Henriksson, H., Brumer, H., & Dalhammar, G. (2005). A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. *Water Research* 39, 39(11), 2338-2344. Recuperado el 27 de Septiembre de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135405001612>
- Gómez Meneses, F. C. (2016). *Evaluación de la eficiencia de semillas de Moringa oleifera lam. Como coagulante natural en la ciudad de Pasto - Colombia*. Universidad Mariana, Ingeniería Ambiental, San

Juan de Pasto. Recuperado el 25 de Marzo de 2018, de <http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/libroseditorialunimar/article/view/984/906>

- Gómez, E., Busse, N., Fernández, J., Gil, R., Martínez-Cutillas, A., López, . . . Bautista, A. (2013). *¿Destruyendo mitos enológicos?: Efecto del etanol y las enzimas de maceración en la extracción de taninos de semillas. Implicaciones enológicas*. Universidad de Murcia, Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología, Murcia, España.
- Gómez, K. (2010). *Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleífera en el tratamiento de agua con baja turbidez*. Zamorano, Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano. Recuperado el 8 de Mayo de 2018, de <https://pdfs.semanticscholar.org/6b9f/bbbb89108b09552a25bdfb5d6e1002d35eb5.pdf>
- Google Maps. (s.f.). Recuperado el 22 de Julio de 2019, de <https://www.google.com/maps/place/4%C2%B043'42.7%22N+74%C2%B007'38.2%22W/@4.7285331,-74.1294665,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d4.7285278!4d-74.1272778>
- Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *U.D.C.A*, 16(1), 253-262.
- Harris, D. (2007). Fundamentos de espectrofotometría. En D. Harris, *Análisis químico cuantitativo* (Tercera ed., págs. 407-413). Barcelona, España: Reverté S.A.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Capítulo 1: Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. Capítulo 5: Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional. En R. Hernández Sampieri, *Metodología de la Investigación* (Sexta ed., págs. 4, 93). Bogotá: Mc Graw Hill.
- Hernández, L., & González, C. (2002). Espectrofotometría de absorción ultravioleta-visible. En L. & Hernández, *Introducción al análisis instrumental* (Primera ed., pág. 45). Barcelona: Ariel S.A. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de https://books.google.com.co/books?id=yVYn7_MoaAIC&pg=PA45&dq=espectrofotometr%C3%ADa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwib1MDQ6u_kAhVJS6wKHf54B7UQ6AEINjAD#v=onepage&q&f=false
- Hernández, M., García, L., Mercedes, D., & Olivares, D. (2003). Almendro de la India: potencial biológico valioso. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22(1), 42. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002003000100006
- ICONTEC. (1977). *NTC 756. Frutales y hortalizas frescas. Toma de muestras (Primera actualización)*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Recuperado el 28 de Septiembre de 2019, de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC756.pdf>
- ICONTEC. (1994). *NTC 813 (Segunda actualización) Agua. Agua Potable*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <https://es.slideshare.net/jamesdays/texto-ntc-813-agua-potable>
- ICONTEC. (1995). *NTC-ISO 5667-1. Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Diseño de Programas de Muestreo*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000145-d5b44d6af9/NTC-ISO%205667-01-1995.%20Directrices%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20planes%20de%20muestreo.pdf>

ICONTEC. (1996). *NTC-ISO 5667-6. Calidad del Agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes*. Bogotá: Norma Técnica Colombia. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC-ISO5667-6.pdf>

ICONTEC. (2015). *GTC-ISO/IEC 2. Manual de métodos analíticos para el control de calidad de agua*. Bogotá: Guía Técnica Colombiana. Recuperado el 30 de Agosto de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/word/colombia.pdf>

IDEAM. (12 de Julio de 2006). *Conductividad eléctrica en agua*. Recuperado el 30 de Agosto de 2019, de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

Inoue, K., & Hagerman, A. (1988). Determination of gallotannin with rhodanine. *Analytical Biochemistry*, 169, 363-369. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003269788902965>

Instituto de Estudios Urbanos. (s.f.). *Descripción de los tramos del Río Bogotá*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de Bogotá en Datos: <https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112111.htm>

Jourdes, M., Pouysegu, L., Quideau, S., Mattivi, F., Truchado, P., & Tomas-Babaran, F. (2012). Hydrolyzable tannins, Gallotannins, ellagitannins and ellagic acid. En M. Jourdes, L. Pouysegu, S. Quideau, F. Mattivi, P. Truchado, F. Tomas-Babaran, & N. LML (Ed.), *Handbook of analysis of active compounds in functional food* (pág. 435). Boca Raton, Florida: Toldrá F.

Laboratorio de Plantas Vasculares. (s.f.). *Glosario de plantas. Gimnospermas*. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://biologia.fcencias.unam.mx/plantasvasculares/GlosarioPlantas/Gimnospermas/index.html>

Lédo, P. G., Lima, R. F., Paulo, J. B., & Duarte, M. A. (2009). Estudio comparativo de Sulfato de Aluminio y semillas de Moringa oleifera para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información tecnológica*, 20(5), 3-12. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000500002

López, R., Laines, J., Hernández, J., & Aparicio, M. (2014). Evaluación de almidones de malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua. *Revista mexicana de ingeniería química*, 13(3), 855-863. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de Revista mexicana de ingeniería química: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382014000300018&lng=es&tlng=pt.

Lugo Arias, J. L. (2017). *Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades Palafíticas en el Caribe Norte Colombiano*. Trabajo de Investigación, Universidad del Norte, Programa de Ingeniería Ambiental, Barranquilla. Recuperado el 25 de Marzo de 2018, de <http://manglar.uninorte.edu.co/jspui/bitstream/10584/7444/1/129814.pdf>

- Ma, J., Yang, H., Basile, M., & Kennelly, E. (2004). Analysis of polyphenolic antioxidants from the fruits of three Pouteria species by selected ion monitoring liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5873-5878. Recuperado el 3 de Octubre de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/8347575_Analysis_of_Polyphenolic_Antioxidants_from_the_Fruits_of_Three_Pouteria_Species_by_Selected_Ion_Monitoring_Liquid_Chromatography-Mass_Spectrometry
- Martínez, J., & González, L. (2012). *Evaluación del poder coagulante de la Tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*. Universidad de Cartagena, Ingeniería Química, Cartagena. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/137/1/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS.pdf>
- Matilainen, A., Vepsäläinen, M., & Sillanpää, M. (2010). Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 159, 189-197. Recuperado el 5 de Octubre de 2019, de <https://doi.org/10.1016/j.cis.2010.06.007>
- Melo Vargas, G., & Turriago Ríos, F. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del Caño Cola de Pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias*. Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Ingeniería Agroforestal, Villavicencio. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1428>
- Ministerio de Agricultura. (1974). *Decreto 2811 de 1974*. Bogotá. Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de Mayo de 2015). *Avanza recuperación ambiental, social, cultural y económica del Río Bogotá*. Recuperado el Septiembre 12 de 2019, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/1782-avanza>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (25 de Octubre de 2010). Decreto 3930 de 2010. *Diario Oficial No. 47873 del 25 de octubre de 2010*. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Junio de 2007). Resolución 2115 de 2007. *Diario Oficial 46679 de julio 04 de 2007*. Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30008>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (23 de Octubre de 2013). Resolución 4353 de 2013. *Diario Oficial No. 48957 del 28 de octubre de 2013*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=58133&dt=S>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (8 de Junio de 2017). Resolución 330 de 2017. *Diario Oficial No. 50.267 de 17 de junio de 2017*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de www.nuevaleyegislacion.com
› files › susc › cdj › conc › r_mvct_330_17

