



**ACTIVIDAD COAGULANTE DE LA SEMILLA *PASSIFLORA*  
*PINNATISTIPULA* EN AGUAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
BOGOTÁ**

**María Fernanda Bernarte Giraldo  
Wendy Jhoana Romero Agudelo**

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, 21 de octubre de 2020

**ACTIVIDAD COAGULANTE DE LA SEMILLA *PASSIFLORA*  
*PINNATISTIPULA* EN AGUAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
BOGOTÁ**

María Fernanda Bernarte Giraldo  
Wendy Jhoana Romero Agudelo

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

Director (a):  
Oscar Eduardo Rodríguez Aguirre Lic. - M.Sc. – Ph.D.

Línea de Investigación  
Salud Ambiental

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

2020

### **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***

*Dedicamos este trabajo primeramente a Dios, en segunda media a nuestros padres que siempre nos han apoyado para alcanzar nuestras metas, a nuestra familia, nuestros profesores que contribuyeron en tener aprendizajes y, por ende, un crecimiento profesional, amigos y demás personas que estuvieron presentes en el transcurso de este proceso.*

## **Agradecimientos**

En primera instancia queremos agradecer a Dios, a la Universidad El Bosque y en especial a Facultad de Ingeniería por permitirnos ingresar al programa de Ingeniería Ambiental para ser profesionales.

Estamos agradecidas inmensamente con todas aquellas personas que hicieron realidad esta meta, como los son: nuestros padres con su apoyo incondicional, profesores que nos enseñaron durante la carrera y nuestros amigos más cercanos en especial a Fredy Andrés Ramírez Cruz, Jessica Alejandra Bolaños, Sofía Martínez, Laura Pedraza, Laura Daniela Ramírez, María José Quintero, Vanesa Galvis, Leonardo Bernal y Nicolás Rocha por todo el apoyo que nos brindaron cuando más los necesitábamos.

Además, estamos agradecidas por el trabajo y apoyo brindado por la Fundación Juan N. Corpas, en especial a la rectora Ana María Piñeros Ricardo y al Ingeniero Luis Miguel Pombo por permitirnos utilizar las instalaciones del centro de investigación LabFarve para llevar a cabo la parte inicial experimental de nuestro proyecto de investigación.

Finalmente, un especial agradecimiento a nuestro director Oscar Eduardo Rodríguez Aguirre y al Ingeniero William Andrade, por toda su colaboración, aporte de conocimientos y dedicación durante el proceso de investigación.

## Tabla de Contenido

<b>Listado de Tablas .....</b>	<b>9</b>
<b>Listado de Figuras.....</b>	<b>9</b>
<b>Listado de ecuaciones .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Resumen.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Abstract.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Planteamiento del problema .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Hipótesis.....</b>	<b>14</b>
<b>6. Justificación .....</b>	<b>15</b>
<b>7. Objetivos .....</b>	<b>16</b>
7.1 General.....	16
7.2 Específicos.....	16
<b>8. Marco de referencia .....</b>	<b>16</b>
<i>Estado del Arte .....</i>	<i>16</i>
<i>Marco conceptual.....</i>	<i>20</i>
<i>Marco Teórico.....</i>	<i>25</i>
<i>Marco normativo.....</i>	<i>28</i>
<i>Marco geográfico.....</i>	<i>29</i>
<i>Centro poblado El Charquito, Cundinamarca.....</i>	<i>29</i>
<i>Marco Institucional .....</i>	<i>32</i>
<b>9. Metodología .....</b>	<b>33</b>
1. <i>Recolección de las semillas de Gulupa.....</i>	<i>35</i>
2. <i>Recolección de las muestras de agua.....</i>	<i>35</i>
3. <i>Procesamiento de gulupa.....</i>	<i>36</i>
4. <i>Preparación de extractos de la semilla de Passiflora pinnatistipula (soluciones).....</i>	<i>36</i>
5. <i>Preparación de los patrones .....</i>	<i>37</i>
6. <i>Ensayos .....</i>	<i>37</i>
<i>Matriz metodológica.....</i>	<i>39</i>
<b>10. Aspectos Éticos.....</b>	<b>40</b>
<b>11. Resultados.....</b>	<b>40</b>
11.1.1. <i>Sulfato de Aluminio .....</i>	<i>41</i>
11.1.2. <i>Quebracho .....</i>	<i>42</i>

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.1.3. <i>Mimosa</i> .....	43
11.1.4. <i>Castaño</i> .....	44
11.1.5. <i>Promedios</i> .....	44
11.1.5.1. <i>Promedio Sulfato de Aluminio</i> .....	45
11.1.5.2. <i>Promedio Quebracho</i> .....	45
11.1.5.3. <i>Promedio Mimosa</i> .....	45
11.1.5.4. <i>Promedio Castaño</i> .....	45
11.2.3. <i>Ácido acético Semilla Seca</i> .....	48
11.2.4. <i>Agua Semilla Fresca</i> .....	49
11.2.5. <i>Etanol Semilla Fresca</i> .....	50
11.2.6. <i>Ácido acético Semilla Fresca</i> .....	51
11.2.7. <i>Promedios</i> .....	51
11.2.7.1. <i>Promedio Agua Semilla Seca</i> .....	52
11.2.7.2. <i>Promedio Etanol Semilla Seca</i> .....	52
11.2.7.3. <i>Promedio Ácido acético Semilla Seca</i> .....	52
11.2.7.4. <i>Promedio Agua Semilla Fresca</i> .....	52
11.2.7.5. <i>Promedio Etanol Semilla Fresca</i> .....	53
11.2.7.6. <i>Promedio Ácido acético Semilla Fresca</i> .....	53
<b>12. Análisis y discusión de resultados</b> .....	<b>53</b>
<i>Objetivo específico 1</i> .....	53
<i>Objetivo específico 2</i> .....	61
<i>Análisis de turbiedad 50 (T<sub>50</sub>)</i> .....	72
<i>Análisis de varianza (ANOVA)</i> .....	73
<i>Objetivo específico 3</i> .....	80
<b>13. Conclusiones</b> .....	<b>82</b>
<b>14. Recomendaciones</b> .....	<b>83</b>
<b>15. Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>84</b>
<b>16. Anexos</b> .....	<b>89</b>
<b>17. Glosario de términos</b> .....	<b>95</b>

### **Listado de Tablas**

- Tabla 1. Cuadro normativo aplicable para el proyecto experimental de la Gulupa*  
*Tabla 2. Materiales y equipos empleados para la realización del proyecto*  
*Tabla 3. Concentración y volumen de extractos y patrones*  
*Tabla 4. Volumen de agua muestra por concentración*  
*Tabla 5. Matriz metodológica del proyecto experimental sobre la Gulupa*  
*Tabla 6. Datos iniciales in situ de las muestras de agua*  
*Tabla 7. Porcentaje de remoción de la turbidez con Sulfato de Aluminio*  
*Tabla 8. Porcentaje de remoción de la turbidez con Quebracho*  
*Tabla 9. Porcentaje de remoción de la turbidez con Mimosa*  
*Tabla 10. Porcentaje de remoción de la turbidez con Castaño*  
*Tabla 11. Resultado promedio de las muestras de agua para Sulfato de Aluminio*  
*Tabla 12. Resultado promedio de las muestras de agua para Quebracho*  
*Tabla 13. Resultado promedio de las muestras de agua para Mimosa*  
*Tabla 14. Resultado promedio de las muestras de agua para Castaño*  
*Tabla 15. Porcentaje de remoción de la turbidez con agua semilla seca*  
*Tabla 16. Porcentaje de remoción de la turbidez con etanol semilla seca*  
*Tabla 17. Porcentaje de remoción de la turbidez con ácido acético semilla seca*  
*Tabla 18. Porcentaje de remoción de la turbidez con agua semilla fresca*  
*Tabla 19. Porcentaje de remoción de la turbidez con etanol semilla fresca*  
*Tabla 20. Porcentaje de remoción de la turbidez con ácido acético semilla fresca*  
*Tabla 21. Resultado promedio para agua semilla seca*  
*Tabla 22. Resultado promedio para etanol semilla seca*  
*Tabla 23. Resultado promedio para ácido acético semilla seca*  
*Tabla 24. Resultado promedio para agua semilla fresca*  
*Tabla 25. Resultado promedio para etanol semilla fresca*  
*Tabla 26. Resultado promedio para ácido acético semilla fresca*  
*Tabla 27. Análisis de resultados, promedio y desviación estándar para patrones*  
*Tabla 28. Análisis de resultados, promedio y desviación estándar para cada extracto*  
*Tabla 29. Comparación de estudios de coagulantes en la Universidad En Bosque*

### **Listado de Figuras**

- Figura 1. Comparación del porcentaje de remoción entre diferentes coagulantes orgánicos e inorgánicos*  
*Figura 2. Arilo en Passiflora*  
*Figura 3. Gráfico del proceso de la espectrofotometría*  
*Figura 4. Atrapamiento de Partículas de un Precipitado*  
*Figura 5. Cuenca del río Bogotá*  
*Figura 6. El río Bogotá y las tres cuencas: alta, media y baja*  
*Figura 7. Infografía sobre la Cuenca Baja del Río Bogotá*  
*Figura 8. Mapa político de Soacha*  
*Figura 9. Charquito Soacha Cundinamarca y río Bogotá*  
*Figura 10. Macro y micro localización del lugar de estudio para el proyecto experimental de la Gulupa*  
*Figura 11. Organigrama de las instituciones involucradas en el proyecto*

*Figura 12. Definición de alcance, enfoque, técnica, instrumentos y método de la investigación*

*Figura 13. Recolección de la muestra de agua*

*Figura 14. Recolección de datos en el punto de muestreo centro Poblado El Charquito*

*Figura 15. Semillas de Gulupa*

*Figura 16. Preparación de extractos de la semilla de Gulupa*

*Figura 17. Reflujo con ácido acético, agua y etanol para la semilla en seco y la semilla en fresco*

*Figura 18. Cantidad de tubos de ensayo/celdas a utilizar por repetición*

*Figura 19. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio (Agua 1)*

*Figura 20. Eficiencia de remoción del Quebracho (Agua 1)*

*Figura 21. Eficiencia de remoción de Mimosa (Agua 1)*

*Figura 22. Eficiencia de remoción del Castaño (Agua 1)*

*Figura 23. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio (Agua 2)*

*Figura 24. Eficiencia de remoción del Quebracho (Agua 2)*

*Figura 25. Eficiencia de remoción de Mimosa (Agua 2)*

*Figura 26. Eficiencia de remoción del Castaño (Agua 2)*

*Figura 27. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio (Agua 3)*

*Figura 28. Eficiencia de remoción del Quebracho (Agua 3)*

*Figura 29. Eficiencia de remoción de Mimosa (Agua 3)*

*Figura 30. Eficiencia de remoción del Castaño (Agua 3)*

*Figura 31. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio (Agua 4)*

*Figura 32. Eficiencia de remoción del Quebracho (Agua 4)*

*Figura 33. Eficiencia de remoción de Mimosa (Agua 4)*

*Figura 34. Eficiencia de remoción del Castaño (Agua 4)*

*Figura 35. Porcentaje remoción de turbidez extractos*

*Figura 36. Extracto semilla con ácido acético (Agua 1)*

*Figura 37. Extracto semilla con agua (Agua 1)*

*Figura 38. Extracto semilla con etanol (Agua 1)*

*Figura 39. Extracto semilla con ácido acético (Agua 2)*

*Figura 40. Extracto semilla con agua (Agua 2)*

*Figura 41. Extracto semilla con etanol (Agua 2)*

*Figura 42. Extracto semilla con ácido acético (Agua 3)*

*Figura 43. Extracto semilla con agua (Agua 3)*

*Figura 44. Extracto semilla con etanol (Agua 3)*

*Figura 45. Extracto semilla con ácido acético (Agua 4)*

*Figura 46. Extracto semilla con agua (Agua 4)*

*Figura 47. Extracto semilla con etanol (Agua 4)*

*Figura 48. Extracto semilla seca en agua*

*Figura 49. Extracto semilla seca en etanol*

*Figura 50. Extracto semilla seca en ácido acético*

*Figura 51. Extracto semilla fresca en agua*

*Figura 52. Extracto semilla fresca en etanol*

*Figura 53. Extracto semilla fresca en ácido acético*

*Figura 54. Porcentaje de remoción de T50*

*Figura 55. Intervalos de confianza del 95% para los distintos grupos por el método de Tukey agua 1*

*Figura 56. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 1*

*Figura 57. Residuos del porcentaje de turbidez agua 1*

*Figura 58. Intervalos de confianza del 95% para los distintos grupos por el método de Tukey agua 2*

*Figura 59. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 2*

*Figura 60. Residuos del porcentaje de turbidez agua 2*

*Figura 61. Intervalos de confianza del 95% para los distintos grupos por el método de Tukey agua 3*

*Figura 62. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 3*

*Figura 63. Residuos del porcentaje de turbidez agua 3*

*Figura 64. Intervalos de confianza del 95% para los distintos grupos por el método de Tukey agua 4*

*Figura 65. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 4*

*Figura 66. Residuos del porcentaje de turbidez agua 4*

*Figura 67. Comparación por estudios de coagulantes*

*Figura 68. Comparación de extractos en porcentaje de remoción T50*

### **Listado de ecuaciones**

*Ecuación 1. Actividad coagulante de la semilla estudiada*

## 1. Resumen

El objetivo del proyecto fue evaluar la actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, sustituyendo el uso de coagulantes inorgánicos por coagulantes naturales accesibles para la población, adaptando 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 con la técnica de volúmenes reducidos. Se evaluaron tres extractos con semilla fresca y tres con semilla seca en: agua destilada, etanol al 10% y ácido acético al 10%, como patrones se usaron Mimosa (*Acacia mollisima*), Quebracho (*Schinopsis balansae*) y Castaño (*Castanea sativa*) y Sulfato de Aluminio como control; estimando el porcentaje de remoción de turbidez (%RT) en diferentes concentraciones para cada una de las muestras de agua recolectadas. En base a el objetivo, se obtuvo que Sulfato de Aluminio tiene mayor %RT (89,63), enseguida Quebracho (89,58), luego Mimosa (89,39), por último, Castaño (84,34); el extracto de la semilla fresca con agua alcanzó el mejor resultado con %RT (84,94) a 250 ppm, después la semilla seca en etanol al 10% (84,87) a 3000 ppm y la semilla seca en ácido acético al 10% presentó menor porcentaje (70,91). Se concluye que la semilla de gulupa tiene capacidad coagulante en aguas turbias y a su vez contribuye con el entorno de la comunidad porque disminuye el riesgo de enfermedades a causa de la contaminación en el río Bogotá.

**Palabras clave:** Coagulantes naturales, *Passiflora pinnatistipula*, turbidez, taninos, río Bogotá.

## 2. Abstract

The objective of the project was to evaluate the coagulating activity of the seed *Passiflora pinnatistipula* in the waters of the lower basin of the Bogota river, the population center El Charquito Cundinamarca, substituting the use of inorganic coagulants with natural coagulants accessible to the population, adapting the methodology developed by the Group of Microbiology Applied to the Environment of the Department of Biotechnology of the Hungliga Tekniska Högskolan University of Stockholm (Sweden), based on a particularization at laboratory scale with the technique of reduced volumes. Three extracts with fresh seed and three with dry seed were evaluated in: distilled water, ethanol at 10% and acetic acid at 10%, as standards were used Mimosa (*Acacia mollisima*), Quebracho (*Schinopsis balansae*) and Castaño (*Castanea sativa*) and Aluminum Sulfate as control; estimating the percentage of turbidity removal (%RT) in different concentrations for each one of the collected water samples. Based on the objective, it was obtained that Aluminum Sulfate has higher %RT (89.63), then Quebracho (89.58), then Mimosa (89.39), finally Castaño (84.34); the extract of fresh seed with water reached the best result with %RT (84.94) at 250 ppm, then the dry seed in 10% ethanol (84.87) at 3000 ppm and the dry seed in 10% acetic acid presented lower percentage (70.91). It is concluded that the gulupa seed has the capacity to coagulate in turbid waters and at the same time contributes to the community's environment because it reduces the risk of disease due to contamination of the Bogotá river.

**Keywords:** Natural clotting, *Passiflora pinnatistipula*, turbidity, tannin, Bogotá river.

## 3. Introducción

La calidad del agua es un tema de preocupación que ha venido creciendo durante las últimas décadas en todas las partes del mundo en vía de desarrollo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran repercusión para la salud de niños y para el desarrollo económico, ecológico, y social de comunidades y naciones. (UNICEF, 2014).

En el caso de Colombia, los ríos y mares transportan gran cantidad de contaminantes de los diferentes procesos socioeconómicos, vertiendo el agua de nuevo sin ningún tratamiento previo. (Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC, s.f.)). De los cuales, se tomó como referencia el río Bogotá, uno de los más importantes porque atraviesa la capital del país; en su historia se observa cómo se ha ido deteriorando por el avance de la actividad humana, sobre todo en las zonas aledañas donde realizan distintas actividades, como la agricultura, la ganadería, la industria, entre otras (CAR, 2018); el crecimiento demográfico, el desarrollo de la ciudad y la falta de medidas y programas para dar respuesta a dichos cambios, generan un ambiente propicio para aumentar el nivel de contaminación.

Con el aumento de la contaminación de las aguas del río Bogotá, se incrementa la mala calidad del agua, que influye en la turbidez, un factor de estética importante; por lo cual, puede sufrir cambios químicos, físicos y ecosistémicos que pueden ir desde un alza en la temperatura, malos olores, hasta la pérdida de especies. Por tanto, uno de los principales procesos en el tratamiento convencional del agua es la coagulación, la cual consiste en la remoción de partículas en suspensión, mediante el uso de coagulantes químicos (Guzmán *et al.*, 2013).

Sin embargo, estos coagulantes químicos traen a su vez una serie de desventajas asociadas a la producción de lodos, variaciones en los niveles de pH y afectaciones a la salud humana (Betatache *et al.*, 2014), por tanto, es necesario encontrar nuevas alternativas que sustituyan los coagulantes convencionales en su función. Por esta razón, se han intensificado las investigaciones acerca de los coagulantes naturales, empleando especies vegetales como las semillas de la *Moringa oleifera* (Fahmi *et al.*, 2011), semillas de aguacate (Chivatá *et al.*, 2018), semillas de maíz (Vera & Steeward, 2016), el tallo de la *Opuntia ficus-indica* (Villabona *et al.* 2013), entre otras. Pero existen todavía muchas otras especies vegetales que no han sido estudiadas como coagulantes, como por ejemplo la semilla de *Passiflora pinnatistipula*, más conocida como gulupa.

En los últimos años, se han venido creando otros tipos de coagulantes, como los provenientes de productos naturales. El uso de estos coagulantes surgió desde los 90 's cuando descubrieron que algunas frutas y plantas contenían poli-electrolitos, entre los cuales se encuentran los taninos (se han usado para el curtido de pieles y varios de ellos también han sido empleados como coagulantes (Beltrán *et al.*, 2010)) (Srinivasan, 2005). Los coagulantes orgánicos son polímeros (polielectrolitos), que hacen referencia a una gran variedad de compuestos macromoleculares de origen natural o sintético; un polímero catiónico comercial a base de taninos (TBP), se ha usado para establecer su comportamiento como coagulante y cuáles son sus propiedades químicas básicas (Chivatá *et al.*, 2018).

#### **4. Planteamiento del problema**

Las aguas muy turbias y contaminadas que presenta la cuenca del río Bogotá, ha generado un gran impacto ambiental, y un gran problema, tanto para la población, como para la ciudad y el país (en tema social, económico, político, y ambiental). Esto se debe, a que la situación actual del río, en este caso la cuenca baja que presenta un estado carente de condiciones óptimas físicas, para el uso y aprovechamiento de este recurso tan preciado en distintas actividades económicas de gran importancia para el país, y para la comunidad que

vive en las cercanías de éste, como es el caso de la agricultura y la ganadería, una línea base para el sustento y crecimiento económico.

Este problema ha venido creciendo, y tomando mayor fuerza en los últimos años, debido a, las aguas residuales de uso doméstico que vierten al río, actividades agrícolas, y el inadecuado manejo del recurso (agua), siendo ésta última el principal factor del deterioro de la cuenca baja del río Bogotá, por lo cual, ésta presenta un alto nivel de turbidez (Secretaría Distrital de Planeación, 2014). Esta contaminación ha ocasionado problemas de salud pública, por los diferentes tóxicos que allí se concentran, como el cadmio, cromo, mercurio, cobre, hierro, níquel, zinc y plomo provenientes de los principales afluentes al río Bogotá, como son el río Fucha, Tunjuelo y Juan Amarillo (Miranda *et al.*, 2011). Y esto conlleva a que índices de calidad, como lo es el índice de calidad del agua (ICA) sean malos, lo que hace que dificulte el desarrollo de la vida acuática (CAR, 2006).

La turbidez en el agua es considerada como un contaminante, debido a los problemas que genera. Como lo son: afectaciones económicas, afectaciones en la población (impacto en sus actividades económicas, y en la salud pública), y afectaciones en la biodiversidad de especies; a esto se le suma que la alternativa más utilizada para disminuir la turbidez 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 *et al.*, 2002). Al igual que muchos otros países de Latinoamérica, en Colombia se emplean las sales de aluminio y de hierro como coagulantes en el tratamiento de agua. 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 otras. (Bettache *et al.*, 2014).

Por lo anterior, es conveniente encontrar nuevas alternativas con productos naturales que presenten actividad coagulante para reemplazar estas sales y que no generen impactos negativos; en cambio, contribuyan positivamente en el uso y/o aprovechamiento por parte de la población, para mitigar los problemas ambientales de la actualidad, como lo es, el precario estado de la cuenca del río Bogotá.

¿La semilla *Passiflora pinnatistipula* disminuye la turbidez que presenta el agua de la cuenca baja del río Bogotá?

## 5. Hipótesis

Ho. Los extractos de la semilla en fresco y seco de *Passiflora pinnatistipula*, en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% disminuyen la turbidez de las muestras de agua del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, con respecto a los controles (sulfato de aluminio y taninos).

H1. Los extractos de la semilla en fresco y seco de *Passiflora pinnatistipula* en agua, ácido acético al 10% y etanol al 10% NO disminuyen la turbidez de las muestras de agua del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, con respecto a los controles (sulfato de aluminio y taninos).

## 6. Justificación

En la actualidad, el río Bogotá presenta un detrimento en la calidad ambiental, causado por el inadecuado manejo del recurso, en vista del aumento de las actividades antrópicas (por ejemplo, las diferentes industrias, la agricultura y la ganadería). Esto conlleva a pensar y replantear las formas de producción y las sustancias o materiales que se están utilizando para dar solución a esta problemática ambiental (Gallardo, 2017). Por lo que, la realización de este trabajo de grado permite conocer una nueva y eficiente alternativa (como lo son las semillas de frutas, productos naturales, y plantas como la *Passiflora pinnatistipula*) para mejorar el estado físico actual del agua del río Bogotá que pasa por el centro poblado El Charquito, Cundinamarca. Por tanto, nuestra finalidad es evaluar la actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* (más conocida como Gulupa, un coagulante natural de fácil acceso a la población) en seco y en fresco para disminuir la turbidez del agua de la cuenca baja del río Bogotá.

Estudios de diferentes semillas vegetales, como la *Moringa oleifera* ya han sido comprobados como coagulantes naturales eficientes para la clarificación de aguas turbias. Debido a que, en Colombia hay gran variedad de especies (tanto en especies vegetales como en especies frutales), podemos fortalecer la línea de investigación; y hasta el momento no hay registros de estudios que evidencien la capacidad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula*. Por otra parte, esto significa una alternativa sostenible para aprovechar los residuos, considerando que muchas de las industrias o empresas que tienen relación con estos frutos no poseen un plan de manejo adecuado; también es una aplicación para las semillas de Gulupa, debido a que, le estamos alargando el ciclo de vida, y con ello, se obtiene agua más clara, un ambiente menos contaminado y un menor riesgo de adquirir enfermedades asociadas a la contaminación del río. Para las comunidades aledañas a la cuenca baja del río Bogotá, que en su mayoría son poblaciones vulnerables del campesinado, este proyecto traería consigo un beneficio económico puesto que, si se reduce la turbidez del agua, se podría aprovechar este recurso para sus actividades económicas y de esta manera, no se invertiría grandes cantidades de dinero.

Al llevar a cabo este proyecto, se obtendrá agua más clara, con mejores características físicas y, por ende, se constituirá en un elemento de gran importancia para el desarrollo económico de las comunidades rurales aledañas al centro poblado, atendiendo a que ésta comunidad, años atrás, desarrollaba en gran parte actividades agropecuarias (entre los productos agrícolas sobresalientes, el cilantro, papa, arveja y zanahoria), importantes fuentes económicas del país, porque son un sustento fundamental para la mayoría de familias de El Charquito, Cundinamarca. Situación que conlleva, a que, en la actualidad, los adultos tengan que desplazarse a trabajar a la ciudad de Bogotá o al municipio de Soacha Cundinamarca, puesto que, no cuentan con oportunidades laborales, ni con las condiciones adecuadas para emprender otras ideas innovadoras y contextualizadas.

## 7. Objetivos

### 7.1 General

Evaluar la actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca.

### 7.2 Específicos

1. Determinar la actividad coagulante de sulfato de aluminio, quebracho, mimosa y castaño como coagulantes (inorgánico y orgánicos) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, usando la adaptación de la metodología desarrollada por el grupo de Microbiología Aplicada al Medioambiente del Departamento de Biotecnología de la Universidad Hungliga Tekniska Högskolan de Estocolmo (Suecia).
2. Evaluar la capacidad coagulante de los extractos: acuoso, etanol al 10% y acético al 10% de la semilla *Passiflora pinnatistipula* (fresca y seca) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, implementando la misma técnica del objetivo 1.
3. Comparar la eficiencia que presenta la semilla *Passiflora pinnatistipula* con respecto a otros coagulantes naturales.

## 8. Marco de referencia

### Estado del Arte

Hoy en día, tanto a nivel nacional como a nivel internacional, los coagulantes naturales han tenido una gran connotación para desarrollar proyectos entorno a la eliminación y remoción de coloides y partículas que se encuentran presentes en aguas de ríos y quebradas de todo el mundo. Es por esto, que en los últimos años los investigadores científicos, han buscado coagulantes en especies de origen vegetal y frutal que tengan la capacidad de remover eficientemente las impurezas del agua que se utiliza para el consumo humano para así, sustituir los coagulantes inorgánicos por polímeros orgánicos sintéticos, debido al alto costo que tienen para las poblaciones desprotegidas con ingresos bajos (poco suficientes para adquirirlos).

El uso de coagulantes a base de plantas para el tratamiento de aguas turbias, viene desde hace varios milenios (Sanghi *et al.*, 2002) y hasta ahora, los científicos ambientales han podido identificar varios tipos para este fin. El uso de estos coagulantes naturales surgió a mediados de los años 90 's, cuando descubrieron que algunas plantas y frutas contienen poli-electrolitos con la capacidad de aglutinar coloides, entre ellos los taninos (Srinivasan, 2005), estos hacen que, el empleo de materiales naturales puede disminuir o evitar la importación de los coagulantes químicos (Yin, 2010).

La coagulación química se logra mediante la adición de coagulantes inorgánicos, como las sales de aluminio y hierro (Duan J *et al.*, 2003). Cuando se agregan al agua, las sales

acuosas de Al (III) y Fe (III) se disocian a sus respectivos iones trivalentes, es decir,  $Al^{+3}$  y  $Fe^{+3}$ . Luego se hidrolizan y forman varios complejos solubles que poseen altas cargas positivas, por lo que se absorben en la superficie de los coloides negativos.

Dentro de las investigaciones realizadas a nivel internacional se encuentra que, en Brasil en el año 2009, se realizó un trabajo en el cual se determinó la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera*, para remover la turbidez del agua. La dosificación aproximada fue de 25 gramos 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 *et al.*, 2009).

Otro estudio más reciente en comparación con la *M. oleifera* es el realizado en México con varias especies del Cactus, y en este caso, la *Opuntia ficus-indica* más conocida como “nopal”. Dentro de esta especie se encuentra el mucílago, una sustancia viscosa y un carbohidrato complejo, que tiene capacidad coagulante en solución con alcohol y capacidad de retener agua; al ser complejo, comprende diferentes carbohidratos como d-galactosa, l-ramnosa, l-arabinosa, d-xilosa y ácido D-galacturónico; pero recientemente un grupo de investigadores y Zimmerman informan que el ácido D-galacturónico es el ingrediente activo que proporciona la capacidad coagulante de *Opuntia ficus-indica* (Yin, 2010).

En el 2014 un artículo publicado por Elsevier B.V., que tiene como título “Treatment of water turbidity and bacteria by using a coagulant extracted from *Plantago ovata*”, evaluaron el potencial de la planta utilizando un extracto crudo de *Plantago ovata* inducido por el cloruro férrico ( $FeCl_3$ ), para actuar como coagulante natural en aguas del río Karún en Irán. Para ello hicieron pruebas experimentales que evalúan parámetros como la concentración de la turbidez, pH del agua, la cantidad de coagulante y la concentración de ácido húmico en la coagulación de turbidez del agua por  $FeCl_3$ . Se obtuvo como resultados que la máxima remoción de turbidez ocurrió con un pH de 8; en la dosis óptima de  $FeCl_3$ , solo se liberaron 0,8 mg / L de carbono orgánico disuelto al agua; finalmente, un aumento en el ácido húmico contribuyó con la eliminación de la turbidez del agua. Estos resultados demuestran que el  $FeCl_3$  eliminó más del 95,6% de todas las concentraciones iniciales de turbidez (50 a 300 NTU); además se logró una alta calidad bacteriológica en el agua tratada. Por lo que, el  $FeCl_3$  como bio-coagulante ecológico se reveló a ser un coagulante muy eficaz para eliminar la turbidez de las aguas (Ramavandi, 2014).

La efectividad de la coagulación para eliminar NOM (Materia Orgánica Natural) y partículas depende de varios factores, incluidos el tipo y la dosificación de coagulante, las condiciones de mezcla, el pH, la temperatura, las propiedades de partículas y NOM (como tamaño, funcionalidad, carga e hidrofobicidad), así como la presencia de divalentes, cationes y concentraciones de aniones desestabilizadores (bicarbonato, cloruro y sulfato) (Matilainen, *et al.*, 2010).

En los últimos años se han desarrollado nuevos floculantes de polímeros inorgánicos (IPF) basados en sales inorgánicas. Los coagulantes pre-hidrolizados se forman por hidrólisis forzada de un coagulante simple, como el alumbre. Con respecto a sus propiedades de floculación de la coagulación, se considera que los IPF se encuentran en una posición entre las sales inorgánicas tradicionales y los floculantes orgánicos (Moussas *et al.*, 2009). Junto con el aluminio y otros floculantes poliméricos a base de hierro, también se ha

estudiado una combinación de los dos, es decir, coagulante de poli-aluminio-férrico-silicato-cloruro (PAF-SiC) (Cheng *et al.*, 2008).

Una de las especies de mayor referencia como coagulante natural eficiente para la clarificación de aguas turbias es la *Moringa oleifera* (moringa) (Okuda *et al.*, 2001). De ésta especie, han obtenido un extracto más puro con mejores resultados, para ello obtuvieron el extracto a través de un Salting – out (precipitación salina), luego eliminaron lípidos y carbohidratos por homogeneización con acetona, obteniendo así, un alto rendimiento en la coagulación. Otro estudio demostró que la actividad coagulante de la semilla *Moringa oleifera* es comparable con la obtenida por el uso de sulfato de aluminio (Fahmi *et al.*, 2011).

Un estudio tomó agua desionizada con adición de *Escherichia coli* (E. coli) como agua modelo en 104 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL, esto se realizó para generar una turbidez de 146 NTU. Para ello, se utilizó el método de test de jarras, y se obtuvo que con la *Moringa oleifera* se removió 84% de la turbidez y un 88% de remoción de E. coli. También se usó agua turbia del río (45 NTU), con un recuento de E. coli de 2650 UFC por cada 100 mL, y se trató con *Moringa oleifera*; lo que mostró una eliminación de turbidez del 76%, y la reducción de E. coli del 93%. La *Moringa oleifera* mostró capacidad de eliminación suficiente para fomentar su uso en el tratamiento de aguas turbias de los países en desarrollo (Pritchard *et al.*; 2010).

En una investigación realizada en el 2010 por Bina, Mehdinejad, Gunnel, Guna, & Nikaeen encaminada a evaluar los efectos del sulfato de aluminio utilizando como coadyudante de la coagulación la *Moringa oleifera* y de esta manera poder ver la eficiencia en la eliminación de la turbidez, dureza y bacterias. Para llevar a cabo este experimento se usó el método de jarras, se observó que el mejor resultado se obtuvo con un pH promedio de 7 a 7.5, y con una eficiencia de eliminación de turbidez de 80 % a 99 %. Finalmente, se concluye que la *Moringa oleifera* como coadyudante de la coagulación se puede usar para el tratamiento de agua potable sin el riesgo de liberación de nutrientes (Bina *et al.*; 2010).

El estudio de los residuos de la industria de la naranja como coagulante natural y adsorbente, nos dice, que los desechos de la naranja pueden ser aprovechados para la coagulación en aguas turbias. Lo cual, nos puede indicar que los residuos sólidos orgánicos se les puede alargar la vida útil, para un uso productivo además del compostaje (Matilainen *et al.*, 2010).

De las investigaciones realizadas en Colombia entorno a este tema, se encuentra, la investigación realizada en el 2016 en la Universidad El Bosque titulada “*Prunus persica* como coagulante de muestras de agua del río Apulo, sector la agronómica, Cundinamarca, Colombia.” Se obtuvo una disminución de la turbidez 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  $Al_2(SO_4)_3$  mostró actividades de coagulación máximas del 99% (García Zambrano, 2016).

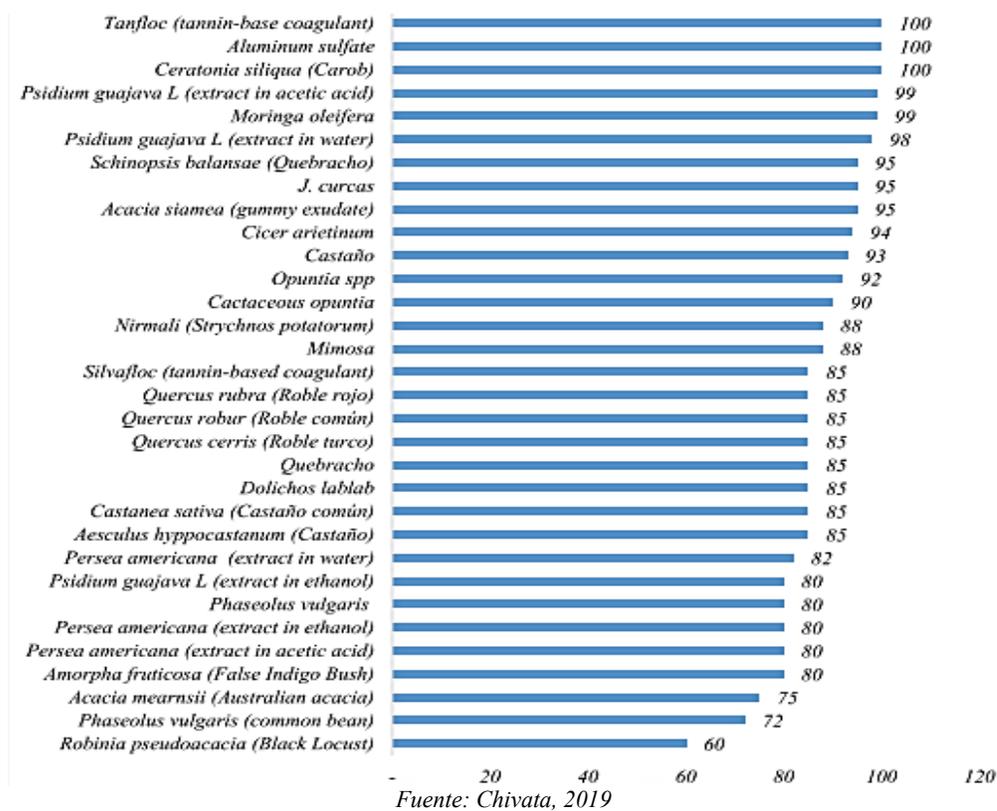
En un estudio de la semilla de Zapote como coagulante natural para el tratamiento del agua de la cuenca media del río Bogotá (Cota Cundinamarca), evaluaron la actividad coagulante de diferentes extractos, con las semillas y etanol; semillas y ácido acético; por último, semillas y agua. Obteniendo como resultados, el etanol al 10% del embrión de la semilla fue el que presentó mayor actividad coagulante y porcentaje de remoción de turbidez con un 78,62%; seguidamente, el extracto del ácido acético al 10% de testa de la semilla, que presentó un 66,62% de remoción de la turbidez. Respecto a los taninos, el Quebracho fue el que tuvo un mayor porcentaje de remoción de turbidez, obteniendo como resultado un porcentaje de 73,58% (Nieto, 2019).

Otro estudio reciente acerca de los coagulantes naturales es una tesis elaborada por Isabella Mrad en el año 2019. Tiene como título “Evaluación de la actividad coagulante de la semilla de Papaya (*Carica papaya*) en muestras de agua recolectadas en la cuenca alta del río Bogotá sector Guaymaral-Chía”; inicialmente las muestras tenían una turbidez de 49,3 NTU, llevando a cabo 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 con la técnica de volúmenes reducidos.; se obtuvo como resultados que, al aplicar la semilla en composición fresca y seca de la *Carica papaya* en solución etanólica al 10%, con una concentración en solución de 1500 ppm, presenta un 66,45% de efectividad remoción de turbidez, mientras que en la solución de ácido acético al 10%, disminuye su efectividad de remoción de turbidez al 44,54% (Mrad, 2019).

En el trabajo de grado elaborado en la Universidad El Bosque en el año 2018 en el que se evaluó la actividad coagulante de la semilla *Psidium guajava L* y el *Espisperma* de la semilla *Persea americana* en muestras de las aguas del río Bogotá; se presentaron los siguientes resultados, con el extracto de ácido acético al 10% y el extracto de agua de la semilla *Psidium guajava L*, mostró una eficiencia de 94.95%, y del 93.71% respectivamente; por otra parte, los resultados obtenidos por la *Espisperma* de la semilla *Persea americana*, presentó una reducción en los niveles de turbidez, siendo el extracto en ácido acético al 10 % el más eficiente, con un porcentaje de 80.85 % (Chivatá et al., 2018).

En el estudio realizado por Chivata 2018, se evaluó el porcentaje de remoción de *Psidium guayava L.* y *Episperm* de *Persea americana Mill* en muestras de agua del río Bogotá (Chocontá-Villapinzón). En donde se realizó una comparación entre diferentes coagulantes naturales y el coagulante inorgánico más utilizado (El Sulfato de Aluminio que remueve un 100%); allí se contrastó con bibliografía que, la guayaba en ácido acético tiene un alto porcentaje de remoción, ya que, según revisión bibliográfica se remueve hasta un 99% de la turbidez del agua, y en los resultados obtenidos del trabajo experimental se tuvo que las semillas de *Psidium guayava L* en COOH tuvieron un 93% de remoción (Chivata, 2019).

Figura 1. Comparación del porcentaje de remoción entre diferentes coagulantes orgánicos e inorgánicos



Según los autores anteriores, todos y cada uno de ellos tiene como conclusión que, los coagulantes naturales se están utilizando cada vez más para el tratamiento de aguas contaminadas, aunque, se siguen usando los coagulantes químicos como el sulfato de aluminio, por su alto porcentaje de remoción. Los autores realizaron comparaciones con diferentes coagulantes naturales como lo es la *Moringa Oleifera* (Okuda *et al.*, 2001) (Fahmi *et al.*, 2011), guayaba (Chivata, 2018), zapote (Nieto, 2019), papaya (Mrad, 2019), cáscaras de naranja (Matilainen *et.al.*, 2010), entre otras, obteniendo en todos estos estudios como resultado, un alto porcentaje de remoción y una buena perspectiva de lo que se podría usar sin afectar otras propiedades del agua.

Se observa que los autores e investigadores han realizado pruebas de comparación para así encontrar una alternativa amigable con el ambiente, que, a su vez, sean de fácil acceso o de la región, como lo son las cáscaras de naranja o las semillas de guayaba. Pero en sí, ninguno orienta a una respuesta fija de cual es mejor de todos, la mayoría de estudios que han sido comprobados indican que la *Moringa Oleifera* es la que mayor eficiencia de remoción tiene hasta el momento, pero que, aún falta mucho por explorar e investigar en la coagulación natural.

### Marco conceptual

A continuación, se presentan los conceptos claves que orientan el desarrollo del proyecto, explicando desde la importancia de la turbidez como parámetro fundamental para la investigación y proyecto realizado, hasta lo que es la espectrofotometría, que es la técnica

que se usó para el proyecto, así mismo, se conoce información básica de la semilla a estudiar, la cual es, *Passiflora pinnatistipula*, además, los factores de coagulación y conceptos relacionados con la misma.

### **Turbiedad**

Es un parámetro y efecto óptico causado por la dispersión y absorción de la luz que pasa a través de la materia suspendida del agua, no es un parámetro cuantitativo de los sólidos suspendidos, pero, es causada por el cieno o fango extraído del suelo, por escurrimientos superficiales que contienen materia suspendida orgánica y mineral (SENA, 2012). Se mide en unidades nefelométricas de turbidez o NTU, ya que, fue determinada por el método nefelométrico (Romero, 2002). Al agregar coagulante al agua la turbidez se puede reducir.

### **Coloide**

Por lo general, son sólidos finamente divididos que no sedimentan por acción de la gravedad, pero se pueden remover del agua mediante el proceso de coagulación, filtración o por medio de la acción biológica (Romero, 2009). Las partículas en los sistemas coloidales están en constante movimiento, teniendo a su vez una carga superficial elevada, la cual es neutral antes del contacto con el fluido; en la mayoría de los casos, al tener contacto con el agua puede transformarse a positiva y negativa, lo que hace que estas partículas coloidales se repelen entre sí; manteniendo de esa forma una estabilidad de la dispersión, evitando la aglomeración de partículas más grandes para fácil sedimentación (Kemmer, 2000); al moverse dentro del fluido con carga positiva, éstas colisionan entre sí y pueden quedar “pegadas”, cuando las partículas forman “agregados” suficientemente grandes, estos decantan o precipitan por acción de la gravedad. Estos agregados tienen un tamaño aproximado de  $10^{-6}$  y  $10^{-9}$  m, es en ese momento donde hacen alteraciones a las características organolépticas del fluido volviéndose más turbio.

Existen dos tipos de coloides de acuerdo al comportamiento en el agua:

- Los coloides hidrófobos: estos coloides no son estables en el agua formando conglomerados, pero no la repelen completamente, pues una película de la misma es absorbida. Estos coloides pueden estabilizarse por la adsorción de iones en la superficie.
- Los coloides hidrófilos: estos, a diferencia de los hidrófobos, son estables en el agua en otras palabras, son afines al agua. Forman desde grandes moléculas hasta muy pequeñas haciendo similitud a masas altas en viscosidad.

### **Conductividad**

Es una medida que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de diferentes factores, como lo es la presencia de iones, la concentración, la movilidad, la valencia y la temperatura. 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 ( $\text{mS/cm}$ ) en el Sistema Internacional de Unidades (IDEAM, 2006).

## Factores de la coagulación

### 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 10 del inverso de la concentración del ion hidrógeno (SENA, 2012). Se necesita el pH, en especial en los coagulantes metálicos como las sales de aluminio y hierro, puesto que, estos hacen la precipitación de los hidróxidos, por tanto, las condiciones más estables para su formación con estos coagulantes son con los valores de pH alrededor de 5 - 7.5. (Luna, 2017).

### Alcalinidad

Hace referencia a la capacidad del agua a reaccionar y neutralizar los ácidos, a su vez, para lograr reaccionar con iones hidrógeno. (Romero, 2009).

### Taninos

Pueden ser el recurso de nuevos agentes de coagulación. A escala experimental, se ha demostrado que es posible sintetizar coagulantes derivados de los taninos a partir de diferentes materias primas (Beltrán *et al.*, 2011).

### Fruto *Passiflora pinnatistipula* (Gulupa)

La *Passiflora pinnatistipula* es una especie de la Gulupa y hace parte de la familia de las pasifloras. Ésta es una especie conocida en nuestro país como maracuyá morado y en la parte Andina como gulupa. Este fruto es originario de Brasil, de la región amazónica, y es cultivado comercialmente en la región tropical y en la región subtropical. En los últimos años se ha ido distribuyendo y constituyendo como una fruta exótica a otras zonas del mundo como Asia, Suramérica, El Caribe, India, África y Australia (Perea *et al.*, 2010).

#### Taxonomía:

Clase: Magnoliopsida  
Subclase: Dilleniidae  
Orden: Violales  
Familia: Passifloraceae  
Género: *Passiflora*  
Especie: *P. pinnatistipula*  
(Gómez *et al.*, 2014)

Las semillas de *Passiflora* son numerosas, con testa dura, aplanadas, y ornamentada; forma variable (ovaladas, obovadas, obcordadas); coloración oscura (negra o marrón) cuando están maduras. Las reticulaciones de la testa son variables y se pueden considerar como caracteres diagnósticos interespecíficos. En el interior de la semilla se encuentran aceites, almidones que alimentarán el embrión hasta que esté listo para germinar y el endospermo blanquecino (Aguirre *et al.*, 2015).

Dentro de la composición de este fruto está: el arillo que es la parte comestible de este; se encuentra adherido a la pared del fruto, a través de funículos, que, en la *Passiflora* por lo general, son tres. De esta manera, las semillas son rodeadas individualmente por un arillo

acuoso que guarda el jugo de *Passiflora*, cuyo sabor varía entre muy dulce, ácido o insípido; y en cuanto a su color, éste puede ser desde blanquecino, amarillento hasta rojo intenso (Aguirre *et.al.*, 2015).

Figura 2. Arilo en *Passiflora*



Fuente: Aguirre *et.al.*, 2015

El género *Passiflora* tiene alrededor de 42 especies con fruto comestible, de las cuales, nueve son de importancia económica en mercados nacionales e internacionales, algunas de ellas son, maracuyá, la gulupa y la granadilla, que representan las especies de mayor importancia económica (Aguirre *et.al.*, 2015).

Los principales departamentos productores en Colombia: Antioquia (2324 ton), Cundinamarca (1815 ton), Boyacá (851,5 ton), Tolima (585 ton) y el Huila (257,4 ton). Usos: industriales, culinarios y medicinales.

Dentro de sus propiedades fisicoquímicas están: Humedad 90%, altos niveles de Vitamina A y ácido ascórbico, peso (38 - 45) gr y un diámetro entre (45 - 56) mm. Las condiciones de crecimiento en Colombia son: Altura: 1500 - 3400 m.s.n.m, Temperatura: 10 - 24°C, HR (humedad relativa): (80 - 94) %, Precipitación: (1300 - 1800) mm anuales, Radiación solar: (3285 - 4745) h anuales, Suelo: Textura liviana, franco arenoso a franco arcilloso, Buen drenaje, Profundidad  $\geq$  60 cm y pH entre 6 - 7.

### Eficiencia de remoción

Para conocer la eficiencia de remoción o la actividad coagulante, se requiere medir la turbidez inicial y la turbidez final, para ello se debe tener en cuenta que, si el valor resultante está más cerca al 100% se entiende que es más eficiente, es decir, logra disminuir la turbiedad hasta el mínimo posible (Šćiban, 2009).

Ecuación 1. Actividad coagulante de la semilla estudiada

$$\% \text{ Actividad coagulante} = \frac{\text{final} - \text{inicial}}{\text{inicial}}$$

Fuente: Šćiban, 2009

## **Sulfato de Aluminio**

El sulfato de aluminio es conocido comúnmente como alumbre, es decir, una sal que es considerada como el coagulante inorgánico estándar con mayor uso en el tratamiento de aguas, ya que, es fácil de producir y por ende posee un costo de comercialización relativamente bajo (Barajas *et al.*, 2015).

## **Dosis óptima de coagulante**

La dosis óptima de coagulante se refiere a la cantidad de coagulante requerida para adicionar durante el tratamiento del agua (mezcla rápida, floculación y sedimentación) que se realiza para eliminar o disminuir principalmente el grado de turbidez que ésta presenta. Esta dosis se entiende como el volumen indicado de coagulante que se aplica a una concentración determinada, con la cual se conseguirá la formación de los flóculos, con mayor compactación y velocidad de sedimentación, y a su vez, contribuirá a obtener un mayor porcentaje de reducción de la turbidez (Barajas *et al.*, 2015).

## **Sedimentación**

Hace referencia al proceso por el cual se deja el agua en reposo en tanques, esto con el fin de que se decanten los flóculos formados en la floculación, en la cual, se aglomeran las partículas suspendidas en el agua hasta tener el peso suficiente para poder sedimentarse (Barajas *et al.*, 2015).

## **Escala nefelometría**

Se entiende por escala nefelométrica, método instrumental para medir la turbidez que se realiza mediante la medición de la intensidad del haz disperso (Martínez, s.f.).

## **Espectrofotometría.**

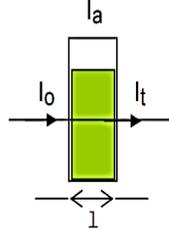
Esta es una técnica que se caracteriza por medir la interacción de moléculas con la radiación electromagnética; para lo cual, hace uso de la luz que se encuentra en la luz visible y en la luz ultravioleta de los espectros electromagnéticos que presentan una energía de 150- 400 kJ mol<sup>-1</sup>, midiendo así diferentes sustancias químicas. La energía de la luz es usada para fomentar electrones de un estado de excitación a otro. Se obtiene un espectro cuando la absorción de luz es medida en función de una longitud o frecuencia. Las moléculas con electrones deslocalizados (en sistemas aromáticos) por lo general absorben la luz a 150-400 nm (ultravioleta) o en la región visible a 400-800 nm (Arenas *et al.*, 2004).

El tipo de espectrofotometría de absorción, en las regiones ultravioleta y visible del espectro electromagnético, es probablemente la más utilizada e ideal para hacer mediciones cuantitativas de todas las técnicas espectroscópicas; es de gran utilidad como técnica auxiliar para la determinación de estructuras de especies químicas. Consiste en la absorción de radiación ultravioleta y visible por el analito, provocando un estado activado que enseguida elimina el exceso de energía en forma de calor (Hernández & González, 2002). Es usualmente usada con moléculas disueltas en un solvente transparente. La absorbancia de un soluto depende linealmente de la concentración y por tanto, la espectrofotometría de absorción es muy útil para el análisis cuantitativo. La fuerza de absorbancia y la longitud de

absorción de una molécula no sólo depende de la naturaleza química, si no del ambiente molecular en donde se encuentre el cromóforo (Arenas *et al.*, 2004).

A continuación, unos términos que se relacionan con la espectrofotometría, estos son:

Figura 3. Gráfico del proceso de la espectrofotometría



Fuente: Abril *et al.*, s.f.

La transmitancia y absorbancia sucede cuando un rayo de luz de una determinada longitud de onda de intensidad ( $I_0$ ) incide perpendicularmente sobre una disolución de un compuesto químico que absorbe luz (o cromóforo), es decir que, el compuesto absorberá una parte de la radiación incidente ( $I_a$ ) y dejará pasar el resto ( $I_t$ ), de tal manera que se cumple:  $I_0 = I_a + I_t$  (Abril *et al.*, s.f.)

- **Absorbancia:** este es un concepto más relacionado con la muestra, ya que, nos indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de  $1/T$ , es decir:  $A = \log 1/T = -\log T = -\log I_t/I_0$ ; cuando la intensidad incidente y transmitida son iguales ( $I_0 = I_t$ ), la transmitancia es del 100% e indica que la muestra no absorbe a una determinada longitud de onda, entonces  $A$  vale  $\log 1 = 0$ . La cantidad de luz absorbida obedecerá a la distancia que atraviesa la luz por medio de la solución del cromóforo y de la concentración de éste (Abril *et al.*, s.f.).

- **Transmitancia:** se comprende como la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra ( $I_t$ ), y la cantidad de luz que incidió sobre ella ( $I_0$ ); se representa normalmente como porcentaje de transmitancia:  $\% T = I_t/I_0 \times 100$ . La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre el  $\%T$  y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa (Abril *et al.*, s.f.)

## Espectrofotómetro

Un espectrofotómetro es un instrumento utilizado para precisar a qué longitud de onda la muestra absorbe la luz y la intensidad de la absorción. Pese a que varían en el diseño y marcas, todos los espectrofotómetros se caracterizan por tener una fuente de luz, un detector de luz, el medidor, un selector de longitud de onda y un contenedor transparente en el cual se deposita la muestra (Arenas *et al.*, 2004).

### Marco Teórico

En este apartado o marco, se puede observar las teorías que soportan o son base para el desarrollo del proyecto, iniciando por la economía circular como teoría base de ingeniería ambiental, siguiendo con el proceso de coagulación y coagulación natural, que hacen

referencia al tema principal del proyecto de investigación, y los coagulantes tanto inorgánicos como orgánicos, que son los dos comparados en la investigación.

### **Economía circular**

La economía circular se puede entender como un sistema económico que sustituye el concepto final de vida, es decir, un modelo de economía que quiere reducir, minimizar, reutilizar, reciclar y recuperar materiales en los procesos de producción, distribución y consumo. Se caracteriza por operar en diferentes niveles; micro para empresas, productos, y consumidores; meso para parques eco industriales; y macro para ciudad, región, nación o internacionalmente. Esto con el fin de lograr el desarrollo sostenible, por ende, se debe trabajar constantemente en la calidad, tanto ambiental como económica y social, y de esta forma, beneficiar a las generaciones del presente y a las futuras (Kirchherr *et al.*, 2017).