- Okuda, T., Baes, A., & Nishijima, W. &. (2001). Insolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Research*, 35(2), 405-410. Recuperado el 3 de Abril de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400002906>
- Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., & Edmonson, A. &. (2010). A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35, 798-805. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706510001439>
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento de agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11(2), 136-153. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/viewFile/1303/1359>
- Revelo, A., Proaño, D., & Banchón, C. (2015). *Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de Caesalpinia spinosa*. Universidad de Las Américas, Facultad de Ingeniería. Quito: Enfoque UTE. Recuperado el 15 de Septiembre de 2018, de <http://dx.doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n1.50>
- Reyes, P. (Noviembre de 2004). *Análisis de la varianza de una vía o dirección (ANOVA 1 vía)*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de https://www.academia.edu/8504089/ANALISIS_DE_VARIANZA_DE_UNA_V%C3%8DA_o_DIRECCION_DE_UNA_ANOVA_1_VIA
- Ridwan, M., Wahidatul, A., Pang, C., & Nasrul, H. (2011). Mechanism of Turbidity and Hardness Removal in Hard Water Sources by using *Moringa oleifera*. *Revista de Ciencias Aplicadas*, 11, 2947 - 2953. Recuperado el 31 de Agosto de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/234028321_Mechanism_of_Turbidity_and_Hardness_Removal_of_by_using_Moringa_Oleifera
- Rodríguez, E. (2005). Métodos generales de la investigación científica. Método analítico. En E. Rodríguez, *Metodología de la Investigación* (Quinta ed., pág. 30). México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rodríguez, O., Andrade, W., Díaz, F., & Pombo, L. (2014). *Asteráceas como coagulantes en proceso de tratamiento de agua de la Cuenca Alta del Río Bogotá*. Universidad El Bosque, Bogotá.
- Romero Rojas, J. (1996). *Acuiquímica*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sabino, C. (1984). *Introducción a la metodología de investigación*. Caracas: Ariel.
- Sandoval, M., & Laines, J. (2013). *Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales*. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida: Ingeniería. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46730913001.pdf>
- Šćiban, M. (2009). Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. *Bioresource Technology*, 100, 39 - 43. Recuperado el 30 de Julio de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/26673127_Removal_of_Water_Turbidity_by_Natural_Coagulants_obtained_from_Chestnut_and_Acorn/citation/download

- SENA. (2012). Programa de capacitación y certificación del sector de saneamiento básico. En *Calidad del Agua* (Vol. 1, págs. 30-31). Respotorio.sena.edu.co.
- Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). (s.f.). *Calidad de agua*. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de <http://www.siac.gov.co/calidadagua>
- Tamayo, M. (2004). Técnica. En M. Tamayo, *Diccionario de la Investigación Científica* (Segunda ed., pág. 141). México: Limusa.
- Universidad Javeriana. (15 de Agosto de 2012). *Hoja de datos de seguridad. Hidróxido de Potasio*. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de https://www.javeriana.edu.co/documents/4486808/5015300/HIDROXIDO+DE+POTASIO+85%25_CC_S.pdf/8b6496a3-8dbe-421b-aaf1-390b7db596df?version=1.0
- Villabona, A., Paz, I., & Martinez. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus - indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15, 127 - 144. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32768/41778>

17. Anexos.

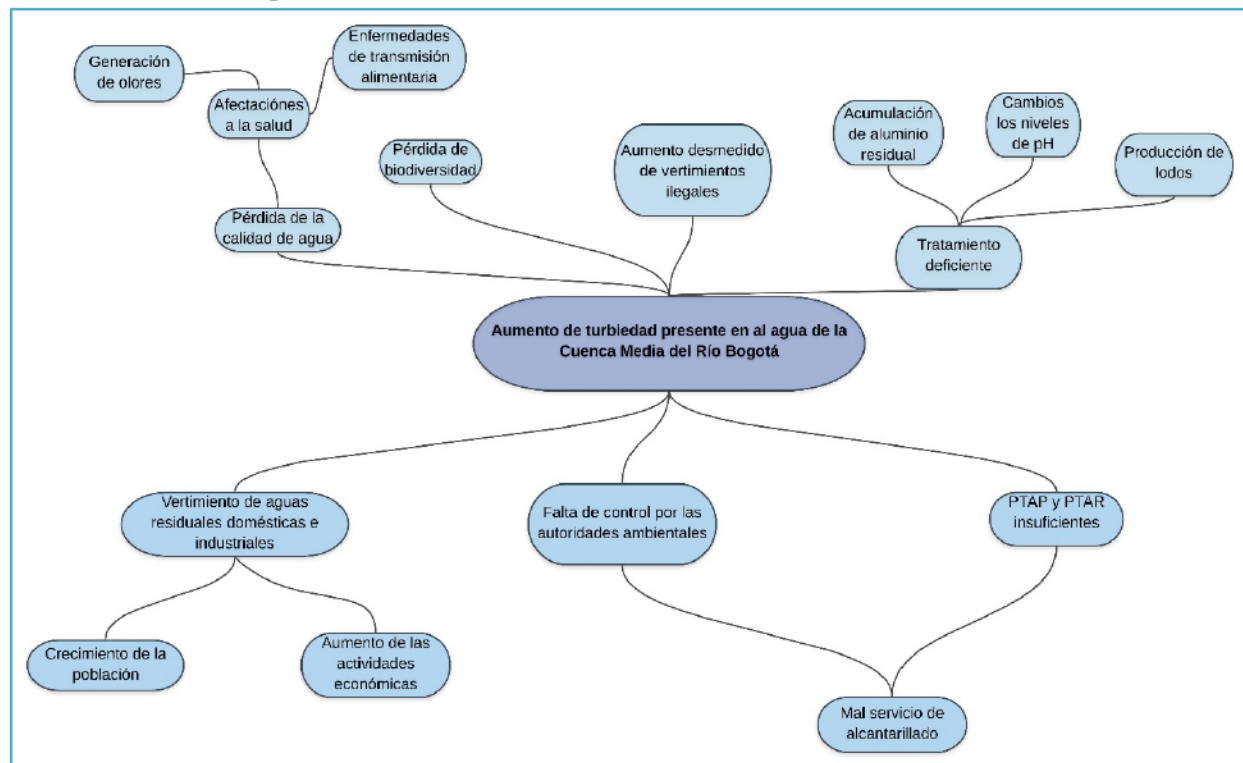
17.1. Presupuesto general

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD COAGULANTE DE LA SEMILLA DE ZAPOTE (<i>Pouteria sapota</i>) EN MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ							
Nombre del proyecto:							
Responsable del proyecto:	1802-058						
Área responsable:	SALUD AMBIENTAL- Producción Limpia CHOC IZONE						
Fecha de inicio y terminación del proyecto:	2018-2019						
Presupuesto general							
Rubros	Desembolso en dinero		Total desembolso dinero	Desembolso en especie		Total desembolso en especie	Total proyecto
	Año 2018	Año 2019		Año 2018	Año 2019		
1. Personal				4.073.790	4.277.480	8.351.270	8.351.270
2. Equipos especializados	0	0	0	0	0	0	0
2.1. Equipos propios				0	0	0	0
3. Materiales y reactivos	0	14.000	14.000	0	0	0	14.000
4. Salidas de campo	0	50.000	50.000	0	0	0	50.000
5. Refrigerios	0	10.000	10.000	0	0	0	10.000
6. Servicios técnicos	0	8.187.400	8.187.400	0	0	0	8.187.400
7. Capacitaciones	0	0	0	0	0	0	0
8. Adquisición o actualización de software	0	0	0	0	0	0	0
9. Otros	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	0	8.261.400	8.261.400	4.073.790	4.277.480	8.351.270	16.612.670

17.2. *Glosario*

- Agua cruda. Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización. (Ministerio de la Protección Social, 2007)
- Agua potable o agua para consumo humano. Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. (Ministerio de la Protección Social, 2007)
- Calidad del agua. Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Ministerio de la Protección Social, 2007)
- Coagulación. Aglutinación de las partículas coloidales suspendidas presentes en el agua, por efecto de cambio de carga eléctrica suscitado por la adición de coagulantes. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017)
- Coagulante. Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017)
- Color. Características del agua debido a la presencia de partículas coloidales y material suspendido. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017)
- Color aparente. Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras. (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)
- pH. Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones de hidrógeno, en moles por litro. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017)
- Turbiedad. Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017)

17.3. *Árbol de problemas*



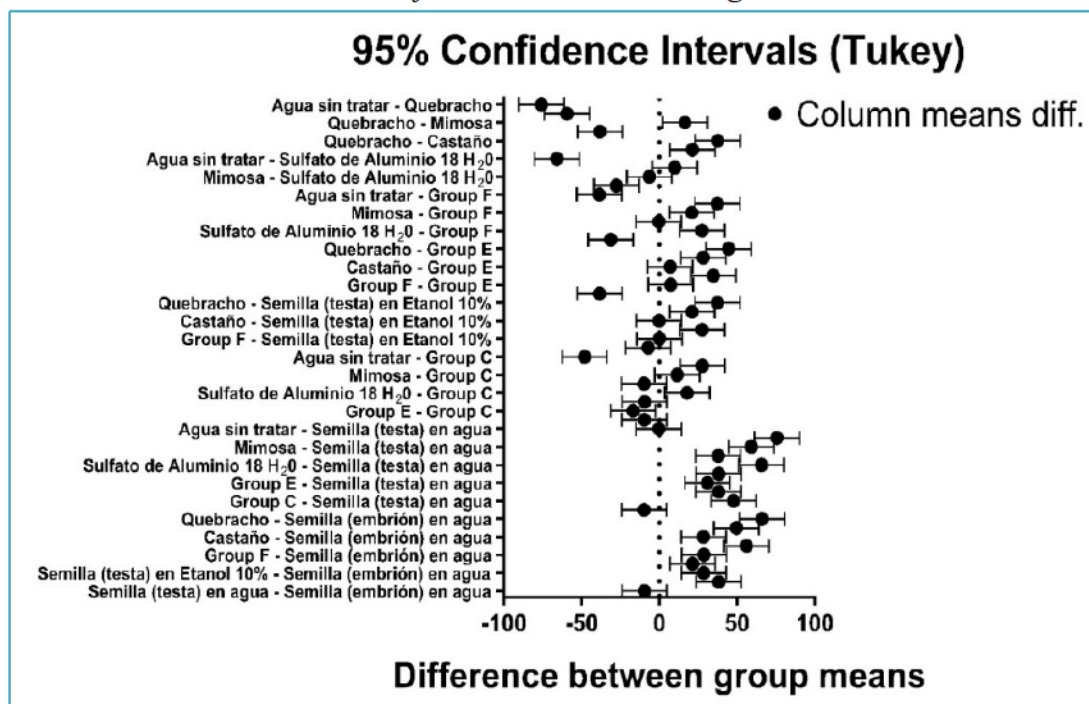
Fuente: Autora

11.4. Cronograma

Actividades	Cronograma de trabajo por meses y semanas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	feb-18				mar-18				abr-18				may-18				jun-18				jul-18				ago-18				sep-18				oct-18				nov-18				jun-19				jul-19				ago-19				sep-19				oct-19				nov-19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Selección del tema	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

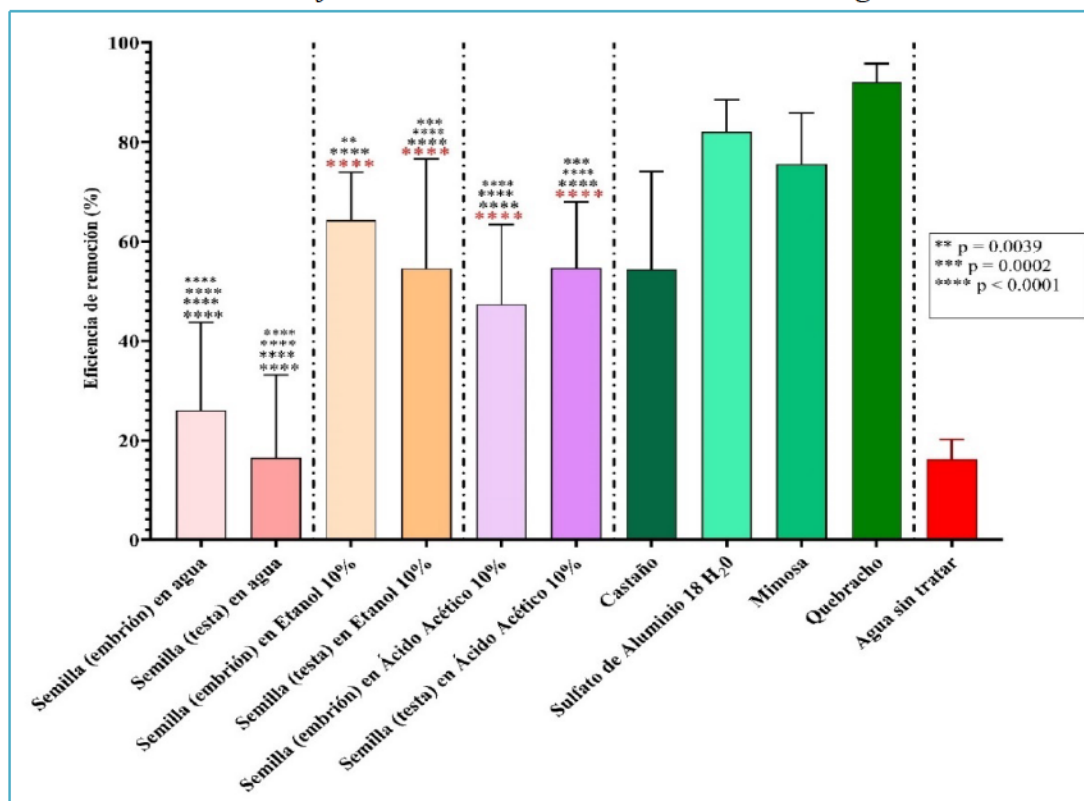
Elaboró: Autora

17.5. *Intervalos de confianza de datos no corregidos*



Fuente: Autora

17.6. *Porcentaje de remoción turbidez de datos no corregidos*



Fuente: Autora

17.7. Tabla de estadística descriptiva de los datos sin corregir.

	Semilla (endosperma) en agua	Semilla (testa) en agua	Semilla (endosperma) en Etanol 10%	Semilla (testa) en Etanol 10%	Semilla (endosperma) en Ácido Acético 10%	Semilla (testa) en Ácido Acético 10%	Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	Castaño	Mimosa	Quebracho	Agua sin tratar
Minimum	0	0	39,39	0	13,4	30,97	60,65	30,93	62,64	86,8	11,3
Maximum	54,78	46	76,76	76,58	71,03	71,34	88,3	82,65	91,75	97,48	23,95
Range	54,78	46	37,37	76,58	57,63	40,37	27,65	51,72	29,11	10,68	12,65
Lower 95% CI of mean	17,7	8,613	59,7	44,24	39,88	48,46	79,05	45,09	70,78	90,21	14,2
Upper 95% CI of mean	34,27	24,24	68,74	64,86	54,83	60,87	85,04	63,54	80,36	93,74	18,02

Fuente: GraphPad Prism 8, Autora

17.8. Tabla de comparación múltiple ANOVA a una vía de los datos sin corregir.

Number of families	1							
Number of comparisons per family	55							
Alpha	0,05							
Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95,00% CI of diff,	Significant?	Summary	Adjusted P Value	SE of diff,	q	DF
Semilla (testa) en agua vs. Semilla (endosperma) en agua	-9,563	-24,01 to 4,883	No	ns	0,5397	4,438	3,047	209
Semilla (endosperma) en Etanol al 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	38,23	23,78 to 52,68	Yes	****	<0,0001	4,438	12,18	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	28,56	14,12 to 43,01	Yes	****	<0,0001	4,438	9,101	209
Semilla (embrión) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	21,37	6,920 to 35,81	Yes	***	0,0001	4,438	6,808	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	28,67	14,23 to 43,12	Yes	****	<0,0001	4,438	9,136	209
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) vs. Semilla (embrión) en agua	56,06	41,61 to 70,50	Yes	****	<0,0001	4,438	17,86	209