Para ello, se espera promover el crecimiento económico por medio de la invención de nuevos negocios y oportunidades laborales, en las cuales habrá un ahorro de costes de materiales, mejoras en la calidad de suministros para la población (como el agua), la reducción de la volatilidad de los precios, y disminución de las presiones e impactos; existen diferentes factores orientados hacia el ecodiseño como por ejemplo, aprovechamiento de los residuos y, la prevención y reutilización, que pueden generar ahorros netos significativos para las empresas, organizaciones, entidades o para la misma comunidad (Kalmykova *et al.*, 2018).

Se trata entonces de crecer económicamente sin deteriorar el ambiente ni agotar los recursos naturales vía la reutilización y maximización de estos y la minimización del desperdicio; es decir, que no se trata de producir más sino producir mejor. Este proceso trae beneficios significativos para cualquier sistema, empresa, organización, ciudad o nación, entre ellos están; reducción de residuos sólidos, menor inversión de capital y costos operativos, reducción de las emisiones de carbono, al ser restaurativa reduce la deforestación y el agotamiento de nuestros recursos naturales; potencial para innovar, creación de nuevos mercados para trabajos circulares; reduce el uso de materia prima (recursos naturales), ahorrándola; productos de mayor duración, entre otros (PUCP, 2019).

### **Coagulación o proceso de coagulación (coagulo)**

La coagulación química está definida como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y de las partículas coloidales del agua. Es un proceso por el cual se pueden reducir las fuerzas repelentes entre las partículas coloidales (desestabilización química) para lograr formar partículas de mayor tamaño para una buena sedimentación (Romero, 2009).

Este proceso es el resultado de dos fenómenos:

- La primera parte hace referencia a las diferentes reacciones químicas, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas que tienen cargas positivas, dependiendo de la concentración del coagulante y el pH final.
- La segunda es física, consistiendo en el transporte de las especies hidrolizadas para así hacer contacto con la impureza del agua.

La coagulación está en función de las diferentes características del agua y las partículas presentes en la misma, definiendo el valor de los parámetros como es el pH, alcalinidad, color verdadero, turbiedad, temperatura, movilidad electroforética, fuerza iónica, sólidos totales disueltos, entre otros. (Canepa de Vargas, 2004).

La desestabilización se puede obtener por tres mecanismos fisicoquímicos:

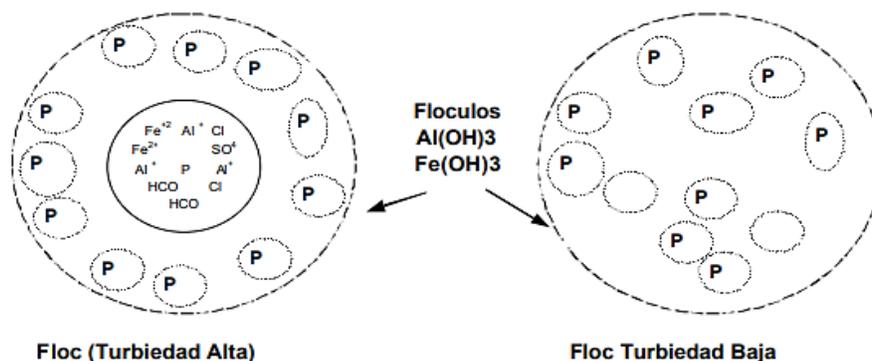
- Compresión de la doble capa: se produce por compresión de las capas difusas que están rodeando las partículas, al minimizar la fuerza de repulsión entre dos partículas semejantes se forman aglomerados más grandes para sedimentar (Andía, 2000).

Dos aspectos de este tipo de mecanismo son:

- Las concentraciones de electrolitos que causan la coagulación es totalmente independiente de la concentración de coloides en el agua.
- Es imposible causar una reestabilización de los coloides con la adición de mayor cantidad de electrolitos debido a que ocurre una reversión de la carga de los mismos, haciendo que los coloides sean positivos. (Canepa de Vargas, 2004)
- Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado: los coloides desestabilizados se pueden atrapar o retener dentro de un floc con la adición correcta de coagulante, al haber presencia de aniones resulta más fácil la formación de precipitados, es inversamente proporcional a la turbidez con relación a la cantidad de coagulante necesario. Ver Figura N°1 para observar el mecanismo (Andía, 2000).
- Adsorción y neutralización de cargas: este mecanismo se debe a la adsorción o inversión de cargas, donde la carga original o neta de las partículas coloidales es invertida de negativa a positiva por el exceso de coagulante al agua a tratar, produciendo que este sea absorbido en la superficie de la partícula produciendo la carga invertida (Andía, 2000).

El efecto de adsorción y neutralización de la carga se encuentra estrechamente ligado al de compresión de la doble capa. El mecanismo de adsorción y neutralización consiste en la interacción entre coagulante-coloides, coagulante-solvente y coloides-solvente. (Canepa de Vargas, 2004).

Figura 4. Atrapamiento de Partículas de un Precipitado



Fuente: Andía, 2000

## Coagulación natural

Se entiende por coagulación natural, proceso de neutralización de cargas, que se lleva a cabo por medio de la adición de extractos de plantas que contienen proteínas, taninos, mucílagos y gomas para generar la desestabilización coloidal. En la coagulación aumenta la fuerza iónica del medio, es decir, que se reprime la doble capa eléctrica por lo cual cesa la repulsión entre las partículas coloidales (Nieto, 2019). La coagulación se ve influenciada por la variación en el contenido de sólidos suspendidos, pH, la temperatura, la velocidad, tiempo de agitación y de la salinidad; también se ve afectada por la presencia de cationes bivalentes y aniones (bicarbonatos, cloruros y sulfatos). El pH es uno de los parámetros que tiene mayor influencia sobre los procesos de coagulación, debido a que, afecta la cantidad y tipo de cargas presentes en la superficie de los sólidos. (Matilainen *et.al.*, 2010).

La coagulación natural o biocoagulación es una alternativa a las grandes problemáticas ambientales de la actualidad, como la contaminación de cuerpos de agua ya que, es una tecnología limpia que genera desechos biodegradables. La biocoagulación data de tiempos ancestrales y ya ha sido implementada en África y Asia, donde se presenta escasez de plantas de potabilización (Banchón *et.al.*, 2016).

## Coagulantes

Existen tres grandes grupos de coagulantes que a su vez se subdividen en otros:

- Coagulantes metálicos: los coagulantes químicos inorgánicos más usados, forman compuestos complejos hidratados, pueden subdividirse en tres grupos grandes, sales de Hierro (Fe III), sales de Aluminio (Al III) y la Cal que es poco común; también están los floculantes de polímeros inorgánicos (IPF). (Barajas *et al.*, 2015).

- Coagulantes naturales o de origen vegetal: son una fuente alternativa con gran potencial aún no explotado lo suficiente; se producen de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas (Guzmán *et al.*, 2013). Los de uso más común son: los almidones de papa, yuca, semilla de cactus, coco, frijol y la moringa.

- Coagulantes orgánicos: son conocidos como polielectrolitos que pueden ser catiónicos, aniónicos o anfóteros, con gran peso molecular y gran cantidad de activados en sus cadenas orgánicas. (Matilainen *et al.*, 2010).

## Marco normativo

Dentro del marco normativo se encuentra lo relacionado a las normas, decretos, resoluciones, etc., relacionada con la calidad de agua vigente en el país, además de normativa referente a la recolección de muestras en el Río Bogotá.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Tabla 1. Cuadro normativo aplicable para el proyecto experimental de la Gulupa

Acto Normativo	Declarado por	Descripción
Constitución Política de Colombia de 1991	Asamblea Nacional Constituyente.	Se pueden encontrar alrededor de 15 artículos, relacionados con la protección, conservación, control y mejoramiento de los recursos naturales.
Resolución 2115 de 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ministerio de la Protección Social.	Se señalan las características, instrumentos básicos y los sistemas de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, además de la medición del índice IRCA para controlar el peligro de esta. En el artículo 2, cuadro n° 1 se establece el valor máximo aceptable para el parámetro de turbiedad para el consumo humano, 2UNT.
Ley 99 de 1993	Congreso de la República	Hace referencia a la conservación de los recursos naturales renovables haciendo énfasis en el daño ambiental a los ecosistemas y sus funcionamientos, y a la vez a la salud humana. Además de prevenir y controlar el riesgo efectuado por el consumo, excluyendo el agua envasada.
Decreto 2811 de 1974	Ministerio de agricultura	Es el código nacional de recursos renovables y de protección al medio ambiente. Allí se pretende trabajar por la restauración, conservación y utilización responsable del ambiente y de los recursos presentes en él.
Decreto 1575 de 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ministerio de la Protección Social.	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la Calidad del Agua para consumo humano. En el artículo 27 se menciona los requisitos mínimos de un laboratorio para realizar análisis de agua apta para el consumo, control o vigilancia y un diagnóstico general.
Decreto 3930 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se reglamenta todo lo relacionado con los usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. En el artículo 23 se habla acerca del control de criterios de calidad del recurso hídrico; en donde la autoridad ambiental competente hará el debido control de estos criterios por fuera de la zona de mezcla, y para ello, la autoridad deberá tener en cuenta lo dispuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)
NTC-ISO 5667-1	ICONTEC	Calidad de 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. (ICONTEC, 1995).
NTC-ISO 5667-2	ICONTEC	Gestión Ambiental Calidad del agua. Muestreo. Técnicas Generales de muestreo. Esta norma constituye una guía de técnicas de muestreo usada para obtener los datos necesarios para el análisis con fines de control de calidad, caracterización de la calidad y reconocimiento de fuentes de contaminación del agua (ICONTEC, 1995).
NTC-ISO 5667-3	ICONTEC	Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el manejo y preservación de las muestras. Estos lineamientos son apropiados cuando se trata de una muestra (puntual o compuesta) que no se puede analizar en el sitio, sino que debe ser llevada al laboratorio (ICONTEC, 1995).

Fuente: Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2007)

### Marco geográfico

#### Centro poblado El Charquito, Cundinamarca.

-Descripción del territorio, cuenca del río Bogotá

El río Bogotá está ubicado en el altiplano cundiboyacense, desde el noreste hasta el sureste del departamento de Cundinamarca. Tiene el nacimiento en el nororiente del municipio de Villapinzón en el Páramo de Guacheneque a 3300 m.s.n.m., y la

desembocadura en el río Magdalena en Girardot a 280 m.s.n.m. como se ve en la figura N° 2. Tiene como superficie total 589.143 hectáreas, a través de los ríos Sisga, Neusa, Tibitó, Negro, Teusacá, Frío, Chicú, Salitre, Funza, Tunjuelito, Balsillas que corresponden al 32% del total de la superficie departamental; siendo integrada por 41 municipios, dividiéndose en tres cuencas: alta, media y baja, como se ve en la figura N° 3 (CAR, 2018), donde se ven influenciados 9.631.301 millones de habitantes (Secretaría Distrital de Planeación, 2014).

Figura 5. Cuenca del Río Bogotá



Fuente: El Espectador, 2014

Figura 6. El río Bogotá y las tres cuencas: alta, media y baja



Fuente: El espectador, 2014

-Descripción de la cuenca baja del río Bogotá

La cuenca baja del río Bogotá tiene su inicio en el Embalse del Muña en Alicachín y finaliza en la desembocadura del río Magdalena en Girardot; pasando por el municipio de Soacha, el salto del Tequendama se transforma y su caudal pasa a ser de corrientes torrenciosas, cuando comienza a descender por entre valles con tantos cañones yendo en la búsqueda de su desembocadura el río Magdalena. Con longitud total de 380 Km. (Ríos del planeta, 2017). Es la zona donde más se presenta o se percibe la contaminación, el río llega en condiciones anóxicas, donde los olores afectan el desarrollo socioeconómico y turístico de municipios como La Mesa, Anapoima, San Antonio de Tequendama y Tocaima; estos municipios vierten sus aguas residuales sobre el río, además de otros contaminantes provenientes de actividades agrícolas. (Secretaría Distrital de Planeación, 2014).

Figura 7. Infografía sobre la Cuenca Baja del Río Bogotá

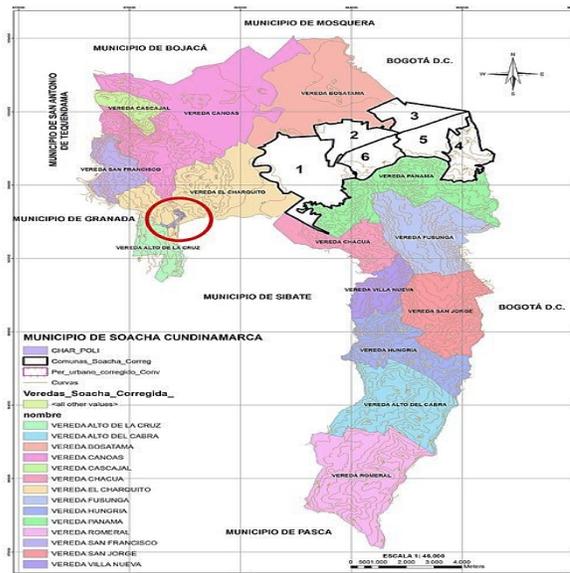


Fuente: El espectador, 2014

-Municipio de Soacha Cundinamarca

El municipio de Soacha está localizado en el departamento de Cundinamarca, limitando al oriente con Bogotá, al norte con los municipios de Bojacá y Mosquera, al occidente con los municipios de Granada y San Antonio del Tequendama y al sur con los municipios de Sibaté, Pasca (Orarbo, 2020); con una altura de 2.256 m.s.n.m. Tiene una extensión total de 184,45 Km<sup>2</sup>, siendo la extensión del área urbana de 19 Km<sup>2</sup> y del área rural de 165.45 Km<sup>2</sup>, tiene una temperatura promedio de 11,5°C. El río Bogotá atraviesa la parte noroeste del municipio recorriendo las veredas de Bosatama, Canoas, El Charquito y San Francisco (Alcaldía de Soacha, 2020).

Figura 8. Mapa político de Soacha.



Fuente: Alcaldía de Soacha, 2015

-Vereda El Charquito, Cundinamarca

La Vereda El Charquito es completamente montañoso, limita al norte con las veredas de Canoas y de Bosatama, al oriente con la Comuna 1 Compartir, al oeste con las veredas del Alto de La Cruz y de San Francisco y con el Municipio de Granada y al sur con el municipio de Sibaté. Tiene cultivos de papa, arveja, zanahoria, cilantro entre otros, otra actividad económica presentada es la ganadería, avicultura y porcicultura. El problema principal de la vereda a nivel de salud es la presencia de vectores como moscas causado por los olores del río Bogotá como se observa en la Figura N° 6.

Las muestras de agua fueron recolectadas en las coordenadas 4° 32'41" N 74° 16'31" W como se ve en la figura N° 7, las cuales corresponden a la entrada de la Vereda por la Vía Bogotá - Mesitas EL Colegio.

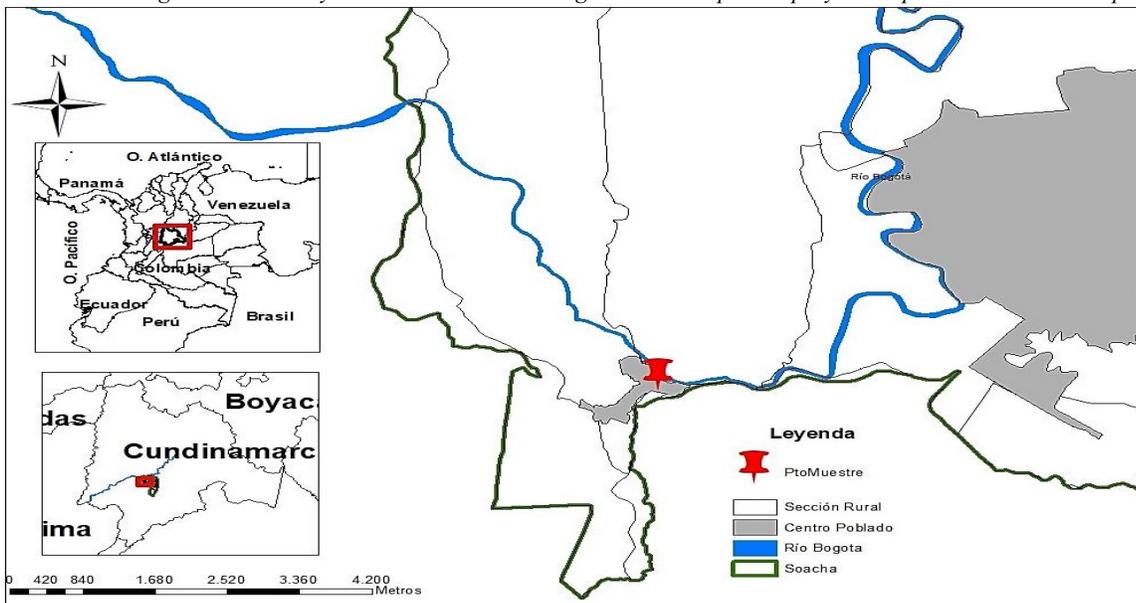
Figura 9. Charquito Soacha Cundinamarca y Río Bogotá.



Fuente: Autores

-Mapa de la macro y micro localización del punto de estudio

Figura 10. Macro y micro localización del lugar de estudio para el proyecto experimental de la Gulupa

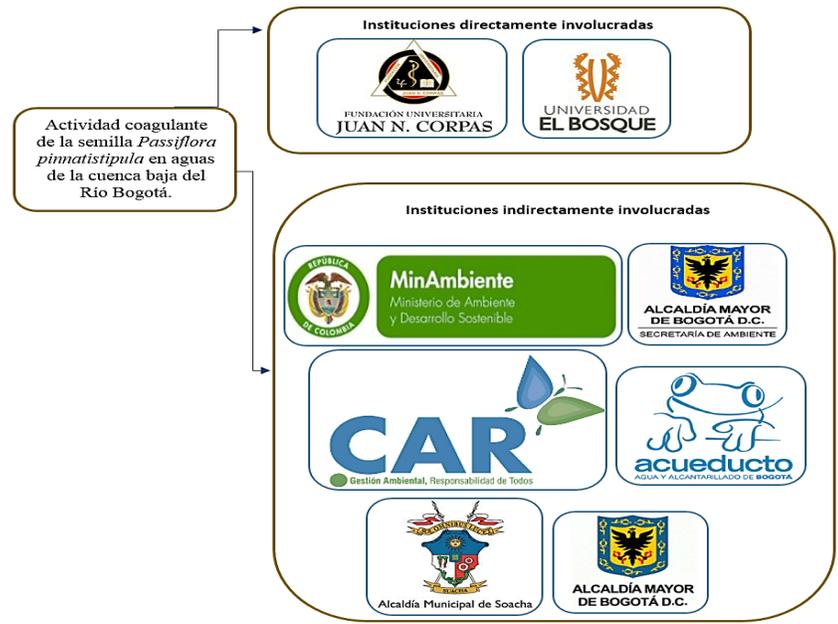


Fuente: Autores

### Marco Institucional

Existen diferentes entidades u órganos, que cumplen la función de participar en el proceso de decisión y control de su organización, como en este caso, el Centro Poblado El Charquito, zona de estudio, la cual involucra instituciones encargadas de velar por los objetivos orientados al medio ambiente, agua y al buen desarrollo social y económico de la población, y para ello, tienen en cuenta las normas y políticas de acuerdo con el Estado.

Figura 11. Organigrama de las instituciones involucradas en el proyecto



Fuente: Autores

## 9. Metodología

Para llevar a cabo este proyecto, se abarcaron los siguientes enfoques:

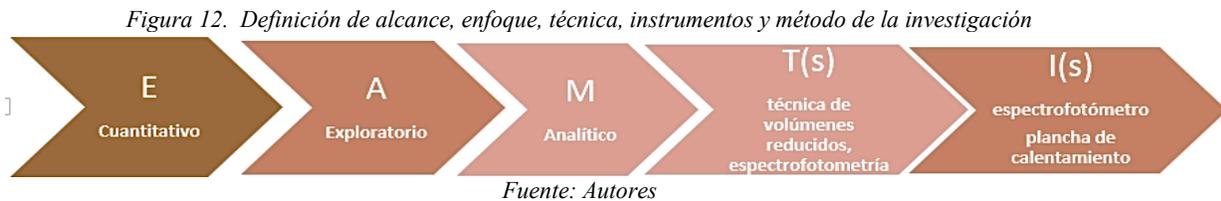
1. **Enfoque Cuantitativo:** cuantificar los porcentajes de eficiencia de remoción que tiene la semilla *Passiflora pinnatistipula* para disminuir la turbidez de las muestras de agua de la cuenca baja del río Bogotá (El Charquito, Soacha Cundinamarca).

2. **Alcance Exploratorio:** se basa en una investigación experimental y analítica sobre la capacidad que tienen las semillas de *Passiflora pinnatistipula* para disminuir la turbidez de las muestras de agua de la cuenca baja del río Bogotá (El Charquito, Soacha Cundinamarca). A su vez, se estudia un fruto orgánico (gulupa) accesible a la comunidad para usarlo como coagulante natural, este es un tema innovador e importante para sustituir coagulantes químicos (como el Sulfato de Aluminio).

3. **Método analítico - analógico:** por medio de la obtención de los resultados del trabajo experimental de *Passiflora pinnatistipula* se compara con otras investigaciones de este tipo, como el caso de: la semilla de Zapote (Nieto, 2019), *Carica papaya* (Mrad, 2019) y de *Psidium guayaba L* (Chivatá et al., 2018).

4. **Técnica (s):** para el desarrollo del objetivo general de nuestro proyecto, se llevarán a cabo diferentes técnicas, entre las cuales están: espectrofotometría de absorción de luz visible, técnica de volúmenes reducidos (metodología desarrollada por el Grupo de Microbiología Aplicada al Medioambiente del Departamento de Biotecnología de la Universidad Hungliga Tekniska Högskolan de Estocolmo (Suecia)), análisis de laboratorio, entre otras.

5. **Instrumento (s):** para llevar a cabo el trabajo experimental se emplearán diferentes instrumentos como lo son: el espectrofotómetro, plancha de calentamiento para preparación de extractos, balanza analítica.



Considerando que **la técnica** hace referencia a un conjunto de procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a la pregunta de investigación (Hurtado, 2008).

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

- Selección y recolección de las muestras de agua y de las semillas.
- Obtención de extractos por la técnica de reflujo
- Espectrofotometría de absorción de luz visible.
- Técnica de volumen reducidos
- Análisis de datos

Dentro de los materiales y equipos que se necesitan para llevar a cabo este proyecto están:

Tabla 2. Materiales y equipos empleados para la realización del proyecto

Materiales y Equipos	Nombre
Reactivos y materiales	Muestras de agua del Río Bogotá
	Sulfato de aluminio y taninos
	Ácido acético y etanol
	Agua destilada
	Botellas ámbar
	Matraz, balón aforado, filtro de vidrio y papel filtro
	Celdas para espectrofotometría
	Semillas de <i>Passiflora pinnatistipula</i>
	Botellas plásticas blancas de 1 L
	Pipeta
	Termómetro
	PH metro
	Baño ultrasónico
	Equipos
Espectrofotómetro	
Balanza analítica	
Equipo de reflujo	

Fuente: Autores

### *Método*

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 de las muestras a evaluar con la técnica de volúmenes reducidos. 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, a la que se le añade un volumen variable del extracto coagulante a estudiar en una celda específica para el espectrofotómetro. De esta forma se reduce el volumen de agua turbia necesaria para realizar los análisis, así como la dosis de extracto requerida para la concentración a evaluar y permitiendo así la realización de varios ensayos simultáneamente, evitando la descomposición natural del agua. (Ghebremichael *et al.*, 2005).

#### *1. Recolección de las semillas de Gulupa*

Se colectó el fruto *Passiflora pinnatistipula* (gulupa) en una plaza de mercado de Mazurén Bogotá, luego se despulpan y limpian las semillas.

#### *2. Recolección de las muestras de agua*

Se colectan las muestras de agua de la cuenca baja río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, según la norma colombiana NTC ISO 5667, el día 01 de marzo del año 2020 entre las 8am y 3pm con intervalos de 2 horas, almacenada en botellas plásticas, y llevándolas a refrigeración para transporte. Se tomaron 4 muestras de agua de 1 L cada una. Los parámetros que se midieron fueron pH y temperatura al momento de recolectar las muestras de agua. Se hizo el registro de la localización del punto de muestreo real con una aplicación en el celular de GPS y se caracterizó el sitio con fotografías, como se observa en la Figura 13. Se procedió a llenar cada frasco hasta el borde superior de cada recipiente y sellar herméticamente evitando la entrada de aire; se rotulo con la identificación de la muestra: fecha de muestreo, personas responsables y parámetros a analizar.

*Figura 13. Recolección de la muestra de agua*



*Fuente: Autores*

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Figura 14. Recolección de datos en el punto de muestreo centro Poblado El Charquito

Recolección datos en campo					
Responsables	Tomas	pH	Temperatura (°C)	Caudal (m3/s)	Observaciones
María Fernanda Bernate y Wendy Jhoana Romero Agudelo	Nº 1 (8:25 a.m)	8	19,2	0,43	Cultivos: papa, cilantro, arveja.
	Nº 2 (10:25 a.m)	7,9	19,7	0,4	Presencia de ganadería (bovinos) en la zona de estudio. Mucha neblina, Vientos en dirección opuesta al río.
	Nº 3 (12:24 p.m)	7,9	20,2	0,2	Presencia de mucho vector (moscas), anteriormente en la zona de practicaba la pesca.
	Nº 4 (2:27 p.m)	7,9	19,5	0,41	

Zona de Estudio	Centro poblado El Charquito, Soacha
Coordenadas	Latitud: 4° 32' 41"
	Longitud: 74° 16' 31"

Fuente: Autores.

### 3. Procesamiento de gulupa

Se separan las semillas de la gulupa, retirando el mesocarpio y el epicarpio del fruto.

Figura 15. Semillas de Gulupa



Fuente: Autores

### 4. Preparación de extractos de la semilla de *Passiflora pinnatistipula* (soluciones)

Al terminar el procesamiento de la gulupa, se tomó una parte de las semillas limpias (en fresco) para hacer los extractos y otra parte de estas se dejaron secar a temperatura ambiente durante 15 días. Las soluciones de las semillas en fresco se prepararon a una concentración de 20000 partes por millón (ppm). Para ello, se pesaron dos gramos de cada muestra de la semilla de *Passiflora pinnatistipula*, después se les realizaron tres reflujos con los solventes ácido acético al 10 %, etanol al 10 % y agua destilada respectivamente por un período de ocho días a temperatura de ebullición; luego se dejó enfriar, se filtró y se aforó a un volumen final de 100 mL con agua destilada; finalmente se guardaron las soluciones en frascos de vidrios ámbar y se refrigeraron. Se realizó el mismo procedimiento 15 días después con la semilla en seco de la *Passiflora pinnatistipula*, para completar un total de seis soluciones.

Figura 16. Preparación de extractos de las semillas de Gulupa



Fuente: Autores

Figura 17. Reflujo con ácido acético, agua y etanol para la semilla en seco y la semilla en fresco



Fuente: Autores

## 5. Preparación de los patrones

Se prepararon las muestras control de sulfato de aluminio a 20000 partes por millón (ppm). Para ello se pesaron 2 gramos de sulfato de aluminio y se aforó a 100 mL con el agua destilada.

Para los diferentes taninos (quebracho, mimosa y castaño) se preparó a 10000 partes por millón (ppm), se pesó un gramo de cada uno de ellos y se aforaron a 100 mL con agua T1. Cada coagulante control se debe guardar en botellas ámbar.

## 6. Ensayos

Para los ensayos, se añadieron 15, 37.5, 75, 150, 225, 300, 375, 450  $\mu\text{L}$  de cada extracto y del sulfato de aluminio para las concentraciones evaluadas de 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 ppm respectivamente en cada celda de vidrio espectrofotométrico para un volumen final de 3 ml. De los taninos se añadieron 30, 75, 150, 300, 450, 600, 750  $\mu\text{L}$ . Lo anterior se muestra en las tablas N°3 y N°4, aforando el volumen final hasta 3 mL como se muestra en la figura N°18. Las soluciones se homogeneizaron inmediatamente y midiendo la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Visible (Milton Roy Spectronic 21D). La disolución de la celda de vidrio espectrofotométrico se deja sedimentar durante 2 horas, midiendo la absorbancia cada 30 minutos a 500 nm; la reducción en el valor de la

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

absorbancia respecto al valor inicial, define la actividad coagulante primaria del extracto crudo, como se observa en la ecuación 1.

Tabla 3. Concentración y volumen de extractos y patrones

Concentraciones	100	250	500	1000	1500	2000	2500	3000
Seco y Fresco: H <sub>2</sub> O / Etanol/ Ácido acético / Sulfato de Aluminio 2000 ppm	15	37.5	75	150	225	300	375	450
Quebrancho / Mimosa / Castaño 1000 ppm	30	75	150	300	450	600	750	900

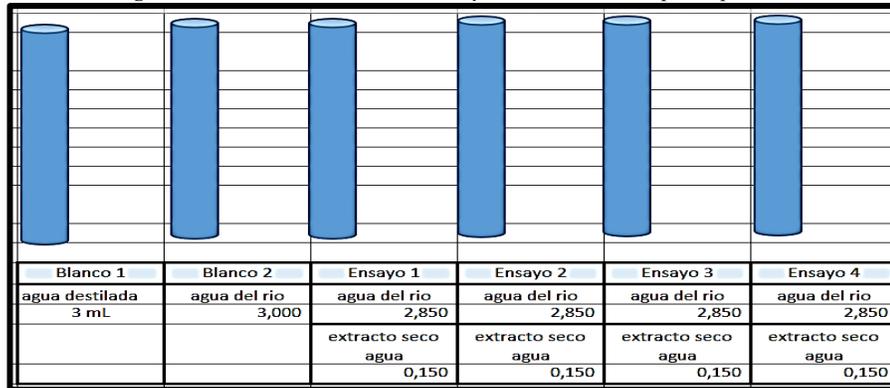
Fuente: Autores

Tabla 4. Volumen de agua muestra por concentración

Concentraciones	100	250	500	1000	1500	2000	2500	3000
Seco y Fresco: H <sub>2</sub> O / Etanol/ Ácido acético / Sulfato de Aluminio 2000 ppm	2985	2962.2	2925	2850	2775	2700	2625	2550
Quebrancho / Mimosa / Castaño 1000 ppm	2970	2925	2850	2700	2550	2400	2250	2100

Fuente: Autores

Figura 18. Cantidad de tubos de ensayo/celdas a utilizar por repetición



Fuente: Autores

Ecuación 1. Cálculo de la actividad coagulante

$$\% \text{ Actividad coagulante} = \frac{\text{final} - \text{inicial}}{\text{inicial}}$$

Fuente: Ghebremichael K *et al.*, 2005

Existe actividad coagulante cuando el porcentaje de sedimentación observado en la muestra, a partir de 120 minutos, es superior a la sedimentación producida de manera natural en el agua a evaluar. A los datos resultantes se les hará un Análisis de Varianza (ANOVA).

En todos los ensayos de actividad, se realiza la medida de un blanco, compuesto por 3 mL de agua destilada para los extractos en agua de la semilla (Ghebremichael *et al.*, 2005). Para lo cual, se realizaron cuatro repeticiones con cada uno, haciendo uso de aproximadamente 650 ml de cada muestra del río Bogotá; la distribución de los 650 ml se realiza con las 4 muestras, para un total de 2,600 ml. Por cada muestra de agua recolectada se realizaron 280 ensayos (incluyendo los patrones) y 8 concentraciones diferentes, antes mencionadas y en total 1064 ensayos para todo el experimento.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

*Matriz metodológica*

A continuación, se observa la matriz metodológica donde se explica la metodología que se llevó a cabo para la realización del proyecto de forma más específica y detallada, iniciando con el objetivo general y los específicos; seguidamente las diferentes actividades; así mismo las técnicas e instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de cada uno de los mismos.

Tabla 5. Matriz metodológica del proyecto experimental sobre la Gulupa

Objetivos		Actividades	Técnicas	Instrumentos			
General	Específicos						
Evaluar la actividad coagulante de la semilla de <i>Passiflora pinnatistipula</i> en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito, Cundinamarca.	1. Determinar la eficiencia de coagulantes inorgánicos (sulfato de aluminio) y coagulantes orgánicos (quebracho, mimosa y castaño) como coagulantes de aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, usando la adaptación de la metodología desarrollada por el grupo de Microbiología Aplicada al Medioambiente del Departamento de Biotecnología de la Universidad Hungliga Tekniska Högskolan de Estocolmo (Suecia).	Recolectar semillas de Gulupa.	Toma de muestras para frutas y hortalizas dictado por la NTC 756.	Semillas de Gulupa Bolsas			
		Recolectar muestras de agua del río Bogotá, cuenca baja El Charquito Cundinamarca.	Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes. Dictado por la NTC-ISO 5667-6.	Botellas plásticas de 1000 mL Termómetro y pH metro Bitácora de campo y tabla de datos a tomar del agua.			
		Preparar soluciones a 10000 ppm de castaño, quebracho, y mimosa.  Preparar patrones orgánicos (Sulfato de Aluminio a 20000 ppm y Taninos a 10000 ppm).	Técnica Volúmenes reducidos	Taninos y sulfato de aluminio Agua destilada Balón aforado Botellas ámbar Celdas Espectrofotómetro			
		Realizar pruebas de espectrofotometría con muestras de agua X.	Técnica Volúmenes reducidos	Espectrofotómetro			
		Elaborar curvas de calibración con patrones inorgánicos y orgánicos.	Estadística descriptiva y análisis de varianza	Software para análisis estadístico			
		2. Evaluar la capacidad coagulante de los extractos: acuoso, etanol al 10% y acético al 10% de la semilla <i>Passiflora pinnatistipula</i> (fresca y seca) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, implementando la misma técnica del objetivo 1	Preparación extracto acuoso, acético y etanol con semillas de gulupa (en seco y en fresco).	Reflujo con solventes Espectrofotometría	Semillas de Gulupa Ácido acético, etanol y agua Condensadores de reflujo Balón aforado (25 y 50 mL), filtro, matraz, pipeta y papel filtro. Botellas ámbar Tubos de ensayo		
	3. Comparar la eficiencia que tiene la semilla <i>Passiflora pinnatistipula</i> con respecto a otros coagulantes naturales.				Hacer análisis estadístico de datos, y mirar la efectividad por medio de %de eficiencia de remoción	Estadística. Se utiliza la ecuación de % de remoción.	Análisis estadístico

Fuente: Autores

## 10. Aspectos Éticos

En el trabajo de investigación no aplican los aspectos éticos.

## 11. Resultados

Turbidez inicial:

A continuación, se presenta la tabla 6 con los datos iniciales in situ recolectados del punto de muestreo: turbidez inicial, pH y temperatura.

Tabla 6. Datos iniciales in situ de las muestras de agua.

No de Agua	Turbidez inicial (NTU)	pH	Temperatura
1 (tomada a las 8:25am)	69,9	8,0	19,2
2 (tomada a las 10:25am)	90,84	7,9	19,7
3 (tomada a las 12:26pm)	76,58	7,9	20,2
4 (tomada a las 2:27pm)	52,07	7,9	19,5

Fuente: Autores

*Objetivo específico 1:*

*Determinar la actividad coagulante de sulfato de aluminio, quebracho, mimosa y castaño como coagulantes (inorgánico y orgánicos) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, usando la adaptación metodología desarrollada por el grupo de Microbiología Aplicada al Medioambiente del Departamento de Biotecnología de la Universidad Hunliga Tekniska Högskolan de Estocolmo (Suecia).*

Las tablas que aparecen a continuación plasman los resultados de cada una de las pruebas realizadas a cada muestra de agua con las diferentes concentraciones utilizadas y patrones control (sulfato de aluminio, quebracho, mimosa y castaño) para el cumplimiento de este objetivo.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.1.1. Sulfato de Aluminio

Se observa en la tabla 7 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el patrón inorgánico (Sulfato de Aluminio).

Tabla 7. Porcentaje de remoción de la turbidez con Sulfato de Aluminio

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	89,23	89,49	89,16	89,45
250	89,80	89,61	89,64	89,60
500	89,42	89,58	89,52	89,70
1000	89,54	89,60	89,56	89,58
1500	89,00	89,16	88,90	89,18
2000	89,30	89,38	89,25	89,29
2500	89,11	88,89	88,87	88,96
3000	89,08	89,10	89,03	89,07
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	89,55	89,36	89,33	89,45
250	89,46	89,57	89,67	89,70
500	89,40	89,58	89,45	89,36
1000	89,34	89,39	89,41	89,44
1500	89,17	89,13	89,33	89,21
2000	89,32	89,45	89,30	89,48
2500	88,84	88,81	88,91	88,93
3000	88,73	89,04	89,08	88,98
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	89,57	89,54	89,37	89,21
250	89,67	89,63	89,68	89,68
500	89,40	89,47	89,64	89,50
1000	89,35	89,48	89,30	89,33
1500	89,24	89,20	89,33	89,39
2000	88,88	88,92	89,29	89,28
2500	89,14	89,08	89,27	89,16
3000	89,25	89,17	89,06	89,09
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	88,64	88,81	88,76	88,92
250	89,61	89,49	89,76	89,57
500	89,34	53,72	89,52	89,67
1000	89,41	89,45	89,33	89,39
1500	89,27	89,09	88,91	89,19
2000	89,23	89,07	89,25	89,30
2500	88,84	88,90	89,07	88,81
3000	89,16	89,19	88,95	89,02

Fuente: Autores

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.1.2. Quebracho

Se observa en la tabla 8 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el patrón orgánico (Quebracho).

Tabla 8. Porcentaje de remoción de la turbidez con Quebracho

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,72	77,31	77,72	77,31
250	64,23	76,43	91,26	99,99
500	81,26	81,77	81,26	81,77
1000	81,26	81,77	81,26	81,77
1500	88,67	88,61	88,67	88,61
2000	89,28	89,28	89,28	89,28
2500	89,62	89,62	89,62	89,62
3000	89,62	89,62	89,62	89,62
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	75,40	73,86	75,40	73,86
250	77,90	76,16	77,90	76,16
500	80,57	80,24	80,57	80,24
1000	86,35	86,66	86,35	86,66
1500	88,47	88,32	88,47	88,32
2000	89,12	89,12	89,12	89,12
2500	89,56	89,54	89,56	89,54
3000	89,56	89,54	89,56	89,54
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	72,36	72,54	72,36	72,54
250	76,11	76,94	76,11	76,94
500	78,56	78,49	78,56	78,49
1000	85,84	85,87	85,84	85,87
1500	88,09	88,04	88,09	88,04
2000	89,09	89,04	89,09	89,04
2500	89,49	89,49	89,49	89,49
3000	89,49	89,49	89,49	89,49
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,19	77,78	77,19	77,78
250	80,04	79,73	80,04	79,73
500	81,37	81,14	81,37	81,14
1000	86,66	86,13	86,66	86,13
1500	88,09	88,04	88,09	88,04
2000	89,09	89,04	89,09	89,04
2500	89,65	89,70	89,65	89,70
3000	89,65	89,70	89,65	89,70

Fuente: Autores

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.1.3. Mimosa

Se observa en la tabla 9 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el patrón orgánico (Mimosa).

Tabla 9. Porcentaje de remoción de la turbidez con Mimosa

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,99	78,06	78,99	78,06
250	69,44	68,95	69,44	68,95
500	80,82	80,21	80,82	80,21
1000	85,90	86,17	85,90	86,17
1500	87,69	87,61	87,69	87,61
2000	89,04	89,06	89,04	89,06
2500	89,51	89,49	89,51	89,49
3000	89,51	89,49	89,51	89,49
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	80,26	78,67	80,26	78,67
250	76,88	77,57	76,88	77,57
500	80,12	79,78	80,12	79,78
1000	85,63	85,28	85,63	85,28
1500	87,14	87,03	87,14	87,03
2000	88,83	88,88	88,83	88,88
2500	89,36	89,38	89,36	89,38
3000	89,36	89,38	89,36	89,38
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,33	78,52	78,33	78,52
250	77,72	77,99	77,72	77,99
500	78,36	78,09	78,36	78,09
1000	85,19	85,12	85,19	85,12
1500	86,85	86,62	86,85	86,62
2000	88,76	88,93	88,76	88,93
2500	89,41	89,32	89,41	89,32
3000	89,41	89,32	89,41	89,32
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	80,76	82,05	80,76	82,05
250	80,65	80,29	80,65	80,29
500	81,70	80,32	81,70	80,32
1000	85,11	85,27	85,11	85,27
1500	86,85	86,62	86,85	86,62
2000	88,76	88,93	88,76	88,93
2500	89,34	89,34	89,34	89,34
3000	89,34	89,34	89,34	89,34

Fuente: Autores

11.1.4. Castaño

Se observa en la tabla 10 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el patrón orgánico (Castaño).

Tabla 10. Porcentaje de remoción de la turbidez con Castaño

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	71,38	72,80	71,38	72,80
250	74,33	73,36	74,33	73,36
500	74,33	72,96	74,33	72,96
1000	80,04	79,50	80,04	79,50
1500	80,93	81,37	80,93	81,37
2000	82,99	82,73	82,99	82,73
2500	85,74	85,74	85,74	85,74
3000	85,74	85,74	85,74	85,74
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,90	76,16	77,90	76,16
250	73,95	73,00	73,95	73,00
500	71,51	70,93	71,51	70,93
1000	76,60	77,30	76,60	77,30
1500	79,04	78,61	79,04	78,61
2000	81,05	81,26	81,05	81,26
2500	84,02	84,42	84,02	84,42
3000	84,02	84,42	84,02	84,42
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	76,34	74,42	76,34	74,42
250	73,10	68,71	73,10	68,71
500	69,82	69,05	69,82	69,05
1000	75,25	75,00	75,25	75,00
1500	77,99	77,92	77,99	77,92
2000	80,45	79,87	80,45	79,87
2500	83,24	83,28	83,24	83,28
3000	83,24	83,28	83,24	83,28
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	74,52	76,50	74,52	76,50
250	72,38	72,57	72,38	72,57
500	74,78	73,71	74,78	73,71
1000	78,68	78,34	78,68	78,34
1500	77,99	77,92	77,99	77,92
2000	80,45	79,87	80,45	79,87
2500	84,48	84,13	84,48	84,13
3000	84,48	84,13	84,48	84,13

Fuente: Autores

11.1.5. Promedios

Las tablas 11 a la 14 se refieren a los resultados promedio obtenidos de las 4 muestras de agua anteriormente mostradas de los patrones en las diferentes concentraciones.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.1.5.1. Promedio Sulfato de Aluminio

Tabla 11. Resultado promedio de las muestras de agua para Sulfato de Aluminio

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	89,25	89,30	89,16	89,26
250	89,63	89,57	89,69	89,63
500	89,39	80,59	89,53	89,56
1000	89,41	89,48	89,40	89,43
1500	89,17	89,14	89,12	89,24
2000	89,18	89,21	89,27	89,34
2500	88,98	88,92	89,03	88,97
3000	89,05	89,12	89,03	89,04

Fuente: Autores

11.1.5.2. Promedio Quebracho

Tabla 12. Resultado promedio de las muestras de agua para Quebracho

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	75,67	75,37	75,67	75,37
250	74,57	77,31	81,33	83,20
500	80,44	80,41	80,44	80,41
1000	85,03	85,11	85,03	85,11
1500	88,33	88,25	88,33	88,25
2000	89,15	89,12	89,15	89,12
2500	89,58	89,59	89,58	89,59
3000	89,58	89,59	89,58	89,59

Fuente: Autores

11.1.5.3. Promedio Mimosa

Tabla 13. Resultado promedio de las muestras de agua para la Mimosa

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,59	79,33	79,59	79,33
250	76,17	76,20	76,17	76,20
500	80,25	79,60	80,25	79,60
1000	85,46	85,46	85,46	85,46
1500	87,13	86,97	87,13	86,97
2000	88,85	88,95	88,85	88,95
2500	89,41	89,38	89,41	89,38
3000	89,41	89,38	89,41	89,38

Fuente: Autores

11.1.5.4. Promedio Castaño

Tabla 14. Resultado promedio de las muestras de agua para Castaño

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	75,03	74,97	75,03	74,97
250	73,44	71,91	73,44	71,91
500	72,61	71,66	72,61	71,66
1000	77,64	77,54	77,64	77,54
1500	78,99	78,96	78,99	78,96
2000	81,24	80,93	81,24	80,93
2500	84,37	84,39	84,37	84,39
3000	84,37	84,39	84,37	84,39

Fuente: Autores

*Objetivo específico 2:*

*Evaluar la capacidad coagulante de los extractos: acuoso, etanol al 10% y acético al 10% de la semilla *Passiflora pinnatistipula* (fresca y seca) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, centro poblado El Charquito Cundinamarca, implementando la misma técnica del objetivo 1*

Las tablas de la 15 a la 20 plasman los resultados de cada una de las pruebas realizadas a cada muestra de agua con las diferentes concentraciones utilizadas y extractos realizados en seco y fresco (agua, etanol al 10% y ácido acético al 10%).

11.2.1. Agua Semilla Seca

Se observa en la tabla 15 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla seca en agua.

Tabla 15. Porcentaje de remoción de la turbidez con agua semilla seca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	82,49	80,99	82,21	80,90
250	81,47	81,89	81,85	81,34
500	80,55	81,86	80,41	83,03
1000	82,98	83,06	82,91	82,76
1500	82,50	83,03	82,88	83,14
2000	83,62	85,76	85,31	85,28
2500	83,62	85,76	85,31	85,28
3000	85,52	83,42	85,43	85,20
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	80,27	81,24	81,19	78,75
250	80,33	78,30	78,11	77,24
500	80,23	80,94	80,18	82,43
1000	77,85	78,81	78,62	78,11
1500	79,84	80,62	82,33	82,14
2000	84,14	84,98	84,38	84,53
2500	81,78	81,63	79,58	80,15
3000	84,03	84,81	84,23	84,42
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	80,77	82,54	82,44	82,92
250	81,32	81,99	81,16	83,33
500	83,34	82,16	83,34	82,50
1000	72,59	72,21	72,77	72,59
1500	83,70	81,60	82,69	83,96
2000	85,03	85,41	84,64	85,63
2500	82,48	80,87	82,08	80,98
3000	84,97	86,07	85,64	85,71
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	81,99	82,04	80,99	81,88
250	81,72	81,27	82,04	82,30
500	81,34	80,47	79,09	79,03
1000	76,57	75,52	75,44	72,36
1500	81,12	80,05	79,16	79,93
2000	83,09	82,65	82,49	82,65
2500	80,20	82,08	82,55	82,60
3000	81,66	82,51	82,86	78,94

Fuente: Autores

11.2.2. Etanol Semilla Seca

Se observa en la tabla 16 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla seca en etanol.

Tabla 16. Porcentaje de remoción de la turbidez con etanol semilla seca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	81,38	79,37	79,11	80,06
250	79,99	80,97	79,99	79,09
500	83,96	82,71	82,24	82,56
1000	80,91	78,92	79,88	80,46
1500	84,04	83,73	83,60	82,80
2000	83,29	84,79	84,25	85,33
2500	84,20	84,83	83,12	84,23
3000	85,80	85,69	85,88	86,31
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,76	81,74	81,08	77,85
250	78,14	77,21	77,48	77,95
500	80,43	82,22	76,81	80,15
1000	73,82	74,32	75,13	75,51
1500	81,49	81,69	81,08	80,71
2000	83,21	83,55	82,76	83,29
2500	80,59	80,96	82,36	83,22
3000	84,96	85,39	84,81	84,66
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	81,26	81,48	80,43	79,36
250	82,22	82,22	80,52	79,27
500	83,09	81,93	81,46	79,65
1000	72,59	72,21	72,77	72,59
1500	81,21	82,82	83,15	82,78
2000	83,04	83,22	83,26	83,97
2500	83,37	84,02	82,67	83,00
3000	85,61	85,12	85,61	85,20
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,66	80,16	81,05	81,44
250	80,37	80,55	80,79	80,43
500	79,13	78,17	75,75	77,82
1000	70,85	70,95	73,16	73,53
1500	81,16	81,22	81,10	81,55
2000	83,37	79,75	83,37	82,68
2500	80,14	81,37	81,03	81,97
3000	83,63	82,30	84,17	82,81

Fuente: Autores

11.2.3. Ácido acético Semilla Seca

Se observa en la tabla 17 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla seca en ácido acético.

Tabla 17. Porcentaje de remoción de la turbidez con ácido acético semilla seca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,88	79,59	80,27	80,64
250	79,72	78,14	80,26	79,57
500	80,56	78,56	77,42	80,28
1000	83,64	84,08	83,85	83,95
1500	79,00	79,15	79,86	79,00
2000	84,02	83,68	84,12	84,02
2500	75,08	73,16	72,92	72,60
3000	82,06	83,07	82,22	82,34
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,72	79,89	78,32	77,80
250	79,35	78,24	76,46	78,87
500	77,07	75,07	74,34	77,68
1000	78,70	78,38	79,55	75,74
1500	73,43	74,03	74,11	71,22
2000	80,36	80,74	80,36	78,96
2500	68,41	68,30	68,52	63,80
3000	79,78	79,49	79,43	78,64
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	76,97	76,60	76,67	77,61
250	76,73	76,43	76,51	77,66
500	77,90	78,04	77,76	78,24
1000	77,11	76,30	75,12	77,33
1500	74,83	72,06	71,97	72,91
2000	80,74	83,31	81,29	80,17
2500	65,56	67,69	66,33	64,62
3000	79,13	77,88	77,25	75,99
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,35	76,89	75,79	77,49
250	78,47	79,27	76,17	78,88
500	71,71	74,80	72,89	72,11
1000	77,93	77,93	77,64	78,69
1500	78,39	78,46	78,01	78,97
2000	78,84	78,98	78,36	79,24
2500	77,35	76,83	76,90	76,56
3000	75,71	74,35	75,29	73,34

Fuente: Autores

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.2.4. Agua Semilla Fresca

Se observa en la tabla 18 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla fresca en agua.

Tabla 18. Porcentaje de remoción de la turbidez con agua semilla fresca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,56	79,70	78,72	78,50
250	80,44	80,44	81,43	81,17
500	81,36	79,14	80,83	80,70
1000	83,84	84,62	84,43	84,27
1500	84,67	82,20	83,51	83,04
2000	85,13	85,42	84,70	85,30
2500	82,80	84,56	84,01	82,80
3000	86,22	85,59	85,76	85,67
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	81,16	79,91	79,20	79,62
250	77,78	75,80	78,11	77,10
500	78,21	78,59	78,65	77,41
1000	80,82	77,91	78,43	79,76
1500	82,45	80,48	80,96	81,37
2000	81,52	84,37	82,81	83,21
2500	81,74	81,79	83,19	82,08
3000	84,94	84,37	83,55	85,19
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,96	78,50	78,83	76,98
250	80,83	78,80	79,36	80,55
500	77,62	77,76	80,29	78,17
1000	79,18	78,73	78,73	79,97
1500	82,81	83,41	83,27	82,95
2000	83,84	85,10	84,55	84,22
2500	82,09	81,79	82,92	81,48
3000	85,59	85,02	85,80	85,51
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,80	79,56	80,00	78,16
250	79,85	80,34	80,40	79,34
500	77,36	77,44	78,84	79,24
1000	79,47	78,74	79,66	80,10
1500	81,25	80,97	81,25	81,37
2000	83,03	82,63	82,68	82,43
2500	81,27	80,28	79,91	80,81
3000	83,79	84,24	83,79	84,02

Fuente: Autores

11.2.5. Etanol Semilla Fresca

Se observa en la tabla 19 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla fresca en etanol.

Tabla 19. Porcentaje de remoción de la turbidez con etanol semilla fresca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,79	76,27	79,15	77,79
250	78,43	79,02	78,21	76,93
500	79,57	79,47	81,97	78,69
1000	80,62	79,71	80,94	80,80
1500	81,93	82,09	83,13	81,38
2000	82,51	83,58	84,89	84,22
2500	81,45	81,41	80,97	82,23
3000	83,59	83,48	83,79	84,00
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,56	77,16	77,50	78,92
250	77,56	77,16	77,50	78,92
500	78,56	80,66	78,87	80,05
1000	74,69	74,11	74,20	74,36
1500	78,68	79,41	79,23	78,56
2000	81,72	82,76	78,65	82,53
2500	76,43	78,90	79,44	77,48
3000	80,64	81,58	81,07	81,38
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	72,36	72,25	72,14	71,70
250	75,48	70,62	73,25	74,25
500	72,06	78,77	78,46	74,42
1000	68,59	65,44	66,59	69,23
1500	79,14	79,57	79,57	78,99
2000	82,01	81,15	80,76	79,88
2500	74,85	75,50	76,65	72,97
3000	78,97	79,05	80,25	80,18
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,38	77,16	77,82	77,75
250	82,05	78,76	78,35	78,62
500	76,57	77,69	76,41	73,23
1000	74,21	74,57	73,76	73,67
1500	78,88	80,52	79,66	77,91
2000	82,12	82,27	81,13	80,13
2500	75,73	75,73	75,97	76,60
3000	79,71	78,45	78,99	78,52

Fuente: Autores

11.2.6. Ácido acético Semilla Fresca

Se observa en la tabla 20 los porcentajes de remoción de la turbidez (%RT) obtenidos en cada una de las ocho concentraciones con sus respectivas 4 réplicas cada una, con cada muestra de agua para el extracto de semilla fresca en ácido acético.