Castaño vs. Semilla (endosperma) en agua	28,33	13,88 to 42,77	Yes	****	<0,0001	4,438	9,026	209
Mimosa vs. Semilla (endosperma) en agua	49,58	35,14 to 64,03	Yes	****	<0,0001	4,438	15,8	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) en agua	65,99	51,54 to 80,43	Yes	****	<0,0001	4,438	21,03	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) en agua	-9,879	-24,32 to 4,567	No	ns	0,4893	4,438	3,148	209
Semilla (endosperma) en Etanol 10% vs. Semilla (testa) en agua	47,79	33,35 to 62,24	Yes	****	<0,0001	4,438	15,23	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (testa) en agua	38,13	23,68 to 52,57	Yes	****	<0,0001	4,438	12,15	209
Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en agua	30,93	16,48 to 45,37	Yes	****	<0,0001	4,438	9,855	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en agua	38,24	23,79 to 52,68	Yes	****	<0,0001	4,438	12,18	209
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) vs. Semilla (testa) en agua	65,62	51,18 to 80,07	Yes	****	<0,0001	4,438	20,91	209
Castaño vs. Semilla (testa) en agua	37,89	23,44 to 52,33	Yes	****	<0,0001	4,438	12,07	209
Mimosa vs. Semilla (testa) en agua	59,14	44,70 to 73,59	Yes	****	<0,0001	4,438	18,85	209
Quebracho vs. Semilla (testa) en agua	75,55	61,10 to 90,00	Yes	****	<0,0001	4,438	24,07	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) en agua	-0,316	-14,76 to 14,13	No	ns	>0,9999	4,438	0,1007	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (embrión) en Etanol 10%	-9,668	-24,11 to 4,778	No	ns	0,5229	4,438	3,08	209
Semilla (embrión) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-16,86	-31,31 to -2,418	Yes	**	0,0086	4,438	5,374	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-9,557	-24,00 to 4,889	No	ns	0,5407	4,438	3,045	209
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	17,83	3,383 to 32,27	Yes	**	0,0039	4,438	5,681	209
Castaño vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-9,904	-24,35 to 4,542	No	ns	0,4853	4,438	3,156	209

Mimosa vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	11,35	-3,094 to 25,80	No	ns	0,2781	4,438	3,617	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	27,76	13,31 to 42,20	Yes	****	<0,0001	4,438	8,844	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-48,11	-62,55 to -33,66	Yes	****	<0,0001	4,438	15,33	209
Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	-7,197	-21,64 to 7,249	No	ns	0,8715	4,438	2,293	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	0,1105	-14,34 to 14,56	No	ns	>0,9999	4,438	0,03521	209
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	27,5	13,05 to 41,94	Yes	****	<0,0001	4,438	8,761	209
Castaño vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	-0,2365	-14,68 to 14,21	No	ns	>0,9999	4,438	0,07536	209
Mimosa vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	21,02	6,573 to 35,46	Yes	***	0,0002	4,438	6,697	209
Quebracho vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	37,42	22,98 to 51,87	Yes	****	<0,0001	4,438	11,92	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	-38,44	-52,89 to -24,00	Yes	****	<0,0001	4,438	12,25	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	7,307	-7,139 to 21,75	No	ns	0,8603	4,438	2,328	209
Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	34,69	20,25 to 49,14	Yes	****	<0,0001	4,438	11,05	209
Castaño vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	6,96	-7,486 to 21,41	No	ns	0,8938	4,438	2,218	209
Mimosa vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	28,22	13,77 to 42,66	Yes	****	<0,0001	4,438	8,991	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	44,62	30,17 to 59,07	Yes	****	<0,0001	4,438	14,22	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	-31,25	-45,69 to -16,80	Yes	****	<0,0001	4,438	9,956	209
Sulfato de Aluminio vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	27,39	12,94 to 41,83	Yes	****	<0,0001	4,438	8,726	209
Castaño vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	-0,347	-14,79 to 14,10	No	ns	>0,9999	4,438	0,1106	209

Mimosa vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	20,91	6,463 to 35,35	Yes	***	0,0002	4,438	6,662	209
Quebracho vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	37,31	22,87 to 51,76	Yes	****	<0,0001	4,438	11,89	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	-38,55	-53,00 to -24,11	Yes	****	<0,0001	4,438	12,28	209
Castaño vs. Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	-27,73	-42,18 to -13,29	Yes	****	<0,0001	4,438	8,837	209
Mimosa vs. Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	-6,477	-20,92 to 7,969	No	ns	0,9312	4,438	2,064	209
Quebracho vs. Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	9,928	-4,518 to 24,37	No	ns	0,4815	4,438	3,163	209
Agua sin tratar vs. Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	-65,94	-80,38 to -51,49	Yes	****	<0,0001	4,438	21,01	209
Mimosa vs. Castaño	21,26	6,810 to 35,70	Yes	***	0,0002	4,438	6,773	209
Quebracho vs. Castaño	37,66	23,21 to 52,11	Yes	****	<0,0001	4,438	12	209
Agua sin tratar vs. Castaño	-38,21	-52,65 to -23,76	Yes	****	<0,0001	4,438	12,17	209
Quebracho vs. Mimosa	16,41	1,959 to 30,85	Yes	*	0,0123	4,438	5,227	209
Agua sin tratar vs. Mimosa	-59,46	-73,91 to -45,01	Yes	****	<0,0001	4,438	18,95	209
Agua sin tratar vs. Quebracho	-75,87	-90,31 to -61,42	Yes	****	<0,0001	4,438	24,17	209

17.9. *Tabla de estadística descriptiva de los datos corregidos*

	Semilla (endosperma) en agua	Semilla (testa) en agua	Semilla (endosperma) en Etanol 10%	Semilla (testa) en Etanol 10%	Semilla (endosperma) en Ácido Acético 10%	Semilla (testa) en Ácido Acético 10%	Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)	Castaño	Mimosa	Quebracho	Agua sin tratar
Minimum	0,00	0,00	48,01	0,00	16,33	37,75	100,0	49,21	49,21	63,22	13,77
Maximum	66,76	56,06	93,56	93,33	86,57	86,95	100,0	88,67	88,67	85,21	29,19
Range	66,76	56,06	45,55	93,33	70,24	49,20	0,00	39,46	39,46	21,99	15,42
Lower 95% CI of mean	22,66	10,50	72,76	53,93	48,60	59,06	100,0	61,09	61,09	70,18	17,30
Upper 95% CI of mean	42,27	29,54	83,78	79,05	66,83	74,18	100,0	73,63	73,63	76,98	21,96

17.10. Tabla de comparación multiple ANOVA a una vía de los datos corregidos

Number of families	1							
Number of comparisons per family	55							
Alpha	0,05							
Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95,00% CI of diff,	Significant?	Summary	Adjusted P Value	SE of diff,	q	DF
Semilla (testa) en agua vs. Semilla (endosperma) en agua	-12,45	-28,84 to 3,940	No	ns	0,3271	5,035	3,496	209
Semilla (endosperma) en Etanol al 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	45,80	29,41 to 62,19	Yes	****	<0,0001	5,035	12,86	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	34,02	17,63 to 50,41	Yes	****	<0,0001	5,035	9,555	209
Semilla (embrión) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	25,25	8,860 to 41,64	Yes	****	<0,0001	5,035	7,091	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en agua	34,15	17,77 to 50,54	Yes	****	<0,0001	5,035	9,593	209
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) vs. Semilla (embrión) en agua	67,53	51,14 to 83,92	Yes	****	<0,0001	5,035	18,97	209
Castaño vs. Semilla (endosperma) en agua	34,89	18,51 to 51,28	Yes	****	<0,0001	5,035	9,801	209
Mimosa vs. Semilla (endosperma) en agua	34,89	18,51 to 51,28	Yes	****	<0,0001	5,035	9,801	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) en agua	41,11	24,72 to 57,50	Yes	****	<0,0001	5,035	11,55	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) en agua	-12,83	-29,22 to 3,555	No	ns	0,2830	5,035	3,604	209
Semilla (endosperma) en Etanol 10% vs. Semilla (testa) en agua	58,25	41,86 to 74,64	Yes	****	<0,0001	5,035	16,36	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (testa) en agua	46,47	30,08 to 62,85	Yes	****	<0,0001	5,035	13,05	209
Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en agua	37,70	21,31 to 54,08	Yes	****	<0,0001	5,035	10,59	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en agua	46,60	30,21 to 62,99	Yes	****	<0,0001	5,035	13,09	209
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) vs. Semilla (testa) en agua	79,98	63,59 to 96,37	Yes	****	<0,0001	5,035	22,46	209
Castaño vs. Semilla (testa) en agua	47,34	30,95 to 63,73	Yes	****	<0,0001	5,035	13,30	209