Tabla 20. Porcentaje de remoción de la turbidez con ácido acético semilla fresca

Agua 1				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	76,38	77,30	77,66	76,82
250	78,20	78,42	79,67	78,25
500	81,56	80,58	80,16	79,62
1000	86,64	86,95	86,49	86,76
1500	80,35	81,34	80,86	82,68
2000	84,75	85,08	84,11	84,78
2500	80,87	80,27	81,00	79,23
3000	84,06	84,36	84,29	84,20
Agua 2				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	75,30	76,86	77,21	75,61
250	75,34	74,38	74,55	77,38
500	78,56	80,66	78,87	80,05
1000	79,71	79,35	78,99	79,53
1500	78,24	78,50	78,56	79,17
2000	82,27	81,89	80,87	81,79
2500	76,84	76,41	76,98	76,56
3000	81,07	80,64	81,17	81,22
Agua 3				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	77,06	76,54	76,69	75,14
250	78,60	79,55	78,34	77,73
500	75,10	76,73	76,95	77,02
1000	76,28	76,36	75,66	75,34
1500	78,07	77,87	78,60	78,60
2000	83,33	81,16	80,38	82,29
2500	75,04	76,37	79,13	77,33
3000	81,62	82,18	80,76	80,92
Agua 4				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	75,97	78,43	77,73	79,75
250	77,76	77,91	79,27	77,03
500	77,10	75,44	74,41	75,44
1000	77,10	77,84	77,98	77,76
1500	75,61	77,55	74,32	73,69
2000	79,91	81,27	79,47	79,34
2500	75,63	75,95	78,49	78,42
3000	81,20	82,75	81,09	80,38

Fuente: Autores

11.2.7. Promedios

Las tablas 21 a la 26 se refieren a los resultados promedio obtenidos de las 4 muestras de agua anteriormente mostradas de los extractos en las diferentes concentraciones.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

11.2.7.1. Promedio Agua Semilla Seca

Tabla 21. Resultado promedio para agua semilla seca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	81,38	81,70	81,71	81,11
250	81,21	80,87	80,79	81,05
500	81,37	81,36	80,76	81,75
1000	77,50	77,40	77,44	76,45
1500	81,79	81,32	81,77	82,29
2000	83,97	84,70	84,21	84,52
2500	82,02	82,59	82,38	82,25
3000	84,04	84,20	84,54	83,57

Fuente: Autores

11.2.7.2. Promedio Etanol Semilla Seca

Tabla 22. Resultado promedio para etanol semilla seca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	80,52	80,69	80,42	79,68
250	80,18	80,24	79,69	79,18
500	81,65	81,26	79,07	80,04
1000	74,54	74,10	75,23	75,52
1500	81,98	82,37	82,23	81,96
2000	83,23	82,83	83,41	83,82
2500	82,07	82,80	82,30	83,10
3000	85,00	84,63	85,12	84,74

Fuente: Autores

11.2.7.3. Promedio Ácido acético Semilla Seca

Tabla 23. Resultado promedio para ácido acético semilla seca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	78,98	78,24	77,76	78,38
250	78,57	78,02	77,35	78,74
500	76,81	76,62	75,61	77,08
1000	79,34	79,17	79,04	78,93
1500	76,41	75,93	75,99	75,52
2000	80,99	81,68	81,03	80,60
2500	71,60	71,49	71,17	69,39
3000	79,17	78,70	78,55	77,58

Fuente: Autores

11.2.7.4. Promedio Agua Semilla Fresca

Tabla 24. Resultado promedio para agua semilla fresca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	79,12	79,42	79,19	78,32
250	79,73	78,84	79,83	79,54
500	78,64	78,23	79,65	78,88
1000	80,82	80,00	80,31	81,02
1500	82,80	81,76	82,25	82,18
2000	83,38	84,38	83,69	83,79
2500	81,98	82,10	82,50	81,79
3000	85,13	84,80	84,73	85,10

Fuente: Autores

### 11.2.7.5. Promedio Etanol Semilla Fresca

Tabla 25. Resultado promedio para etanol semilla fresca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	76,52	75,71	76,65	76,54
250	78,38	76,39	76,83	77,18
500	76,69	79,15	78,93	76,60
1000	74,53	73,46	73,87	74,51
1500	79,66	80,40	80,40	79,21
2000	82,09	82,44	81,36	81,69
2500	77,11	77,88	78,26	77,32
3000	80,73	80,64	81,03	81,02

Fuente: Autores

### 11.2.7.6. Promedio Ácido acético Semilla Fresca

Tabla 26. Resultado promedio para ácido acético semilla fresca

Promedio				
concentración ppm	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
100	76,18	77,28	77,32	76,83
250	77,48	77,56	77,96	77,60
500	78,08	78,35	77,60	78,03
1000	79,93	80,13	79,78	79,85
1500	78,07	78,81	78,08	78,54
2000	82,57	82,35	81,21	82,05
2500	77,09	77,25	78,90	77,88
3000	81,99	82,48	81,83	81,68

Fuente: Autores

## 12. Análisis y discusión de resultados

### Objetivo específico 1

Tabla 27. Análisis de resultados, promedio y desviación estándar para patrones

Análisis de resultados, promedio y desviación estándar (s) para cada una de las concentraciones				
Patrones	Sulfato de Aluminio	Quebracho	Mimosa	Castaño
$\bar{x}$ y s 100ppm	89,24±0,054	75,52±0,147	79,46±0,130	75,00 ±0,032
$\bar{x}$ y s 250ppm	89,63 ± 0,041	79,10 ± 3,373	76,18 ± 0,014	72,67 ± 0,766
$\bar{x}$ y s 500ppm	87,27 ± 3,856	80,42 ± 0,014	79,92 ± 0,324	72,14 ± 0,475
$\bar{x}$ y s 1000ppm	89,43 ± 0,031	85,07 ± 0,041	85,46 ± 0,000	77,59 ± 0,054
$\bar{x}$ y s 1500ppm	89,17 ± 0,047	88,29 ± 0,040	87,05 ± 0,082	78,97 ± 0,016
$\bar{x}$ y s 2000ppm	89,25 ± 0,059	89,13 ± 0,012	88,90 ± 0,052	81,08 ± 0,153
$\bar{x}$ y s 2500ppm	88,97 ± 0,040	89,58 ± 0,003	89,39 ± 0,011	84,38 ± 0,012
$\bar{x}$ y s 3000ppm	89,06 ± 0,037	89,58 ± 0,003	89,39 ± 0,011	84,38 ± 0,012

Fuente: Autores.

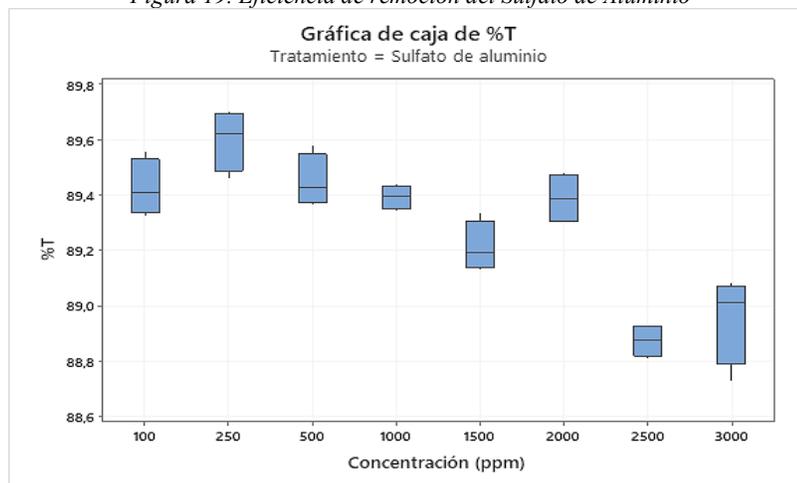
En la tabla 27 se puede observar los promedios del porcentaje de remoción de la turbidez (%RT) para cada concentración (teniendo en cuenta todas las pruebas realizadas para las diferentes muestras de agua de la cuenca baja del río Bogotá) y a su vez están sus

respectivas desviaciones estándar para los patrones orgánicos (Quebracho, Mimosa y Castaño) e inorgánico (Sulfato de Aluminio). En este último mencionado, se detalla que a una concentración de 250 ppm se obtuvo un mayor %RT y con un margen de error bajo (por lo que se evidencia exactitud y confianza en los valores resultantes), además se visualiza que a 500 ppm. Seguidamente se encuentra el quebracho con una gran variabilidad a 250 ppm (desviación estándar de 3,373) y con un mejor %RT a 2500 y 3000 ppm (89,58), luego está la mimosa con mayor %RT de 89,39 y una desviación baja en todas las concentraciones y a 1000 ppm no se evidenció algún porcentaje de error, por último, en los experimentos realizados para castaño se obtuvo en promedio, un mayor %RT a 2500 y 3000 ppm y un margen de error pequeño.

A continuación, se observa un análisis estadístico de cajones y bigotes para las diferentes aguas con cada uno de los patrones estudiados, el sulfato de aluminio como coagulante inorgánico, quebracho, mimosa y castaño, respectivamente, teniendo en cuenta que este diagrama es una forma de mostrar visualmente grupos de datos numéricos a través de sus cuartiles.

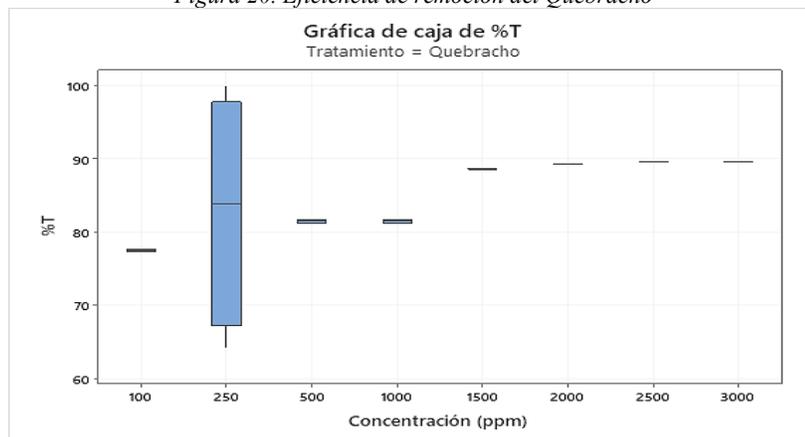
### Agua 1

Figura 19. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio



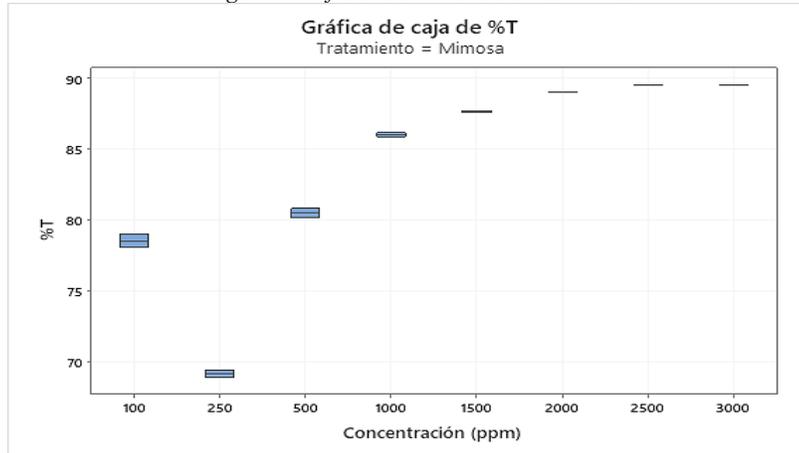
Fuente: Autores

Figura 20. Eficiencia de remoción del Quebracho



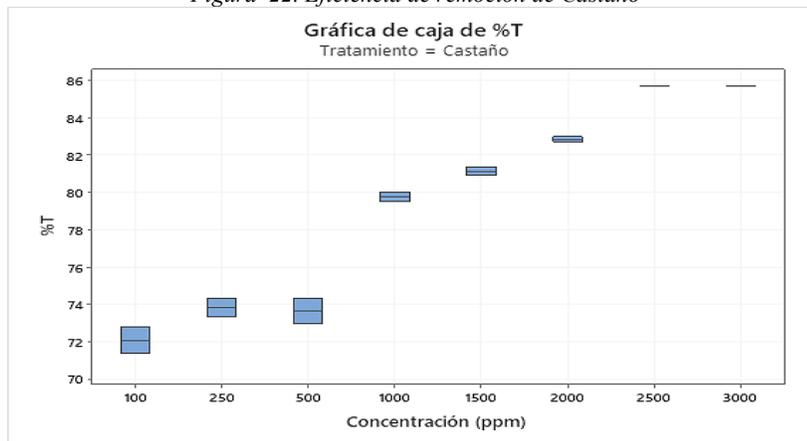
Fuente: Autores

Figura 21. Eficiencia de remoción de Mimoso



Fuente: Autores

Figura 22. Eficiencia de remoción de Castaño

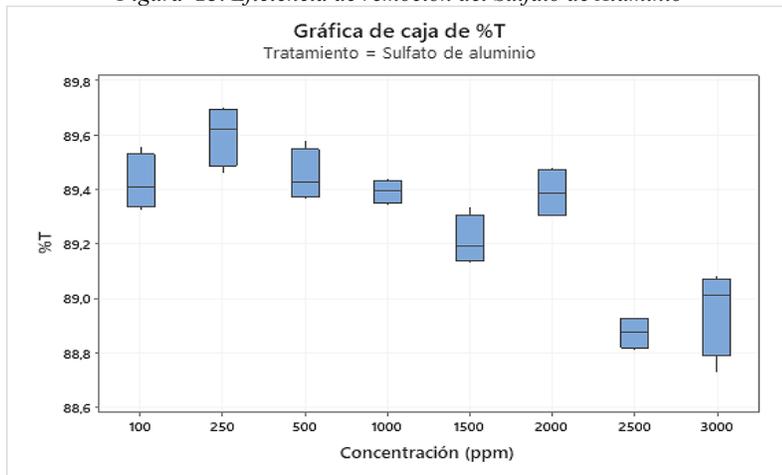


Fuente: Autores

En las figuras 19 a la 22 se puede observar que, para la figura 19 (sulfato de aluminio) se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la turbidez en concentraciones bajas (250, 500 y 100 ppm) con un máximo de 89,799% a 250 ppm), seguidamente está el quebracho (figura 20) con un mayor %RT a 250 ppm, pero presenta gran variabilidad en los datos resultantes (con una mediana de 89,617%), luego está la mimosa (figura 21) con mejores resultados y gran simetría en los datos a concentraciones altas (2500 y 3000 ppm) con un %RT de 89,509%, finalmente está el castaño (figura 22) con mayor %RT a 2500 y 3000 ppm con un 85,736%.

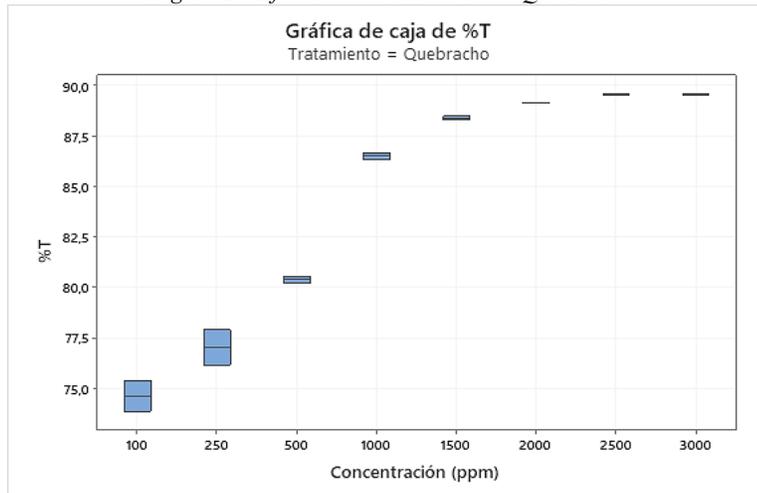
**Agua 2**

Figura 23. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio



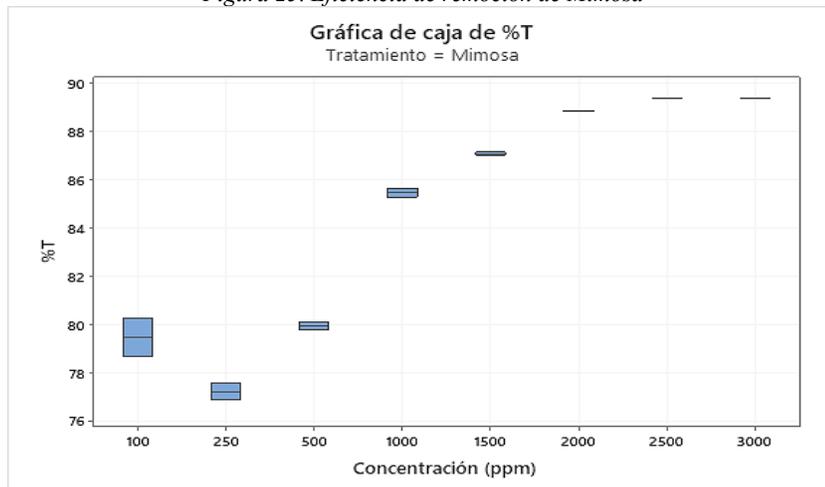
Fuente: Autores

Figura 24. Eficiencia de remoción del Quebracho



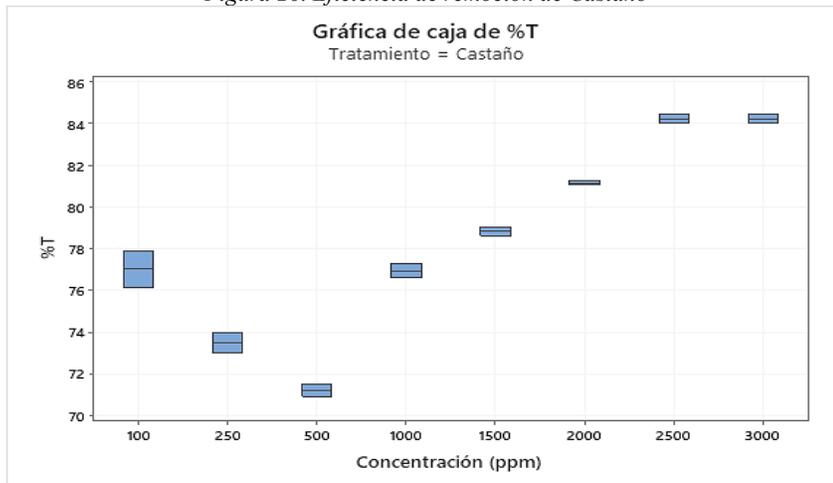
Fuente: Autores

Figura 25. Eficiencia de remoción de Mimosa



Fuente: Autores

Figura 26. Eficiencia de remoción de Castaño

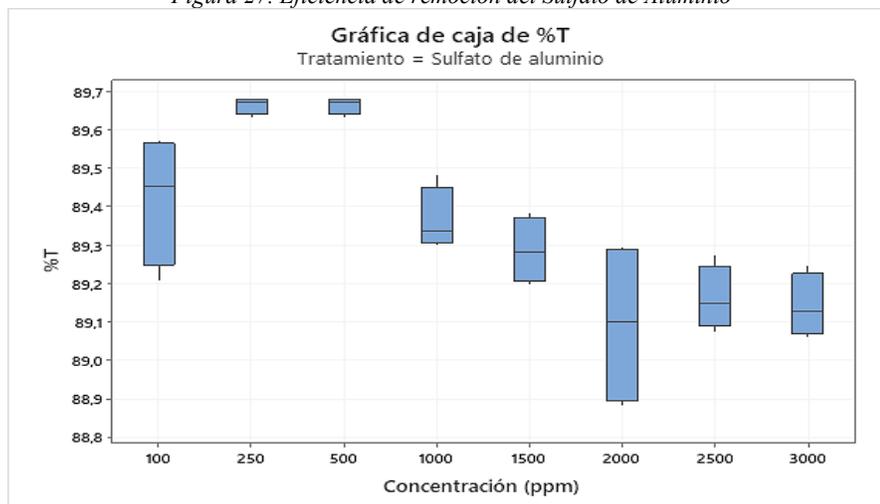


Fuente: Autores

En las figuras 23 al 26 se puede ver que para la primera figura (23) se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la turbidez a concentraciones bajas (100, 250, 500 ppm) con un máximo de 89,699% a 250 ppm, seguidamente está el quebracho (figura 24) con un mayor porcentaje de remoción de turbidez a 2500 y 3000 ppm y presenta simetría en los datos resultantes con una mediana de 89,564%, luego está la mimosa (figura 25) con mayor %RT y simetría (en los datos obtenidos) a concentraciones altas (2500 y 3000 ppm) con un 89,380%, finalmente está el castaño (figura 26) con mayor %RT de 84,419% a 2500 y 3000 ppm.

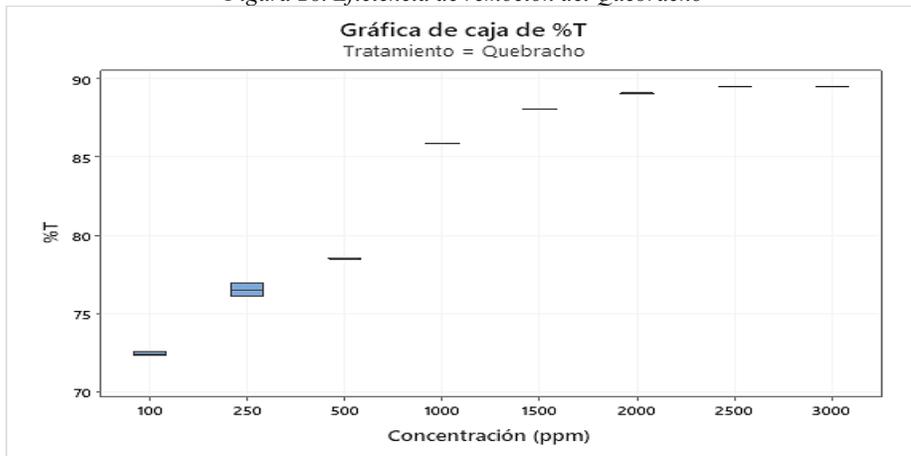
### Agua 3

Figura 27. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio



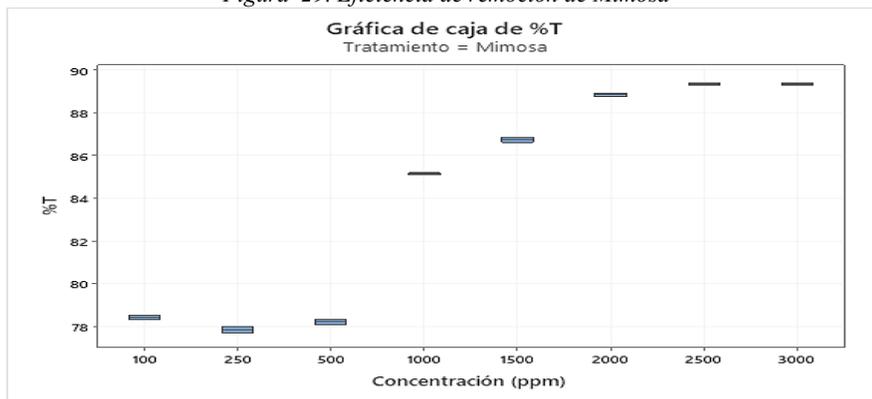
Fuente: Autores

Figura 28. Eficiencia de remoción del Quebracho



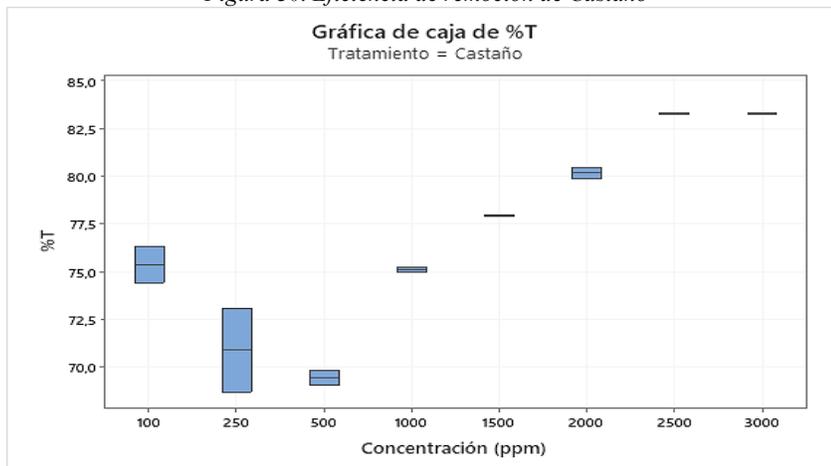
Fuente: Autores

Figura 29. Eficiencia de remoción de Mimosa



Fuente: Autores

Figura 30. Eficiencia de remoción de Castaño



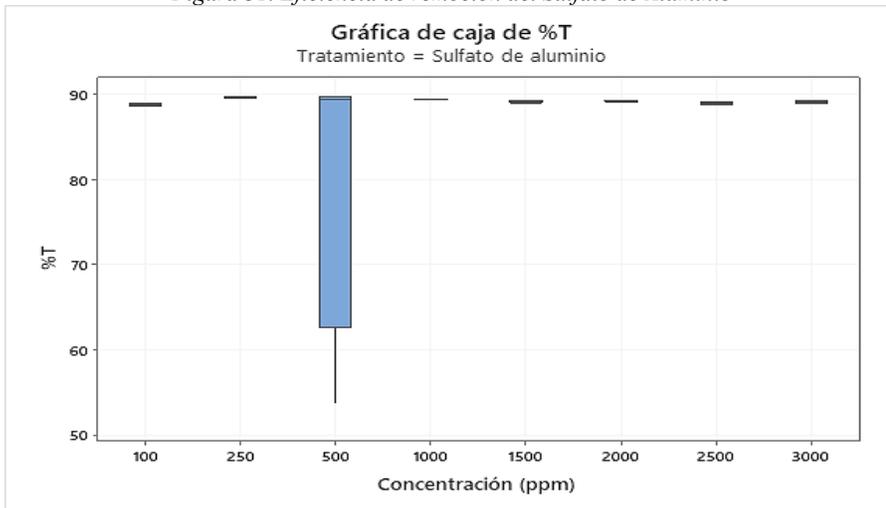
Fuente: Autores

En las figuras 27 al 30 se puede detallar que para la primera figura (27) se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la turbidez a concentraciones bajas (100, 250 y 500 ppm)

con un máximo de 89,681% a 250 ppm y 500 ppm, seguidamente está el quebracho (figura 28) con un mayor %RT a 2500 y 3000 ppm y presenta gran simetría en los datos resultantes con una mediana de 89,491%, luego está la mimosa (figura 29) con mayor %RT de 89,410%, y simetría en los datos a concentraciones altas (2500 y 3000 ppm), finalmente está el castaño (figura 30) con mayor %RT de 83,281% y gran simetría a 2500 y 3000 ppm.

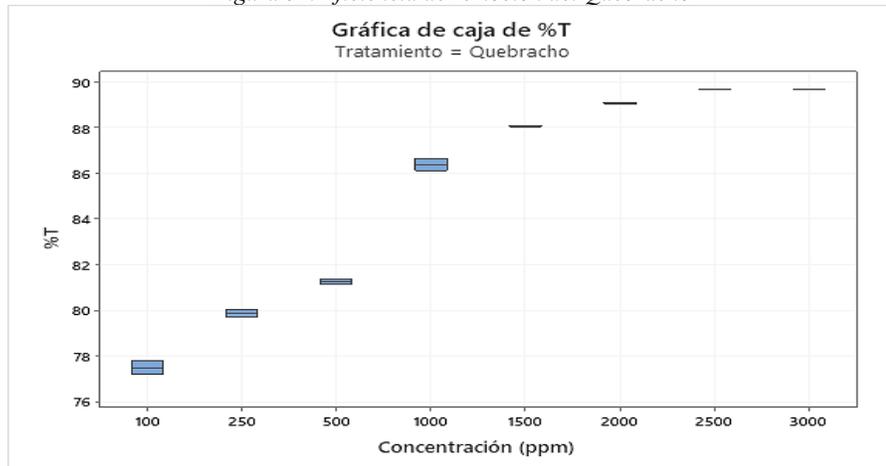
#### Agua 4

Figura 31. Eficiencia de remoción del Sulfato de Aluminio



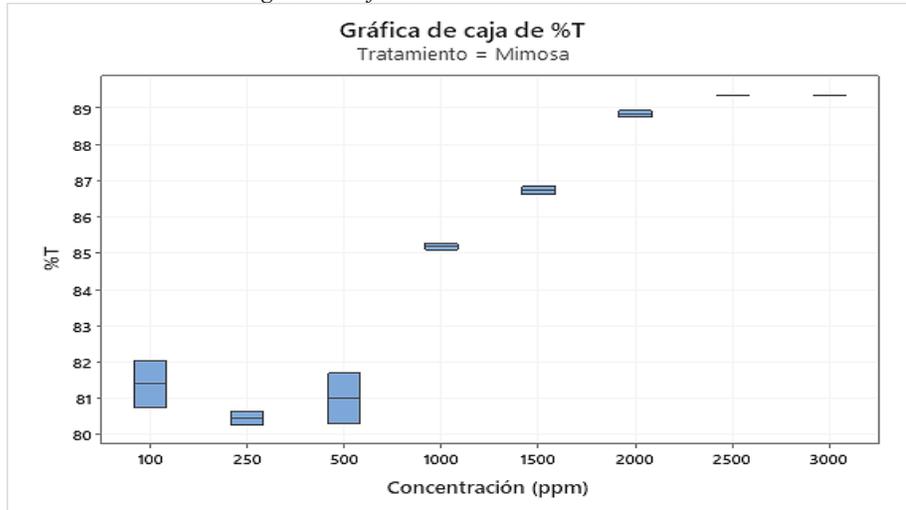
Fuente: Autores

Figura 32. Eficiencia de remoción del Quebracho



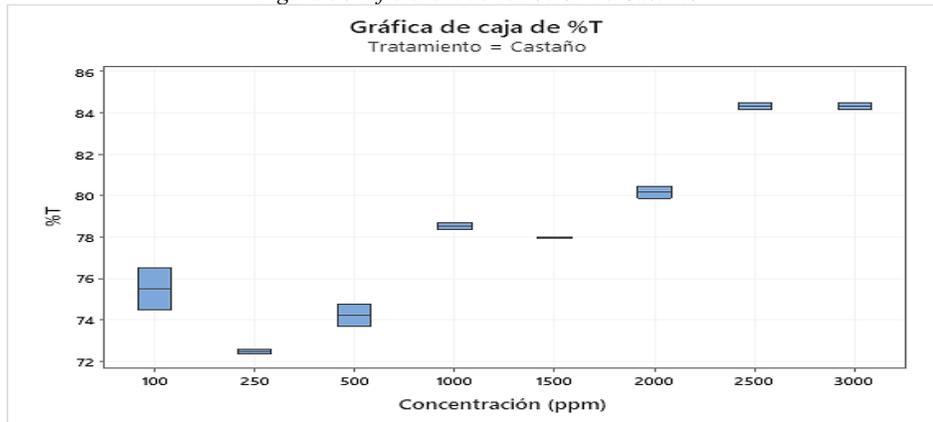
Fuente: Autores

Figura 33. Eficiencia de remoción de Mimosa



Fuente: Autores

Figura 34. Eficiencia de remoción de Castaño



Fuente: Autores

En las figuras 31 al 34 se puede mirar que para la primera figura (31) se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la turbidez a concentraciones bajas (250, 500 y 1000 ppm) con un máximo de 89,762% a 250 ppm, seguidamente está el quebracho (figura 32) con un mayor %RT a 2500 y 3000 ppm y presenta gran simetría en los datos resultantes con una mediana de 89,697%, luego está la mimosa (figura 33) con mayor %RT y gran simetría en los datos a concentraciones altas (2500 y 3000 ppm) con un 89,342%, finalmente está el castaño (figura 34) con mayor %RT y simetría en los datos a 2500 y 3000 ppm y con un 84,481%.

Como análisis global de los gráficos anteriormente expuestos, se puede observar que el sulfato de aluminio tiene un mayor porcentaje de remoción de la turbidez (%RT) a concentraciones bajas (100, 250 y 500 ppm) en aguas de la cuenca baja del río Bogotá, enseguida está el quebracho que presentó gran simetría en los datos obtenidos y tuvo mayores %RT a concentraciones altas (2500 y 3000 ppm), luego está la mimosa que también presentó simetría en los resultados obtenidos y mayor %RT a 2500 y 3000 ppm,

por último está el castaño con mejores porcentajes a 2500 y 3000 ppm (también se observó simetría en sus datos).

Con base en investigaciones y estudios acerca de coagulantes inorgánicos (sulfato de aluminio) y orgánicos como se puede observar en la figura 1, y plasmado esto en la investigación experimental de Chivata 2018. Allí se puede observar la eficiencia de remoción de la turbidez que estos presentan, y comparando con el trabajo experimental de la *Passiflora pinnatistipula*, se evidencia que el sulfato de aluminio es el mejor (con un resultado de 89,63%RT para aguas de la cuenca baja del río Bogotá), seguidamente está el Quebracho (89,58%RT) que en contraste con la bibliografía no coincide (respecto a otros estudios como el de Chivata se tiene un 85%RT), luego está la Mimosa (con un 89,39%RT), un resultado muy similar al expuesto en la figura 1, y por último, está el castaño (84,38%RT), que difiere con otros autores, ya que, dan a conocer que este tiene un 93%RT.

### Objetivo específico 2

Tabla 28. Análisis de resultados, promedio y desviación estándar para cada extracto.

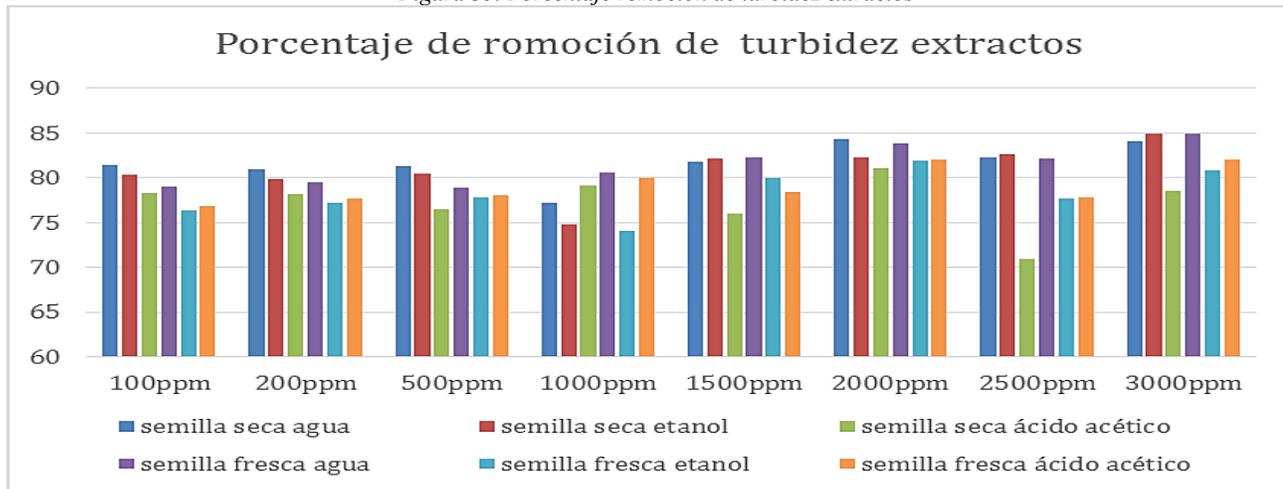
Análisis de resultados, promedio y desviación estándar (s) para cada uno de los extractos						
Extractos semillas	Semilla seca Agua	Semilla seca Etanol	Semilla seca Ácido acético	Semilla fresca Agua	Semilla fresca Etanol	Semilla fresca Ácido acético
$\bar{x}$ y s 100ppm	81,47 ± 0,248	80,33 ± 0,385	78,34 ± 0,435	79,01 ± 0,416	76,35 ± 0,377	76,90 ± 0,461
$\bar{x}$ y s 250ppm	80,98 ± 0,164	79,82 ± 0,425	78,17 ± 0,544	79,48 ± 0,383	77,19 ± 0,741	77,65 ± 0,184
$\bar{x}$ y s 500ppm	81,31 ± 0,355	80,50 ± 1,021	76,53 ± 0,557	78,85 ± 0,518	77,84 ± 1,200	78,01 ± 0,270
$\bar{x}$ y s 1000ppm	77,20 ± 0,430	74,85 ± 0,561	79,12 ± 0,156	80,54 ± 0,405	74,09 ± 0,453	79,92 ± 0,129
$\bar{x}$ y s 1500ppm	81,79 ± 0,343	82,13 ± 0,173	75,96 ± 0,315	82,25 ± 0,367	79,92 ± 0,508	78,37 ± 0,315
$\bar{x}$ y s 2000ppm	84,35 ± 0,282	82,32 ± 0,356	81,07 ± 0,386	83,81 ± 0,363	81,89 ± 0,408	82,04 ± 0,517
$\bar{x}$ y s 2500ppm	82,31 ± 0,205	82,57 ± 0,406	70,91 ± 0,892	82,09 ± 0,261	77,64 ± 0,453	77,78 ± 0,710
$\bar{x}$ y s 3000ppm	84,09 ± 0,349	84,87 ± 0,196	78,50 ± 0,578	84,94 ± 0,178	80,85 ± 0,172	82,00 ± 0,301

Fuente: Autoras

En la tabla 28 se puede observar los promedios del porcentaje de remoción de la turbidez (%RT) para cada concentración (teniendo en cuenta todas las pruebas realizadas para las muestras de agua recolectadas en la cuenca baja del río Bogotá) y a su vez están sus respectivas desviaciones estándar para los extractos en seco y en fresco (semillas más etanol al 10%, semillas más agua destilada y semillas más ácido acético). Para el extracto de semilla seca con agua se observó que a una concentración de 2000 ppm se obtuvo un mayor %RT y con un margen de error pequeño en todas las concentraciones, es decir, uniformidad en los datos obtenidos. Seguidamente se encuentra la semilla seca con etanol con un mayor %RT a 3000 ppm (84,87 ± 0,196) y con mínima variabilidad en los datos resultantes, luego está la semilla seca con ácido acético con mayor %RT a 2000 ppm y una desviación estándar menor a 1 en todas las concentraciones; para los extractos de la semilla en fresco de *Pasiflora pinnatistipula*, se obtuvo que con agua el mayor %RT fue a 3000 ppm y un margen de error bajo, en la semilla fresca con etanol 10% el mejor %RT fue a 2000 ppm (81,89 ± 0,408) y un poco de variabilidad en los datos obtenidos en las pruebas realizadas a

500 ppm, finalmente, con ácido acético se tuvo mayor %RT a 2000 ppm y una desviación pequeña.

Figura 35. Porcentaje remoción de turbidez extractos



Fuente: Autoras

En la figura 35 se muestra el porcentaje de remoción de la turbidez que presentaron los diferentes extractos que se hicieron con las semillas de la *Passiflora pinnatistipula* y las muestras de agua del Charquito Soacha a diferentes concentraciones. La semilla fresca con agua fue la que tuvo un mayor %RT (84,94) a una concentración de 3000 ppm y en segundo lugar la semilla seca con etanol con un 84,87% a 3000 ppm, y en tercer lugar la semilla seca en agua con un 84,35% a 2000 ppm.

Según estudios experimentales acerca de coagulantes naturales para disminuir la turbidez del agua del río Bogotá, se encuentra el trabajo realizado por Chivata 2018 con la semilla *Psidium guajava L*, en el cual se evidencia que el extracto de la semilla en agua tiene gran porcentaje de remoción de la turbidez, ya que, se encontró que remueve hasta un 93,71%, y en este estudio de la *Passiflora pinnatistipula* se obtuvo un 84,94% de eficiencia. Por lo que, el agua se considera como un buen solvente para hacer extractos de semillas de frutas o plantas.

Es importante recalcar que existen diferentes elementos que pueden incidir en los resultados estadísticos obtenidos, por ejemplo, pipetear mal, imprecisiones en el manejo de los materiales y equipos (Nieto, 2019). Otros factores que incurren son, el pH, la turbidez inicial y la temperatura de las muestras de agua, que para este estudio de la cuenca baja del río Bogotá se registró un pH de 8, temperatura promedio de 20 °C y una turbidez promedio de 72,35 NTU. Comparando con estudios, los datos iniciales del muestreo son muy similares, como el de *Escherichia coli* (E. coli) (Pritchard et al; 2010), en el cual uso un agua turbia de 45 NTU y se trató con *Moringa oleifera* (coagulante orgánico más eficiente para la remoción de la turbidez) obteniendo como resultado un 76%RT y con la *Passiflora pinnatistipula* se obtuvo un 85%RT, por tanto, son aptos para promover su uso en el tratamiento de aguas turbias, como en algunos ríos importantes de Colombia (río Bogotá, río Cauca, río Magdalena, etc.).

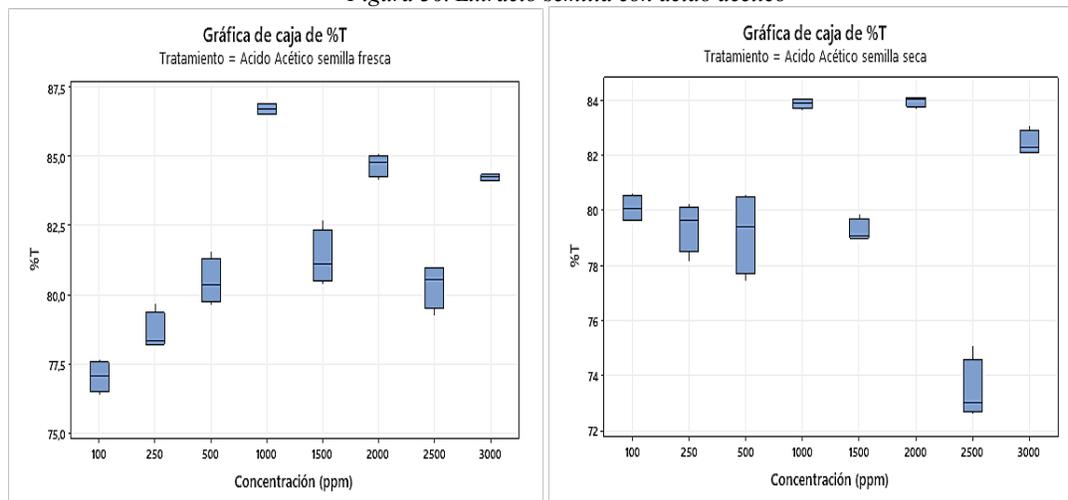
Al igual que la turbidez inicial de las muestras de agua, se midió el pH (para nuestro estudio fue de 8), parámetros de calidad del agua que son de gran importancia para hacer un diagnóstico de ésta y así crear estrategias de mejora o para mantener su buen estado. En el 2010 Bina, Mehdinejad, Gunnel, Guna, & Nikaeen realizaron una investigación orientada a evaluar la *Moringa oleifera* como biocoagulante y a su vez determinar su eficiencia en la remoción de la turbidez, para lo cual, emplearon el método de jarras con resultados de 80% a 99%, se obtuvo con un pH de 7 a 7,5, es decir que, los pH alcalinos son adecuados para obtener mejores resultados.

Otro factor relevante a estudiar es la cantidad y concentración del coagulante, para este estudio se trabajó con 20 gramos de semilla por cada litro de agua para cada uno de los extractos trabajados, basado en una particularización a escala de laboratorio con la técnica de volúmenes reducidos (Suecia), y comparando con una investigación a nivel internacional en Brasil en el año 2009 en la cual se determinó la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera*, para remover la turbidez del agua, la dosificación aproximada fue de 25 gramos de semilla por cada litro de agua realizando pruebas de test de jarras (Lédo *et al.*, 2009).

En las siguientes figuras (36-47) se podrá observar la variabilidad que se presentó en los resultados de cada una de las concentraciones (por medio de la gráfica de caja o de bigotes) y para cada una de las muestras de aguas del centro poblado El Charquito Soacha.

Agua 1

Figura 36. Extracto semilla con ácido acético

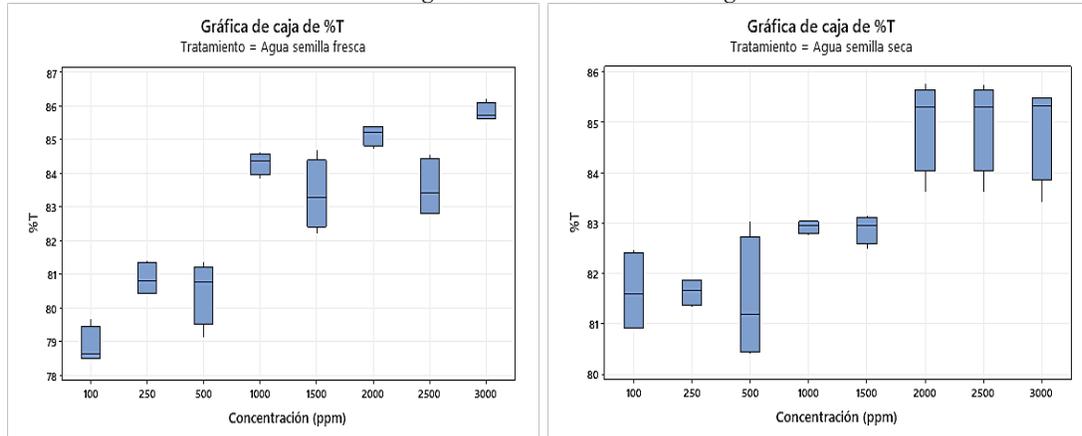


Fuente: Autores

En la figura 36 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con ácido acético para la muestra de agua #1. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 1000 ppm y con un bajo índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

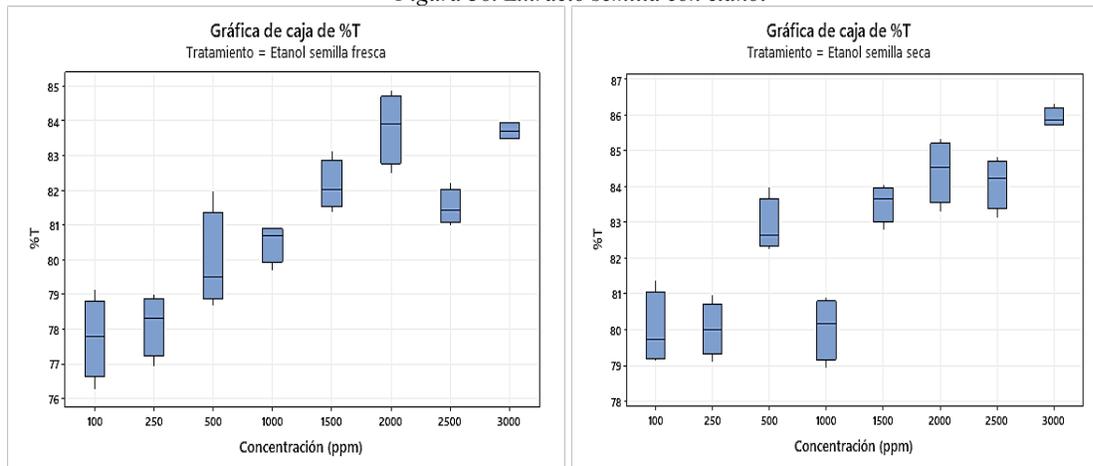
Figura 37. Extracto semilla con agua



Fuente: Autores

En la figura 37 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con agua para la muestra de agua #1. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 3000 ppm y con un bajo índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con índice medio de cambio en los datos.

Figura 38. Extracto semilla con etanol

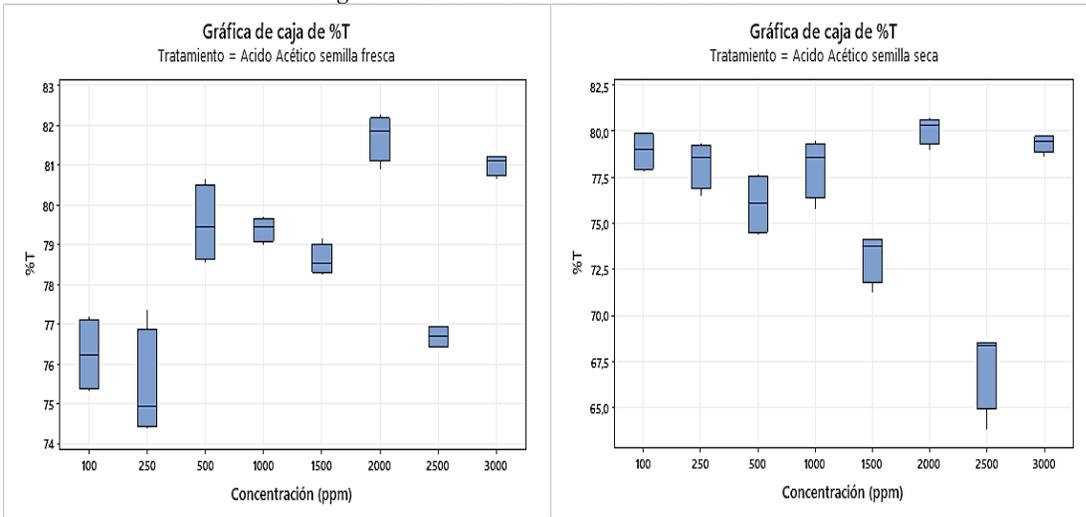


Fuente: Autores

En la figura 38 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con etanol para la muestra de agua #1. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un índice medio de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 3000 ppm y con un índice bajo de cambio en los datos.

Agua 2

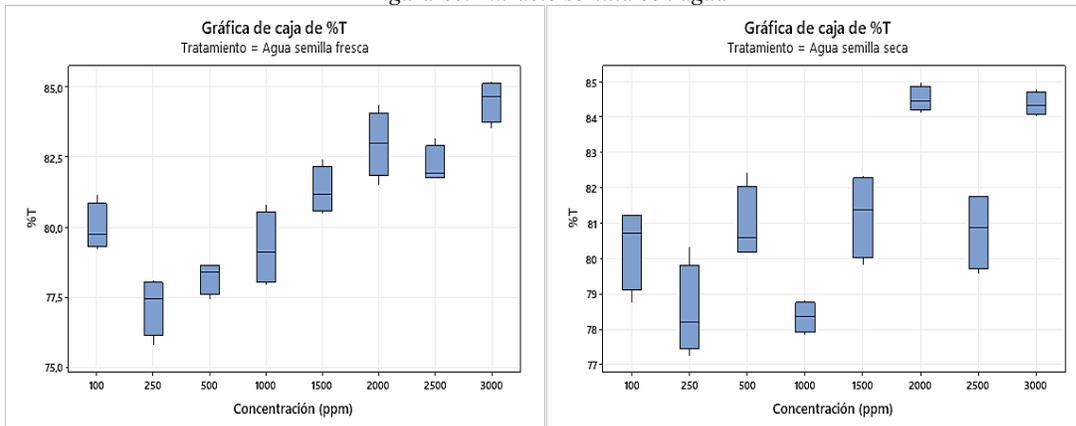
Figura 39. Extracto semilla con ácido acético



Fuente: Autores

En la figura 39 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con ácido acético para la muestra de agua #2. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un índice pequeño de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

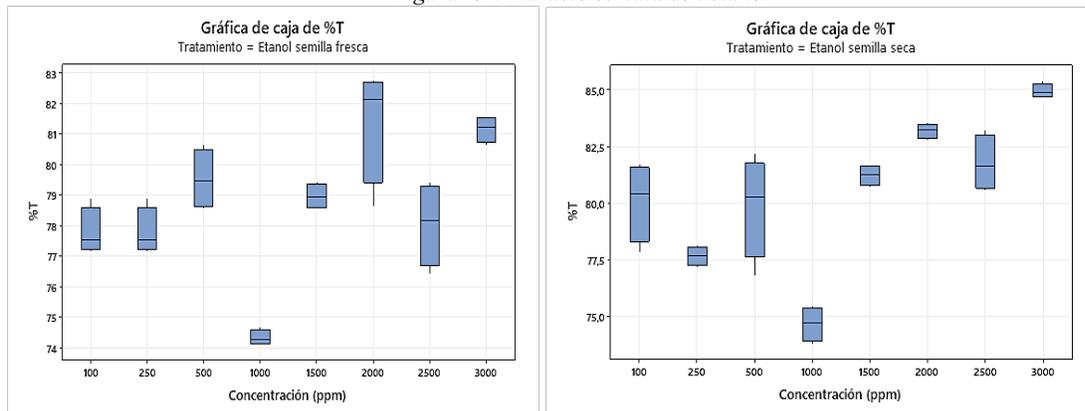
Figura 40. Extracto semilla con agua



Fuente: Autores

En la figura 40 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con agua para la muestra de agua #2. Para la semilla fresca se obtuvo un mejor %RT a 3000 ppm y con un índice medio de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

Figura 41. Extracto semilla con etanol

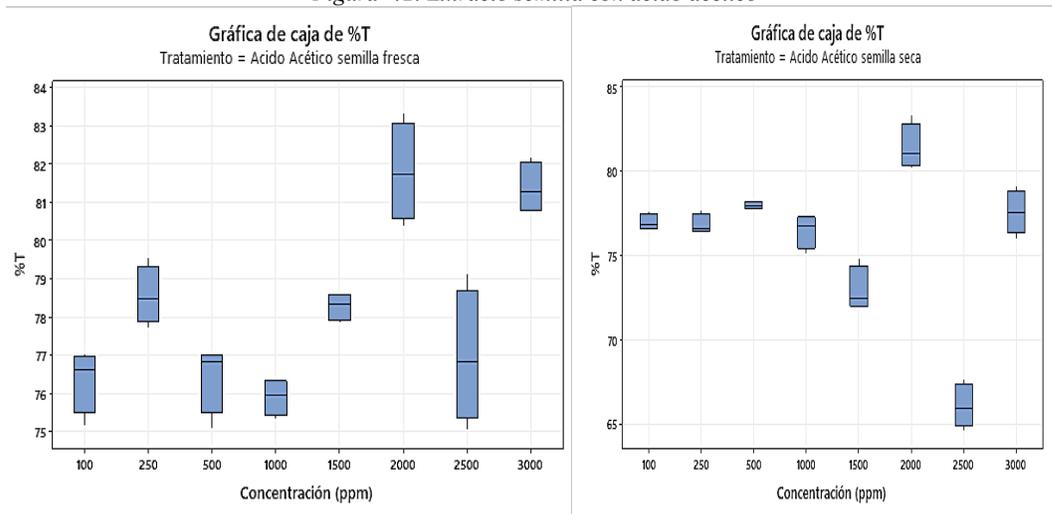


Fuente: Autores

En la figura 41 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con etanol para la muestra de agua #2. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un alto índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 3000 ppm y con un bajo índice de cambio en los datos.