Mimosa vs. Semilla (testa) en agua	47,34	30,95 to 63,73	Yes	****	<0,0001	5,035	13,30	209
Quebracho vs. Semilla (testa) en agua	53,56	37,17 to 69,95	Yes	****	<0,0001	5,035	15,04	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) en agua	-0,3855	-16,77 to 16,00	No	ns	>0,9999	5,035	0,1083	209
Semilla (testa) en Etanol 10% vs. Semilla (embrión) en Etanol 10%	-11,78	-28,17 to 4,606	No	ns	0,4109	5,035	3,309	209
Semilla (embrión) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-20,55	-36,94 to -4,166	Yes	**	0,0030	5,035	5,773	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-11,65	-28,04 to 4,739	No	ns	0,4287	5,035	3,272	209
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	21,73	5,343 to 38,12	Yes	**	0,0012	5,035	6,104	209
Castaño vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-10,91	-27,30 to 5,480	No	ns	0,5314	5,035	3,064	209
Mimosa vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-10,91	-27,30 to 5,480	No	ns	0,5314	5,035	3,064	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-4,689	-21,08 to 11,70	No	ns	0,9975	5,035	1,317	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) en Etanol 10%	-58,63	-75,02 to -42,25	Yes	****	<0,0001	5,035	16,47	209
Semilla (endosperma) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	-8,772	-25,16 to 7,616	No	ns	0,8118	5,035	2,464	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	0,1335	-16,25 to 16,52	No	ns	>0,9999	5,035	0,03750	209
Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	33,51	17,13 to 49,90	Yes	****	<0,0001	5,035	9,413	209
Castaño vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	0,8745	-15,51 to 17,26	No	ns	>0,9999	5,035	0,2456	209
Mimosa vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	0,8745	-15,51 to 17,26	No	ns	>0,9999	5,035	0,2456	209
Quebracho vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	7,093	-9,295 to 23,48	No	ns	0,9451	5,035	1,992	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) en Etanol 10%	-46,85	-63,24 to -30,46	Yes	****	<0,0001	5,035	13,16	209
Semilla (testa) Ácido Acético 10% vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	7,307	-7,139 to 21,75	No	ns	0,8603	5,035	2,501	209

Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	34,69	20,25 to 49,14	Yes	****	<0,0001	5,035	11,88	209
Castaño vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	6,96	-7,486 to 21,41	No	ns	0,8938	5,035	2,709	209
Mimosa vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	28,22	13,77 to 42,66	Yes	****	<0,0001	5,035	2,709	209
Quebracho vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	44,62	30,17 to 59,07	Yes	****	<0,0001	5,035	4,456	209
Agua sin tratar vs. Semilla (endosperma) Ácido Acético 10%	-31,25	-45,69 to -16,80	Yes	****	<0,0001	5,035	10,70	209
Sulfato de Aluminio vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	27,39	12,94 to 41,83	Yes	****	<0,0001	5,035	9,375	209
Castaño vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	-0,347	-14,79 to 14,10	No	ns	>0,9999	5,035	0,2081	209
Mimosa vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	20,91	6,463 to 35,35	Yes	***	0,0002	5,035	0,2081	209
Quebracho vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	37,31	22,87 to 51,76	Yes	****	<0,0001	5,035	1,955	209
Agua sin tratar vs. Semilla (testa) Ácido Acético 10%	-38,55	-53,00 to -24,11	Yes	****	<0,0001	5,035	13,20	209
Castaño vs. Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	-27,73	-42,18 to -13,29	Yes	****	<0,0001	5,035	9,167	209
Mimosa vs. Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	-6,477	-20,92 to 7,969	No	ns	0,9312	5,035	9,167	209
Quebracho vs. Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	9,928	-4,518 to 24,37	No	ns	0,4815	5,035	7,421	209
Agua sin tratar vs. Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	-65,94	-80,38 to -51,49	Yes	****	<0,0001	5,035	22,57	209
Mimosa vs. Castaño	21,26	6,810 to 35,70	Yes	***	0,0002	5,035	0,000	209
Quebracho vs. Castaño	37,66	23,21 to 52,11	Yes	****	<0,0001	5,035	1,747	209
Agua sin tratar vs. Castaño	-38,21	-52,65 to -23,76	Yes	****	<0,0001	5,035	13,41	209
Quebracho vs. Mimosa	16,41	1,959 to 30,85	Yes	*	0,0123	5,035	1,747	209
Agua sin tratar vs. Mimosa	-59,46	-73,91 to -45,01	Yes	****	<0,0001	5,035	13,41	209
Agua sin tratar vs. Quebracho	-75,87	-90,31 to -61,42	Yes	****	<0,0001	5,035	15,15	209

17.11. Tabla de linealización para el cálculo de la T_{50}

Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$)		Semilla endosperma en agua		Semilla testa en agua		Semilla endosperma en etanol		Semilla testa en etanol		Semilla endosperma en ácido acético		Semilla testa en ácido acético		Castaño		Mimosa		Quebracho	
Conc.	% RT	Conc	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT	Conc.	% RT
50	29,68	200	7,30	200	3,54	200	8,73	200	6,20	200	9,24	200	9,85	200	9,21	100	7,76	100	8,38
80	47,49	500	18,24	500	8,85	500	21,82	500	15,49	500	23,10	500	24,61	500	23,02	150	11,64	150	12,58
100	59,37	1000	36,49	1000	17,69	1000	43,63	1000	30,99	1000	46,20	1000	49,23	1000	46,05	200	15,52	200	16,77
150	89,05	1500	54,73			2000	87,26	1500	46,48	1500	69,30	1500	73,84			500	38,79	500	41,92
200	118,73	2000	72,98					2000	61,97							1000	77,58	1000	83,84
pendiente	147,16	pendiente	15,09	pendiente	19,89	pendiente	76,35	pendiente	53,70	pendiente	66,39	pendiente	70,74	pendiente	51,76	pendiente	68,73	pendiente	74,27
intercepto	-227,79	intercepto	-3,58	intercepto	-43,01	intercepto	-175,34	intercepto	-123,25	intercepto	-148,54	intercepto	-158,27	intercepto	-111,94	intercepto	-137,11	intercepto	-148,17
Coef r2	0,96	Coef r2	0,67	Coef r2	0,95	Coef r2	0,90	Coef r2	0,91	Coef r2	0,93	Coef r2	0,93	Coef r2	0,95	Coef r2	0,93	Coef r2	0,93
IC50 [ppm]	1,89	IC50 [ppm]	3,55	IC50 [ppm]	4,68	IC50 [ppm]	2,95	IC50 [ppm]	3,23	IC50 [ppm]	2,99	IC50 [ppm]	2,94	IC50 [ppm]	3,13	IC50 [ppm]	2,72	IC50 [ppm]	2,67

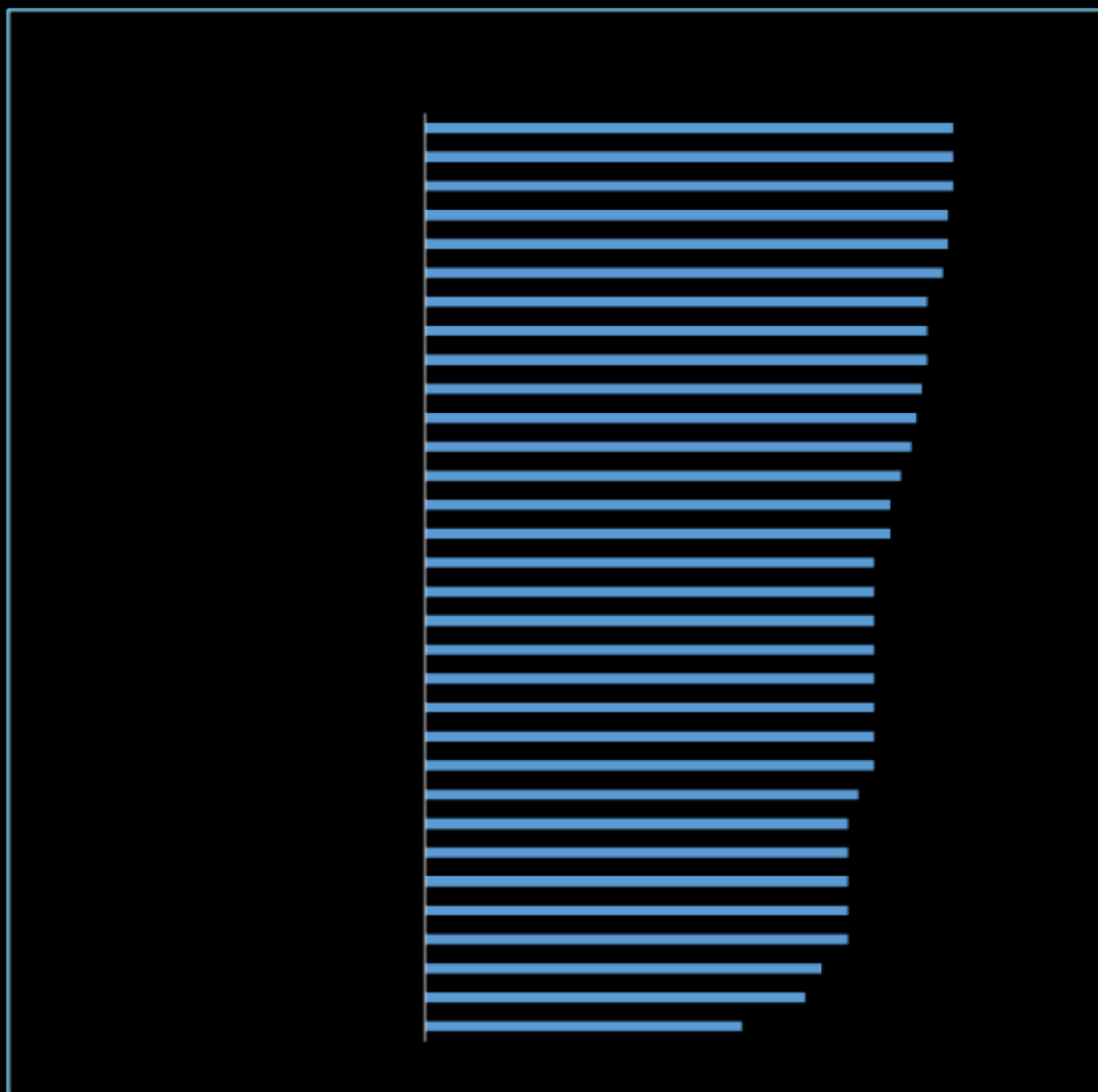
Fuente: Autora

17.12. Tabla de productos naturales evaluados y considerados positivos para reducir la turbidez

MATERIAL VEGETAL	TURBIDEZ INICIAL (NTU)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)	DOSIS ÓPTIMA (mg/L)	REFERENCIA
Coagulantes aniónicos Nirmali (<i>Strychnos potatorum</i>)	18 – 21; 38 – 42; 130 - 135	83 - 88	1,0 – 2,0	Babu & Chaudhuri, 2005
Coagulantes catiónicos • <i>Moringa oleifera</i>	18 – 21; 38 – 42; 130 - 135	94,0 – 99,0	100-200	
• <i>Amorpha fruticosa</i> (Falso Indigo Bush)	17,5; 30; 70	80; 70; 80	5 : 5 : 10	Šćiban et al. 2005
• <i>Ceratonia siliqua</i> (Carob)	17,5; 30; 70	100; 80; 80	20; 10; 10	
• <i>Robinia pseudoacacia</i> (Black Locust)	17,5; 30; 70	60; 60; 60	5; 10; 10	
• <i>Phaseolus vulgaris</i> (Cargamanto)	17,5; 30; 70	80; 60; 65	5; 10; 10	
• <i>Cactaceous opuntia</i>	176	90	30 - 50	Zhang et al. 2006
• Polímero catiónico a base de Tanino (TBP) pH entre 4,0 y 7,0	100	85	0,15 – 0,30	Graham et al. 2008
• <i>Acacia siamea</i> (exudado gomoso)	10 - 100	80 - 95	50	Fernández et al. 2008
• <i>Opuntia</i> spp.	125	90 - 92	5 – 15	Miller et al. 2008
• <i>Moringa oleifera</i>	125	90 - 92	15	
• <i>Aesculus hyppocastanum</i> (Castaño)	70; 35; 17,5	40 – 85	0,5	Šćiban et al. 2009
• <i>Castanea sativa</i> (Castaño común)	70; 35; 17,5	40 – 85	0,5	
• <i>Quercus robur</i> (Roble común)	70; 35; 17,5	40 – 85	0,5	
• <i>Quercus cerris</i> (Roble turco)	70; 35; 17,5	40 – 85	0,5	
• <i>Quercus rubra</i> (Roble rojo)	70; 35; 17,5	40 – 85	0,5	
• <i>Moringa oleifera</i>	49	96 ± 2	250	
• <i>J. curcas</i>	49	95 ± 1	50	Pritchard et al. 2009
• <i>Schinopsis balansae</i> (Quebracho)	123	80 – 95	0,25	Beltrán et al. 2010
• <i>Acacia meamsii</i> (Acacia Australiana)	200	75	12,5	Beltrán et al. 2011
• Tanfloc (Coagulante a base de taninos)	100	50 – 60	2	Sánchez et al. 2010a
• Tanfloc (Coagulante a base de taninos)	80	100	20	Sánchez et al. 2010b
• <i>Moringa oleifera</i>	80	95	20	
• Silvafloc (Coagulante a base de taninos)	80	85	20	
• <i>Phaseolus vulgaris</i> (Frijol común)	35	72,3	0,7 – 1,0	Antov et al. 2010
• <i>Moringa. oleifera</i>	90 - 120	86,9	50	Asrafuzzaman et al. 2011
• <i>Dolichos lablab</i>	90 - 120	84,5	50	
• <i>Cicer arietinum</i>	90 - 120	93,8	50	
Coagulantes no iónicos: • <i>Cyamopsis tetragonolobus</i> (Goma Guar)	49	90 ± 2	50	Pritchard et al. 2009

Fuente: (Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2013)

17.13. Comparación % de remoción por *Persea americana*, *Psidium guajava* L. y otras especies citadas.



Fuente: (Chivitá, Celis, Pombo, & Rodríguez, 2018)