### Agua 3

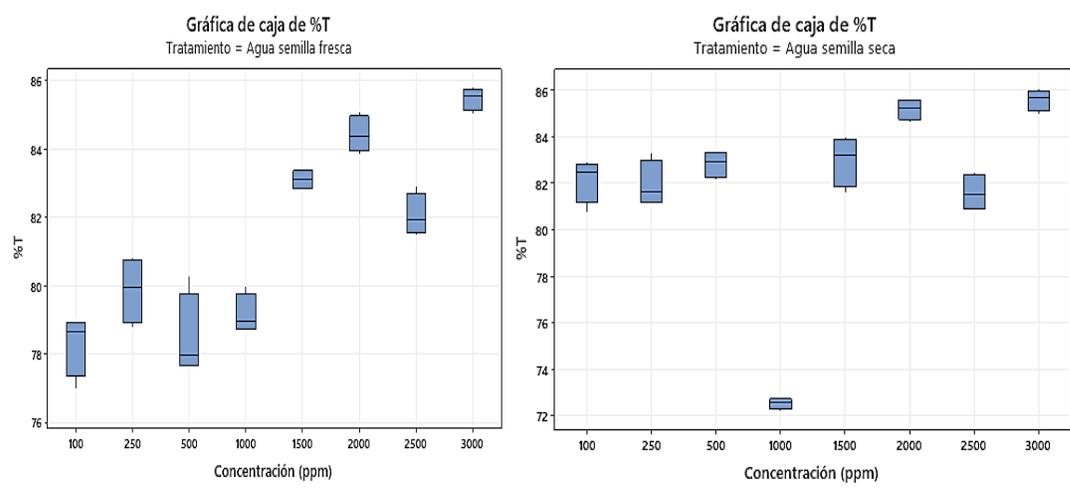
Figura 42. Extracto semilla con ácido acético



Fuente: Autores

En la figura 42 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con ácido acético para la muestra de agua #3. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un índice medio de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

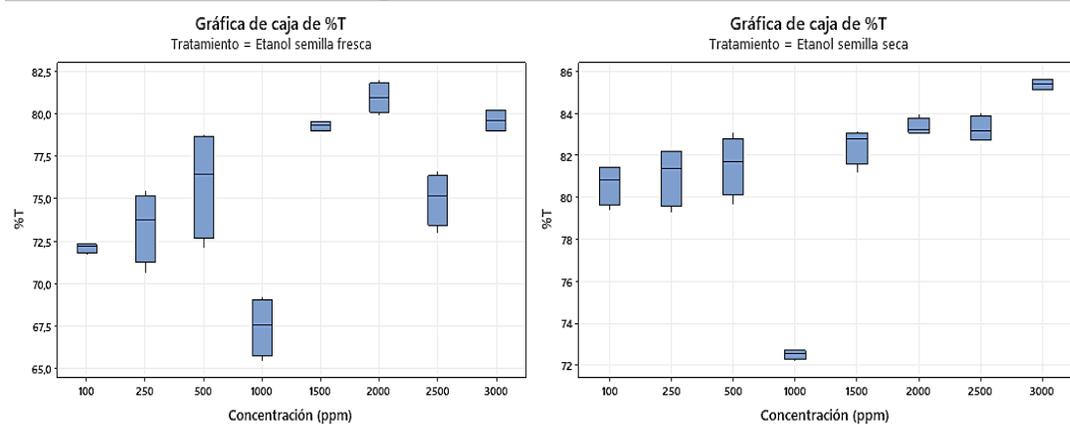
Figura 43. Extracto semilla con agua



Fuente: Autores

En la figura 43 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con agua para la muestra de agua #3. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 3000 ppm y con un bajo índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 3000 ppm y con un bajo índice de cambio en los datos.

Figura 44. Extracto semilla con etanol

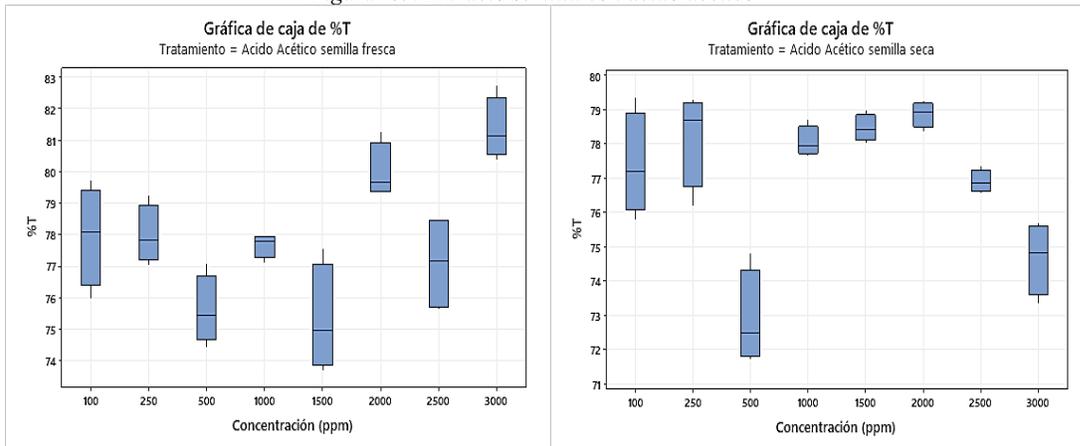


Fuente: Autores

En la figura 44 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con etanol para la muestra de agua #3. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un pequeño índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 3000 ppm y con un mínimo cambio en los datos.

Agua 4

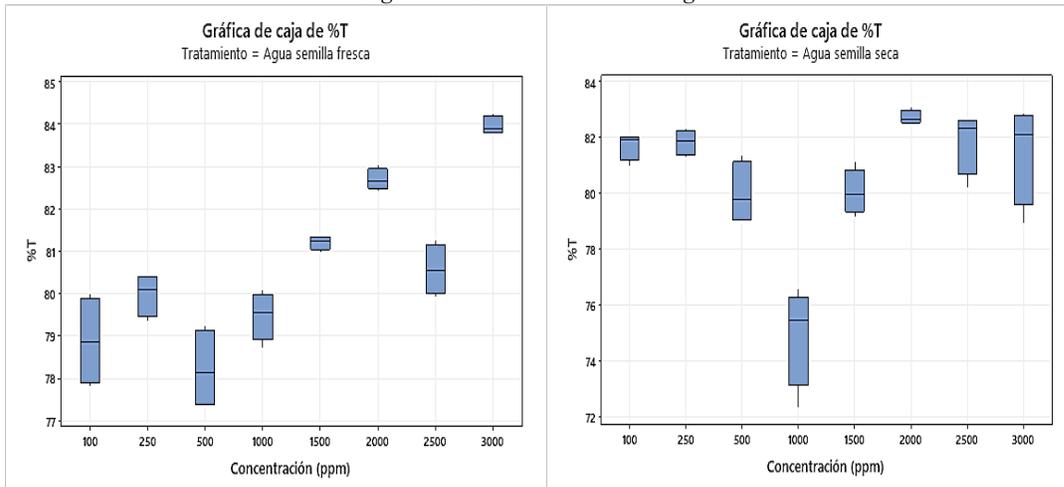
Figura 45. Extracto semilla con ácido acético



Fuente: Autores

En la figura 45 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con ácido acético para la muestra de agua #4. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 3000 ppm y con un índice medio de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

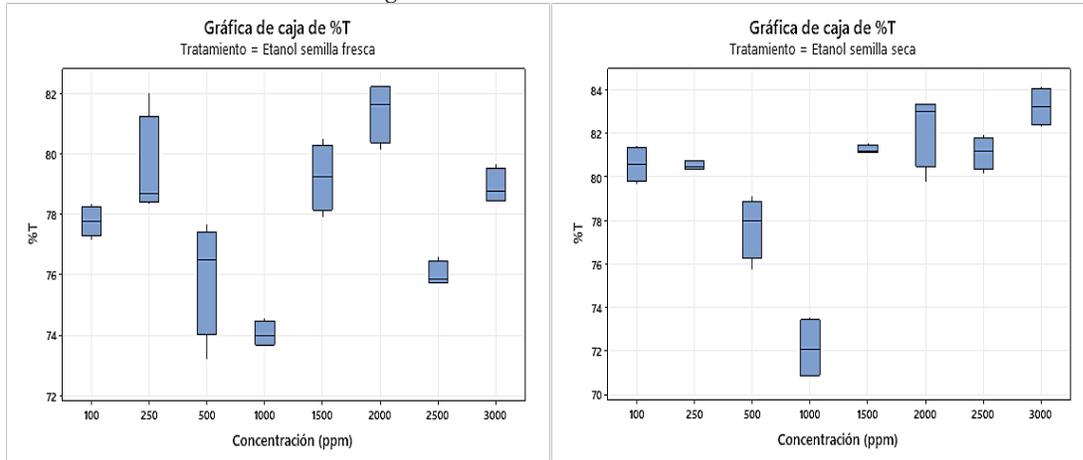
Figura 46. Extracto semilla con agua



Fuente: Autores

En la figura 46 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con agua para la muestra de agua #4. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 3000 ppm y con un bajo índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 2000 ppm y con un mínimo cambio en los resultados.

Figura 47. Extracto semilla con etanol



Fuente: Autores

En la figura 47 se puede evidenciar los resultados obtenidos con el extracto de la semilla (en fresco costado izquierdo y en seco costado derecho) con etanol para la muestra de agua #4. Para la semilla fresca se obtuvo un mayor %RT a 2000 ppm y con un bajo índice de variación en los datos obtenidos, por otro lado, con la semilla seca se detalla que el mejor %RT fue a 3000 ppm y con un pequeño índice de cambio en los datos.

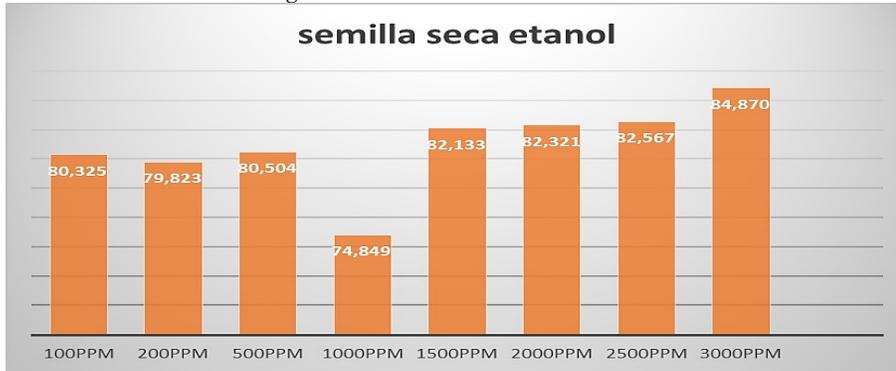
Con base a las figuras anteriormente expuestas (figura 36- figura 47) y teniendo en cuenta el análisis anterior respecto a cada uno de los extractos de la semilla de *Passiflora pinnatistipula* (gulupa) con las diferentes muestras de agua recolectadas del punto de estudio (centro poblado El Charquito Soacha Cundinamarca), se puede ver que, tanto con la semilla fresca como con la semilla seca se requieren de concentraciones altas (2000 y 3000 ppm) para obtener un mayor %RT, así mismo se puede visualizar que el rango de variabilidad de los datos respecto a la media es pequeño, quiere decir que tiene un alto porcentaje de credibilidad y confianza el estudio experimental realizado.

Figura 48. Extracto semilla seca en agua



Fuente: Autores

Figura 49. Extracto semilla seca Etanol



Fuente: Autores

Figura 50. Extracto semilla seca Ácido acético



Fuente: Autores.

Figura 51. Extracto semilla fresca en agua



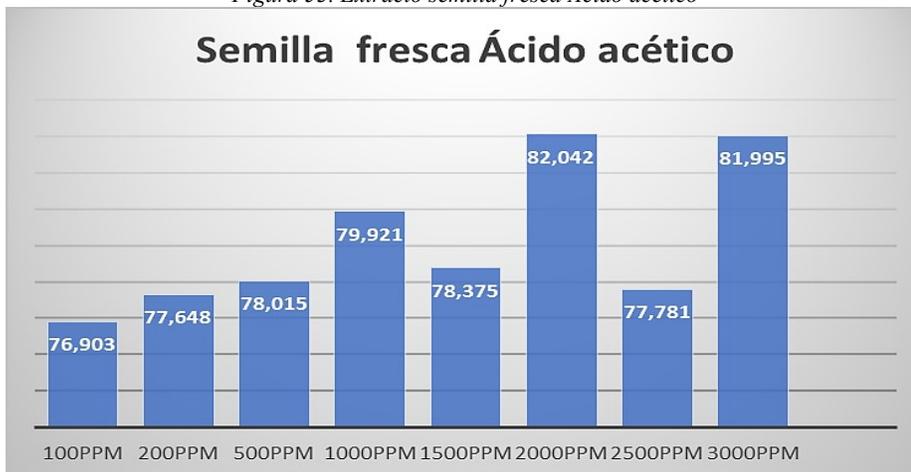
Fuente: Autores

Figura 52. Extracto semilla fresca Etanol



Fuente: Autores

Figura 53. Extracto semilla fresca Ácido acético



Fuente: Autores.

Se puede evidenciar en las figuras 49 al 53 el promedio de porcentaje de remoción de la turbidez numéricamente y gráficamente, dando a conocer de forma visual y comparativa los resultados obtenidos del trabajo experimental con los seis extractos de las semillas de *Passiflora pinnatistipula* en diferentes concentraciones (de cada extracto preparado).

Otros factores que pueden incidir en los resultados obtenidos son el pH, la turbidez inicial del agua y las condiciones climáticas del punto de estudio. Para este estudio se tomaron como datos iniciales pH:8, temperatura: 20°C y 72,35 NTU de turbidez inicial in situ, haciendo comparación con otros estudios como es el *Escherichia coli* (E. coli) con la *Moringa oleifera* de Pritchard 2010, trabajaron con turbidez inicial de 45 NTU y obtuvieron 76% de remoción de turbidez, por lo cual, se obtiene mayor porcentaje de remoción con una mayor turbidez inicial; además en otro estudio con la *Moringa oleifera* por Bina 2010, donde el pH inicial fue de 7-7.5, por ende, los pH alcalinos son idóneos para obtener mejores resultados.

Finalmente se observa en los resultados obtenidos que en todos los extractos de las semillas de Gulupa se obtuvo un alto porcentaje de remoción, por ende se evidencia que la *Passiflora pinnatistipula* tiene gran capacidad coagulante para disminuir la turbidez

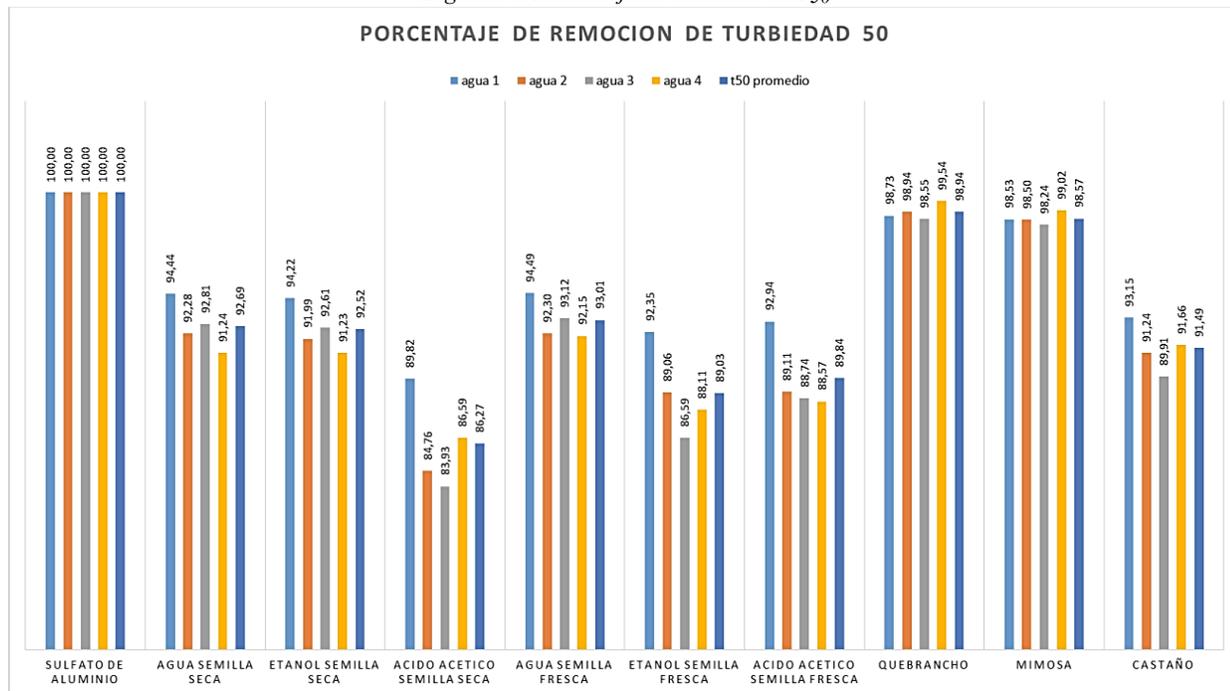
presente en aguas de la cuenca baja del río Bogotá (El Charquito, Soacha), es decir, es una alternativa ecológica al sustituir coagulantes químicos por naturales, siendo estos más accesibles a la población para usarlos y de esta manera la aprovechar el recurso del agua para actividades agropecuarias ( un sustento económico importante de la región). Además se está alargando la vida útil a la semilla del fruto de Gulupa (un nuevo uso) para mejorar el estado físico del agua y con ello el mejoramiento de la calidad del ambiente (suelo, agua y aire), por último tener un menor riesgo de enfermedades en la comunidad asociadas a la contaminación que se presenta en el río Bogotá.

*Análisis de turbiedad 50 (T<sub>50</sub>)*

Para hallar la turbiedad 50 (T<sub>50</sub>) se emplearon los promedios de la transmitancia presentados en las tablas anteriores. La turbiedad T<sub>50</sub> es el valor necesario en la concentración de coagulantes para reducir la turbidez presente en el agua a un 50%, para lo cual se tuvo que hallar el T<sub>50</sub> del Sulfato de Aluminio por medio de la tabla de linealidad con las diferentes concentraciones que se muestra en el Anexo N°17.4

Se halló el porcentaje de remoción para cada una de las concentraciones del Sulfato de Aluminio, con esos datos se realizó la ecuación de la recta para así encontrar la pendiente de la misma. Se calcula el coeficiente R<sup>2</sup>, y el intercepto; para hallar el T<sub>50</sub> se realizó el cálculo de  $(50 - (\text{intercepto} \div \text{pendiente de la recta}))$  y a ese dato se le hizo el inverso (1/dato) siendo el valor de referencia (100) para calcular los demás T<sub>50</sub> de los extractos y patrones y así tener la figura 55 de porcentaje de remoción T<sub>50</sub>.

Figura 54. Porcentaje de remoción de T<sub>50</sub>



Fuente: Autores

Como se observa en la gráfica anterior, según el promedio de T<sub>50</sub> la semilla fresca en agua fue la que mayor %RT<sub>50</sub> tuvo (93,01%), pero en los patrones es el quebracho (98,94%), la

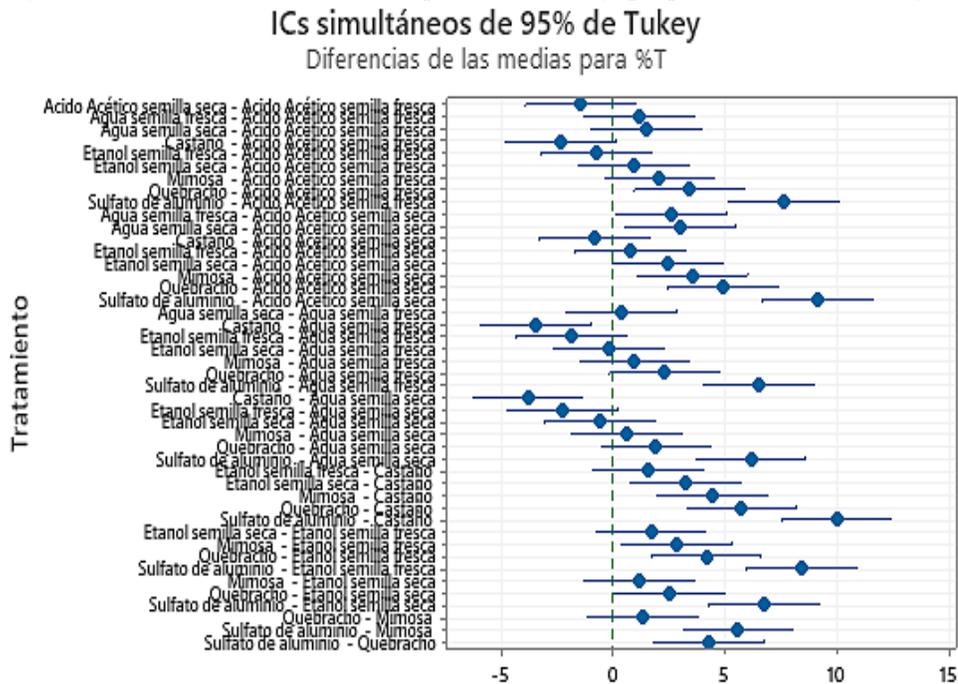
semilla seca con ácido acético (86,27%) es la que menor remoción de T<sub>50</sub> tiene y para los patrones es el castaño (91,49%), lo anterior comparado con el sulfato de Aluminio. Todos los extractos poseen un porcentaje promedio mayor al 50%, importante para reducir la turbidez.

*Análisis de varianza (ANOVA)*

Este análisis ANOVA se llevó a cabo para los valores obtenidos de eficiencia de remoción, además se hizo la prueba Tukey (prueba de comparación múltiple) con la cual se determinó el intervalo de confianza del 95% ( $p < 0,005$ ). Para ello, 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 del anexo 17.5 hasta en anexo 17.9.