17.14. Tabla de contenido de polifenoles antioxidantes presentes en frutas de tres especies de *Pouteria*

compound	<i>P. sapota</i> (ppm)	<i>P. viridis</i> (ppm)	<i>P. campechiana</i> (ppm)
gallic acid (1)	170.91 ± 0.53	2.82 ± 0.17	16.85 ± 0.09
(+)-gallo catechin (2)	172.85 ± 2.21	47.26 ± 1.46	5.62 ± 0.13
(+)-catechin (3)	75.01 ± 2.67	27.32 ± 0.93	1.04 ± 0.05
(-)-epicatechin (4)	24.42 ± 0.97	5.91 ± 0.13	ND ^b
dihydromyricetin (5)	200.77 ± 11.73	4.68 ± 0.29	ND
(+)-catechin-3-O-gallate (6)	80.50 ± 0.81	2.73 ± 0.21	ND
myricitrin (7)	25.48 ± 3.70	7.34 ± 0.80	2.82 ± 0.02
<i>P. sapota</i> EtOAc fraction			
<i>P. viridis</i> EtOAc fraction			
<i>P. campechiana</i> EtOAc fraction			

Fuente: (Ma, Yang, Basile, & Kennelly, 2004)

17.15. Tabla de galotaninos presentes en plantas

Plant	Free gallic acid	Esterified gallic acid
<i>Rhamnus cathartica</i>	0.00%	0.00%
<i>Aesculus hippocastanum</i>	0.00%	0.08%
<i>Acer saccharum</i>	0.88%	3.48%
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0.36%	1.50%
<i>Quercus rubra</i>	0.17%	0.97%
<i>Diospyros virginiana</i>	0.60%	0.20%

Fuente: (Inoue & Hagerman, 1988)

17.16. Tabla de concentración de ácido gálico luego de hidrólisis de penta galoil-glucosa haciendo uso de tianasa a 10^{-3} U/ml medido mediante ensayo rodanina

Tiempo (minutos)	Rodanina (mg/L)
0	$1.00^* \pm 0.12^{zz(a)}$
1	$1.25 \pm 0.12^{z(a)}$
2	$1.12 \pm 0.00^{z(a)}$
3	$1.50 \pm 0.00^{yz(a)}$
5	$1.75 \pm 0.12^{yz(a)}$
10	$2.74 \pm 0.12^{y(a)}$
30	$4.86 \pm 0.37^{x(a)}$
60	$6.36 \pm 0.37^{w(a)}$
90	$8.23 \pm 0.75^{v(a)}$
120	$9.60 \pm 1.00^{u(a)}$

Fuente: (Canaas, 2016)

17.17. Tabla de concentración de ácido gálico luego de hidrólisis de mono galoil-glucosa haciendo uso de tianasa a 10^{-3} U/ml medido mediante ensayo rodanina

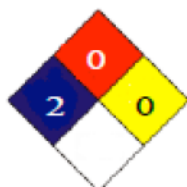
Tiempo (minutos)	Rodanina (mg/L)
0	$0.00^* \pm 0.00^{zz}$
1	0.50 ± 0.25^z
2	0.25 ± 0.12^z
3	0.62 ± 0.12^z
5	0.50 ± 0.12^z
10	$0.87 \pm 0.33^{z(a)}$
30	$0.62 \pm 0.12^{z(a)}$
60	$2.49 \pm 0.45^{y(a)}$
90	$2.99 \pm 0.22^{x(a)}$
120	$4.36 \pm 0.12^{w(a)}$
180	$7.35 \pm 0.66^{v(a)}$
240	$7.35 \pm 0.12^{v(a)}$

Fuente: (Canaas, 2016)

17.18. Fichas de seguridad de los reactivos.

Sulfato de aluminio ($Al_2SO_4)_3$

	Hoja de Seguridad	FA 03 01
	SULFATO DE ALUMINIO	Ver. : 2
		20 Agosto de 2009
		Página 1 de 5



Pictograma NFPA

1.IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑÍA

Nombre Químico:	Sulfato De Aluminio
Sinónimos:	Alumbre, Torta de Alumbre, Salmuera de Alumbre, Alumbre de perla
Formula:	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$
Familia Química:	Sales Inorgánicas
Registro CAS:	10043-01-1
Numero UN:	N.R
Información de la Compañía:	Nombre: Fujian Shan S.A. Dirección: Carretera central de Occidente Km 1.5 Vía Funza, Parque Industrial San Carlos, Etapa I Local 4
Teléfono de Emergencia:	5467000 – Funza

2.COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES	
Ingrediente	Sulfato Aluminio
CAS	10043-01-1
%	98 – 100
Peligroso	Si

3.IDENTIFICACION DE PELIGROS

Inhalación:	El Polvo puede causar carraspera, tos, irritación de la nariz y la garganta.
Ingestión:	Nauseas, Vomito.
Contacto con la Piel:	Irritación.
Contacto Ocular:	Irritación con posibles heridas permanentes.

(Andesia Químicos, 2009)



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE, Artículo 31

página: 1/4

fecha de impresión 26.02.2009

Revisión: 25.02.2009

*	1 Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa - Datos del producto - Fórmula química $C_{12}H_{12}N_2O_5$ - Nombre comercial: <u>4-dimetilaminobencilidenrodanina</u> - Número del artículo: CH1657 - Utilización del producto / de la elaboración Reactivo para Laboratorio. - Fabricante/distribuidor: Carlo Erba Reagenti Strada Rivoltana Km 6/7 I-20090 Rodano Tel.: 0039 02 953251 - Área de información: Q.A / Normative email: MSDS_CER@carloerbareagenti.com - Información para casos de emergencia: CENTRO ANTIVELENTI OSPEDALE CA GRANDA - NIGUARDA (MI) tel: 0039 02 66 10 10 29
	2 Identificación de los peligros - Descripción del riesgo: Nulo - Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente: Nulo - Sistema de clasificación: No obligatorio identificar el producto según el procedimiento de cálculo de la última versión válida de la "Directiva general de clasificación de Sustancias de la UE", Dir. 67/548/EC. Ningún peligro particular a declarar.
*	3 Composición/información sobre los componentes - Caracterización química: - Denominación N° CAS 4-dimetilaminobencilidenrodanina - Número(s) de identificación - Número EINECS: 208-625-2
*	4 Primeros auxilios - Instrucciones generales: No se precisan medidas especiales. - En caso de inhalación del producto: Suministrar aire fresco. En caso de trastornos, consultar al médico. - En caso de contacto con la piel: Por regla general, el producto no irrita la piel. - En caso de con los ojos: Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. - En caso de ingestión: Consultar un médico si algunos trastornos persisten. - Indicaciones para el médico: Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio. - Pueden presentarse los síntomas siguientes: Cianosis
	5 Medidas de lucha contra incendios - Información general: Al igual que en cualquier incendio, utilizar equipo respiratorio independiente bajo presión, MSHA/NIOSH (aprobado o equivalente), y juego completo de vestimentas de protección. - Sustancias extintoras apropiadas: CO_2, polvere o acqua nebulizzata. Estinguere gli incendi di grosse dimensioni con acqua nebulizzata o con schiuma resistente all'alcool.

(se continua en página 2)

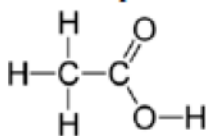


Hoja de seguridad Ácido acético MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- Nombre de la sustancia: Ácido acético.
- Número CAS: 64-19-7.
- RTECS: AF1225000.
- Fórmula química: $C_2H_4O_2$.
- Estructura química:



- Masa molar: 60,05 g/mol
- Sinónimos: ácido acético, ácido acético glacial.
- Usos recomendados: solvente, regulador de pH y otros.

Número de atención de emergencias: TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Corrosivo.

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Este producto puede generar irritación y quemaduras por contacto en el hombre y otros organismos.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	2
REACTIVIDAD	0

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.

Ficha de Datos de Seguridad

Acorde al reglamento (UE) 830/2015

Versión: 1

Fecha de revisión: 22/06/2017

Reemplaza: 16/03/2009



1198 ACIDO GALICO

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

1.1-Identificador del producto

- 1.1.1 Nombre: ACIDO GALICO
- 1.1.2 Códigos del producto: 2000989900
- 1.1.3 No CAS: 149-91-7
- 1.1.4 Sinónimos: Acido 3,4,5-Trihidroxibenzoico, Acido agálico.
- 1.1.5 Número de registro REACH: No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el Artículo 2 de la normativa REACH (CE) n° 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro, dicho registro está previsto para una fecha posterior o se trata de una mezcla.

1.2-Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla

Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.
Para más información respecto a su uso ingrese a www.biopack.com.ar

1.3-Identificación de la sociedad o empresa

- 1.3.1 Fabricante:
Biopack Productos Químicos
Biopack es una marca registrada de Sistemas Analíticos S.A.
- 1.3.2 Dirección:
1-Ruta N° 9 Km. 105,5 Lima-Zárate Argentina (Planta Industrial)
2-Av. Díaz Vélez 4562 Capital Federal Argentina (Oficinas comerciales)
- 1.3.3 Teléfono: 4958-1448 Oficinas Comerciales
- 1.3.4 e-mail: info@biopack.com.ar

1.4-Teléfono de emergencia

Para toda la Argentina marque el 107. Atención permanente las 24 hs. Servicio gratuito de ambulancias y atención médica de urgencia.

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1-Clasificación de la sustancia o de la mezcla

- 2.1.1 Clasificación (Reglamento (CE) N° 1272/2008):
Iritación ocular: Categoría 2, H319
- 2.1.2 Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE)
Xi: Irritante
R36/37/38: Irrita los ojos, las vías respiratorias y la piel.

2.2-Elementos de la etiqueta

Pictogramas de Peligrosidad:



Palabra de advertencia
Atención

Indicaciones de Peligro
H319 Provoca irritación ocular grave.

Consejos de Prudencia
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.

Hidróxido de potasio (KOH)

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD				
HIDROXIDO DE POTASIO				
Rótulo NFPA 	Rótulos UN 			
Fecha Revisión: 15/08/2012				
SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA				
Nombre del Producto:	HIDROXIDO DE POTASIO			
Sinónimos:	Hidrato de potasio; Potasa cáustica; Lejía.			
Fórmula:	KOH			
Número interno:				
Número UN:	1813			
Clase UN:	8 9.2			
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.			
Teléfonos de Emergencia:				
SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES				
COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Hidróxido de Potasio	1310-58-3	N.R. (ACGIH 2004)	C 2 mgm3 (ACGIH 2004)	85-100
Uso: Elaboración de jabón; blanqueador; elaboración de ácido oxálico y sales potásicas; reactivo en química analítica; medicina (cáustico); cerillas; grabados; en alimentos, en forma de álcali; electrolito en baterías alcalinas de almacenaje y algunas pilas de combustible; absorbente de dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno; reactivo de laboratorio.				
SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS				
VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS: Apariencia: Sólido blanco a amarillo. ¡Peligro! Corrosivo. Reacciona con el agua. Nocivo si se ingiere. Causa severas quemaduras de piel y ojos. Produce quemaduras severas de tracto respiratorio y digestivo. El producto es destructivo para todos los tejidos corporales.				
EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD: Inhalación: El polvo o niebla, puede causar síntomas en el tracto respiratorio, posiblemente incluye tos, sofocación, dolor en la nariz, boca y garganta. Lesiones en el tabique nasal y quemaduras en las membranas mucosas. Si las cantidades inhaladas son grandes, se puede presentar edema pulmonar, a menudo con un período latente de 5 a 72 horas. Los síntomas pueden incluir tensión en el pecho, disnea, salivación espumosa, cianosis y desvanecimiento. Ingestión: Quemaduras severas en los labios, lengua, boca, garganta, esófago y estómago, puede producir vómito con sangre y mucosa, severo dolor abdominal. La caída rápida de la presión sanguínea indica efecto gástrico y perforación del esófago. El daño del estómago y esófago puede avanzar por 2 o 3 semanas. La muerte puede ocurrir por peritonitis después de un mes de la ingestión. Cuando el paciente se recupera de los efectos inmediatos, contracción del esófago puede ocurrir semanas, meses o varios años después.				

HIDROXIDO DE POTASIO

(Universidad Javeriana, 2012)

		
Emergencias: tel. 01800 09 41414 (todo el país) 4055900 (Bogotá). Servicio 24 horas.		
HOJA DE SEGURIDAD		
	ETANOL (C₂H₅OH)	
Alcohol etílico, Alcohol, Alcohol de cereales. Líquido incoloro, límpido, volátil, olor etéreo a vino, sabor picante. CAS [64-17-5]		
UN 1170		
RIESGOS Y PRECAUCIONES: Frases R: 11 Fácilmente inflamable. Tóxico en contacto con la piel y por ingestión. Provoca quemaduras. Frases S: 7/16 Manténgase el recipiente bien cerrado. Conserve alejado de la llama o fuentes de chispas- No fumar. NFPA: Salud 0; Inflamabilidad 3; Reactividad 0		
PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS IMPORTANTES: Punto de fusión: -117 °C Punto de ebullición: 78 °C Punto de ignición: 425 °C Temperatura de autoignición: 363 °C Límite inferior de Explosividad: 3.3% volumen Límite Superior de Explosividad: 19.0% volumen Solubilidad: Miscible con agua, éter, cloroformo, acetona, alcohol metílico.		
PRIMEROS AUXILIOS: Inhalación: Tome precauciones para su propia seguridad (utilice equipo de protección adecuado, retire la fuente de contaminación o mueva la víctima al aire fresco). Personal entrenado debe suministrar respiración artificial si la víctima no respira, o resucitación cardiopulmonar si hay paro cardiorrespiratorio. Evite el contacto directo boca a boca. Obtenga atención médica de inmediato. Contacto con la piel: Lave el área contaminada con abundante agua. Retire la ropa contaminada. Continúe el lavado durante 20 minutos y repítalo si la irritación persiste. Obtenga atención médica de inmediato. Ingestión: Dé a beber abundante agua. No induzca al vómito; si éste ocurre naturalmente, mantenga a la víctima inclinada hacia adelante con la cabeza baja para evitar aspiración durante el vómito. Obtenga atención médica de inmediato. Contacto con los ojos: Lave de inmediato con abundante agua tibia a baja presión, durante por lo menos 15 minutos, o hasta que el producto sea retirado. Mantenga los párpados separados. Si la irritación persiste, repita el lavado. Consiga ayuda médica de inmediato.		
INCENDIO: Consideraciones especiales: Es un material inflamable. Vapores más pesados que el aire. Con el aire se forman mezclas explosivas. Procedimiento: Evacúe y demarque el área en 100 metros a la redonda. Use traje de protección total y equipo de respiración autocontenido. Evite cargas electrostáticas. Use agua en spray para dispersar los vapores. Refrigere los recipientes con agua en spray desde la máxima distancia. Extinga con los agentes adecuados. Medios de extinción apropiados: Agua, espuma, polvo químico seco, CO ₂ .		
VERTIDO ACCIDENTAL: Elimine todas las fuentes de ignición o calor. Evacúe entre 25 y 50 metros en toda dirección y demarque las zonas. Contenga el derrame con diques de polietileno o calcofines y recoja con absorbentes adecuados como almohadillas o tapetes especiales, Chemizorb o Vermiculita. Lave el área con agua y jabón utilizando únicamente las cantidades necesarias y recoja el agua de lavado para posterior disposición ecológica. Absorbentes Recomendados: Vermiculita, Chemizorb, calcofines, almohadas, tapetes.		
ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD: Estable a condiciones normales de temperatura y almacenamiento. Incompatibilidades: Metales alcalinos, metales alcalinotérreos, óxidos alcalinos, oxidantes fuertes. Condiciones a evitar: Calentamiento. En estado gaseoso-vapor, hay riesgo de explosión en presencia de aire. Evite fuentes de ignición, calor y cargas electrostáticas. Productos de descomposición térmica: Óxidos de carbono.		