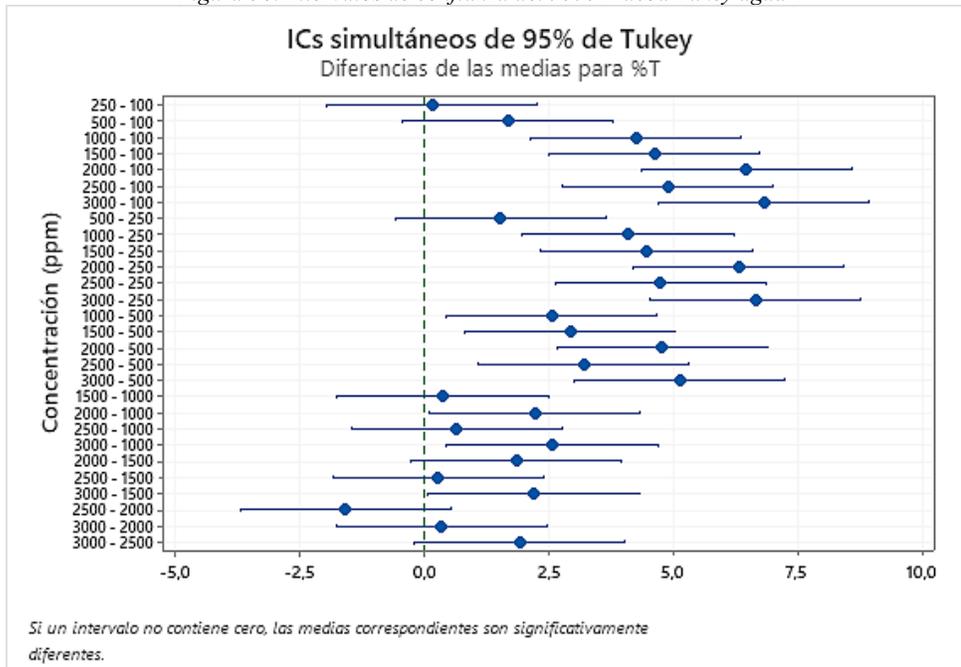
**Agua 1**

Figura 55. Intervalos de confianza del 95% para los distintos grupos por el método de Tukey agua 1



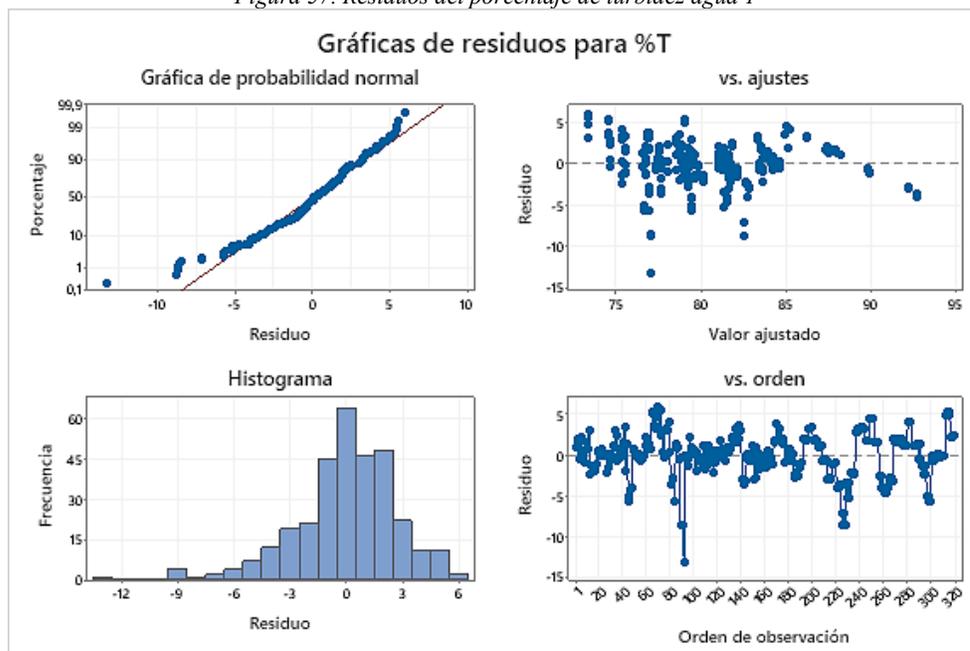
Fuente: Autores

Figura 56. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 1



Fuente: Autores

Figura 57. Residuos del porcentaje de turbidez agua 1



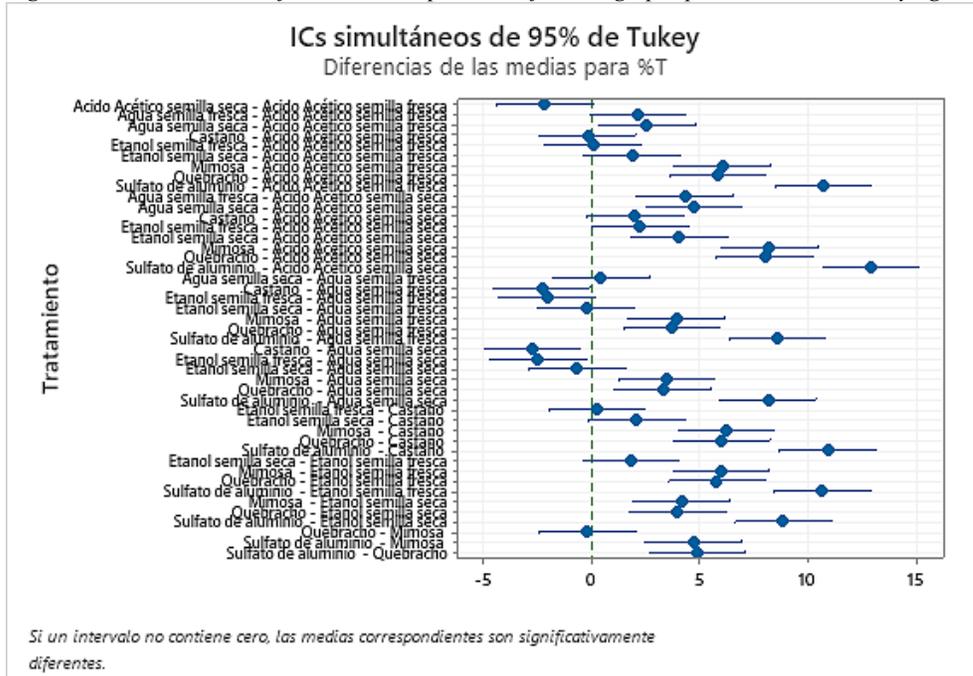
Fuente: Autores

En las figuras 55 y 56 se puede observar los intervalos de confianza del 95% para el agua 1 de diferentes tratamientos (por parejas) y de concentraciones respectivamente. Según la figura 55 se puede observar que en más del 50% de los tratamientos no existen diferencias de las medias para %RT, pero en algunos casos si, como con: Sulfato de Aluminio y Ácido acético (semillas seca y fresca) y Sulfato de Aluminio y agua (semillas seca y fresca). En la figura 56 se visualiza que en la mayoría de casos se presentan diferencias de las medias

(para el porcentaje de remoción de la turbidez) entre las concentraciones. En el diagrama de residuos (figura 57) se puede detallar que los errores no presentan un patrón, están distribuidos de forma aleatoria, es decir que, son independientes y no correlacionados, así mismo se detalla que la mayoría de estos se encuentran cerca de la línea de normalidad, por lo tanto, se considera que tienen una distribución normal.

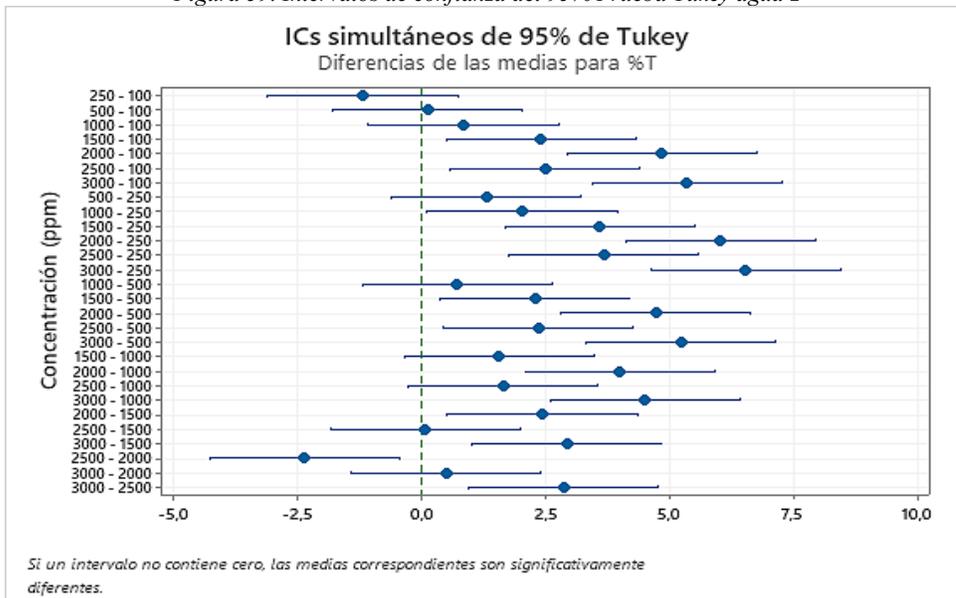
## Agua 2

Figura 58. Intervalos de confianza del 95% para los diferentes grupos por el método de Tukey agua 2



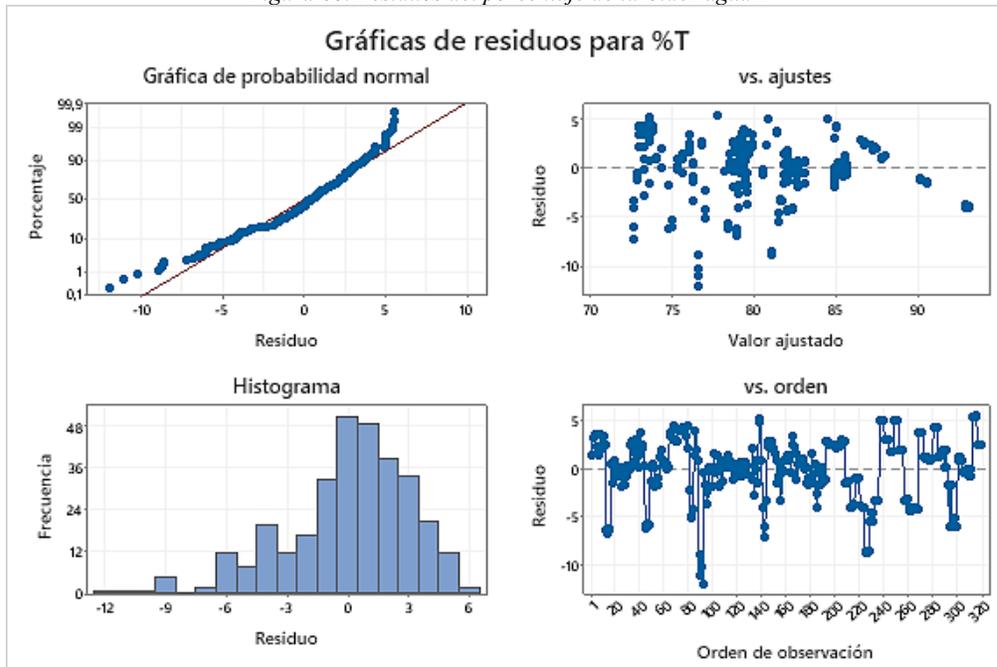
Fuente: Autores

Figura 59. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 2



Fuente: Autores

Figura 60. Residuos del porcentaje de turbidez agua 2

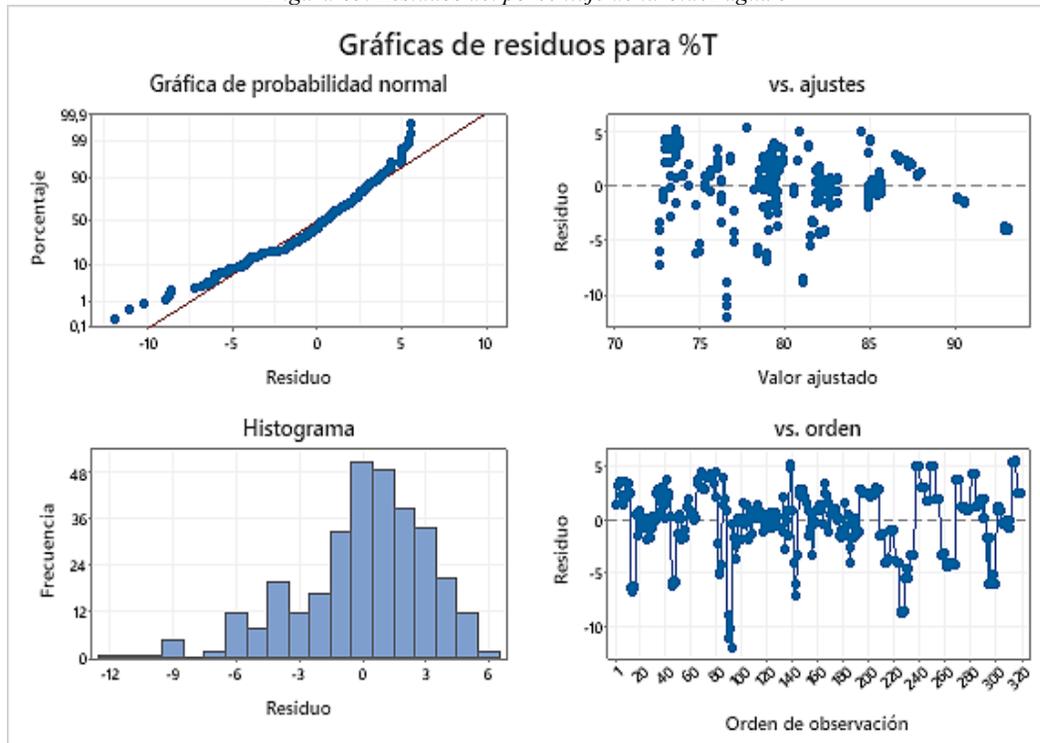


Fuente: Autores

En las figuras 58 y 59 se puede observar los intervalos de confianza del 95% para el agua 2 de diferentes tratamientos (por parejas) y de concentraciones respectivamente. Según la figura 58 se puede observar que en más del 50% de los tratamientos existen diferencias de las medias para %RT, pero en algunos casos no, como: Quebracho con Mimosa y Castaño con Ácido acético semilla fresca. En la figura 59 se visualiza que en la mayoría de casos se presentan diferencias de las medias (para el porcentaje de remoción de la turbidez) entre las concentraciones. En el diagrama de residuos (figura 60) se puede detallar que los errores no presentan un patrón, están distribuidos de forma aleatoria, es decir que, son independientes y no correlacionados, así mismo se detalla que la mayoría de estos se encuentran cerca de la línea de normalidad, sin embargo, hay varios de estos que están alejados, por lo tanto, las varianzas difieren un poco y no son tan homogéneas.



Figura 63. Residuos del porcentaje de turbidez agua 3

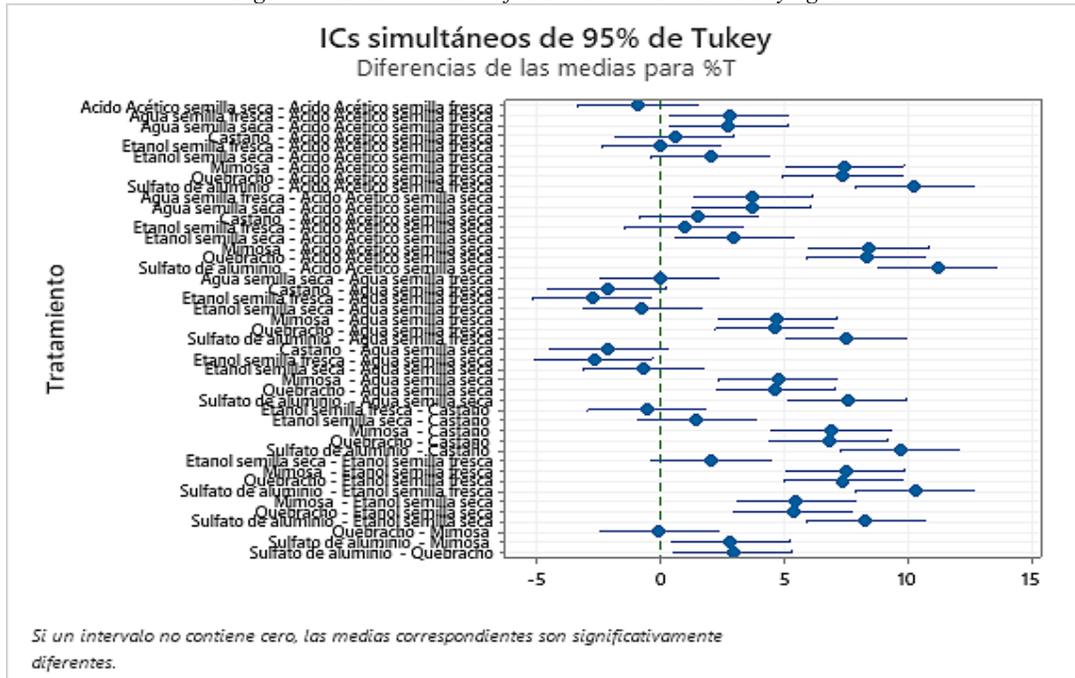


Fuente: Autores

En las figuras 61 y 63 se puede observar los intervalos de confianza del 95% para el agua 3 de diferentes tratamientos (por parejas) y de concentraciones respectivamente. Según la figura 61 se puede observar que en la mayoría de los tratamientos existen diferencias de las medias para %RT, pero en algunos casos no, como: Quebracho con Mimosa y Castaño con Ácido acético semilla seca. En la figura 62 se visualiza que en más del 50% se presentan diferencias de las medias (para el porcentaje de remoción de la turbidez) entre las concentraciones. En el diagrama de residuos (figura 63) se puede detallar que los errores no presentan un patrón, están distribuidos de forma aleatoria, es decir que, son independientes y no correlacionados, así mismo se detalla que la mayoría de estos se encuentran cerca de la línea de normalidad, sin embargo, hay varios de estos que están alejados, por lo que, las varianzas difieren un poco y no son tan homogéneas.

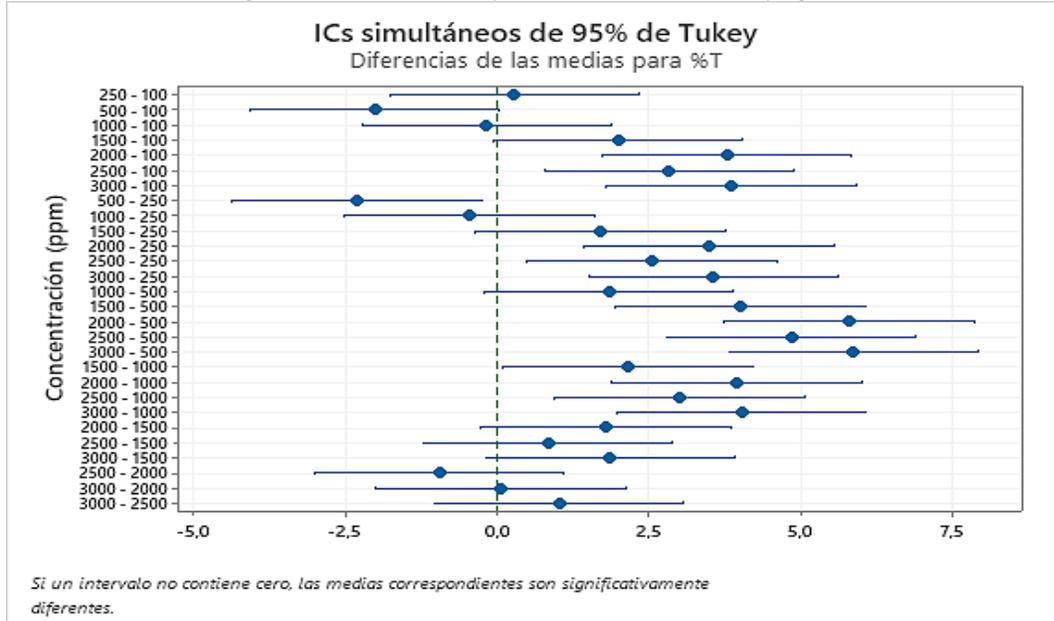
Agua 4

Figura 64. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 4



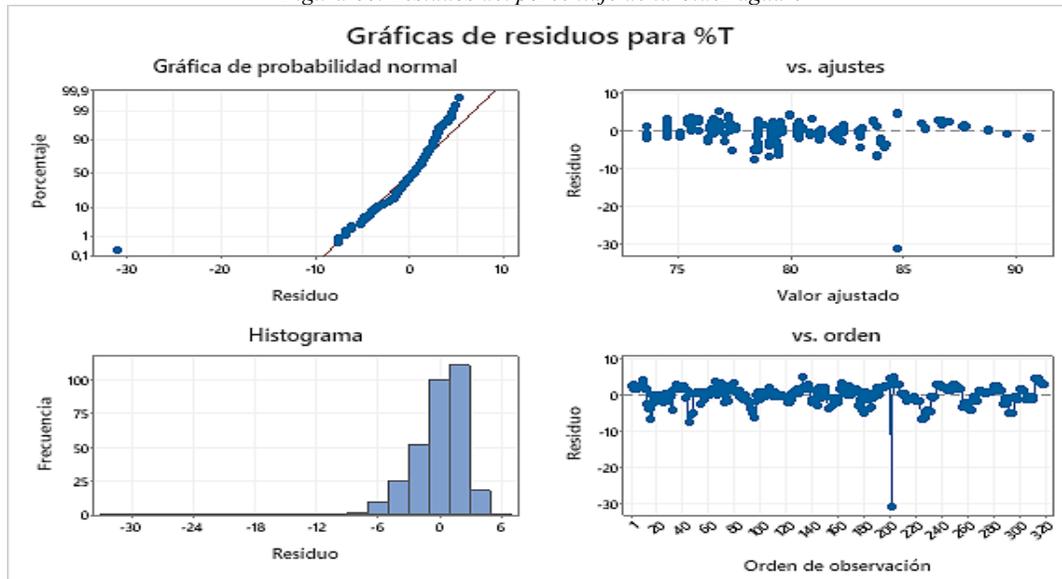
Fuente: Autores

Figura 65. Intervalos de confianza del 95% Prueba Tukey agua 4



Fuente: Autores

Figura 66. Residuos del porcentaje de turbidez agua 4



Fuente: Autores

En las figuras 64 y 66 se puede observar los intervalos de confianza del 95% para el agua 4 de diferentes tratamientos (por parejas) y de concentraciones respectivamente. Según la figura 64 se puede observar que en más del 50% de los tratamientos existen diferencias de las medias para %RT, pero en algunos casos no, como: Quebracho con Mimosa y Castaño con Ácido acético semilla fresca. En la figura 65 se visualiza que en más del 50% no se presentan diferencias de las medias (para el porcentaje de remoción de la turbidez) entre las concentraciones. En el diagrama de residuos (figura 66) se puede detallar que los errores no presentan un patrón, están distribuidos de forma aleatoria, es decir que, son independientes y no correlacionados, así mismo se detalla que la mayoría de estos (alrededor del 98%) se encuentran cerca de la línea de normalidad.

### Objetivo específico 3

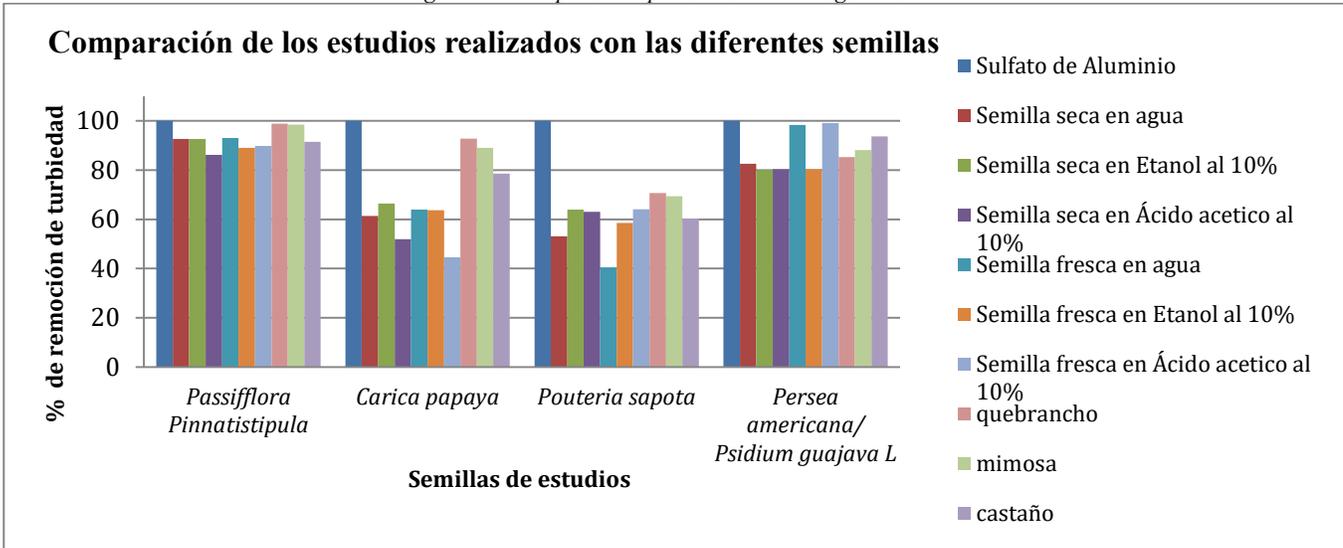
Comparar la eficiencia que tiene la semilla *Passiflora pinnatistipula* con respecto a otros coagulantes naturales.

Tabla 29. Comparación de estudios de coagulantes en la Universidad El Bosque.

Comparación de extractos y porcentaje de remoción de turbiedad T <sub>50</sub>				
Extractos/ semillas	<i>Passiflora Pinnatistipula</i>	<i>Carica papaya</i>	<i>Pouteria sapota</i>	<i>Persea americana/ Psidium guajava L</i>
Sulfato de Aluminio	100	100	100	100
Semilla seca en agua	92,69	61,34	53,15	82,6
Semilla seca en Etanol al 10%	92,69	66,45	63,95	80,07
Semilla seca en Ácido acético al 10%	86,27	51,92	63,12	80,45
Semilla fresca en agua	93,02	63,95	40,37	98,36
Semilla fresca en Etanol al 10%	89,03	63,68	58,51	80,43
Semilla fresca en Ácido acético al 10%	89,84	44,54	64,12	99,15
quebracho	98,94	92,81	70,75	85,31
mimosa	98,57	89,08	69,34	88,18
castaño	91,49	78,60	60,34	93,72

Fuente: Autores

Figura 67. Comparación por estudios de coagulantes



Fuente: Autores

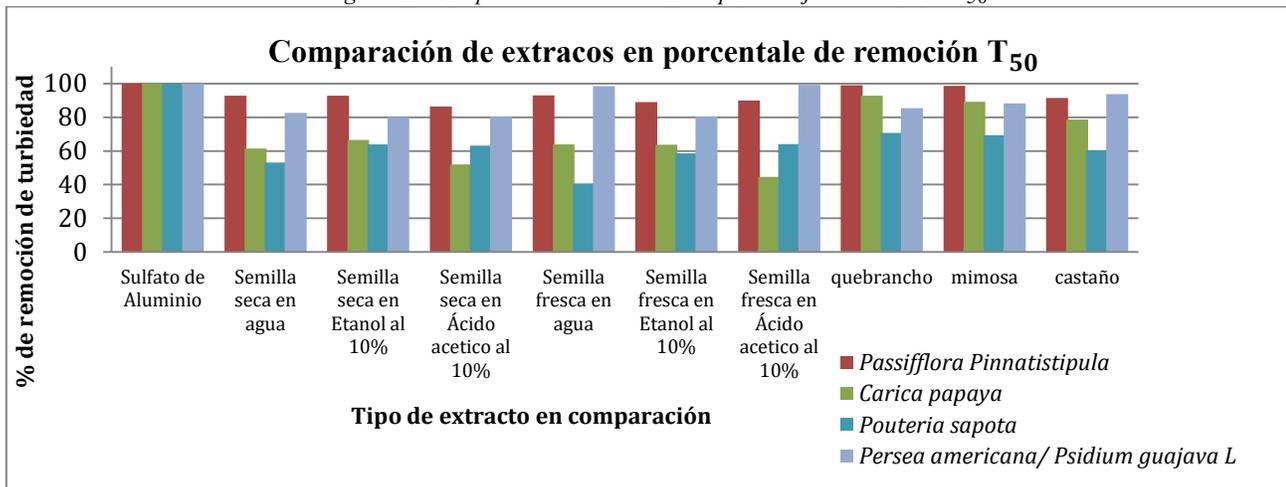
Observando en la tabla anterior (tabla 29), se hace una comparación de los diferentes estudios realizados en la Universidad El Bosque sobre coagulantes naturales y su porcentaje de remoción de turbidez en el Río Bogotá. Se evidencia que tanto el estudio que realizó Chivata en el 2018 de las semillas *Persea Americana* y *Psidium guajava L* con porcentajes relevantes de 99,15% con la semilla de *Psidium guayava L* en ácido acético y 98,36% en agua, realizado por el test de Jarras y este estudio realizado de la semilla *Passiflora Pinnatistipula* con porcentajes relevantes de 93,016% en la semilla fresca en agua, por la metodología de volúmenes reducidos, son los que mejor porcentaje de remoción presentan en comparación con la semilla de *Carica Papaya* con porcentaje de 66,45% de la semilla seca en Etanol al 10% del estudio de Mard en el 2019 y la semilla *Pouteria Sapota* con porcentaje de 64,12% de la semilla testa en ácido acético al 10% de Nieto en el 2019.

En la figura 67, se evidencia la comparación de cada uno de los extractos y patrones de los estudios antes mencionados, mostrando las variaciones de los diferentes extractos trabajados en los estudios, demostrando que la semilla *Passiflora pinnatistipula* presenta mayores porcentajes, en la mayoría de los extractos, en comparación con la *Carica papaya* y *Pouteria Sapota*, y una diferencia con la *Persea americana* al ver un mejor porcentaje en los tres extractos comparados mostrando que la semilla seca de *Passiflora pinnatistipula* tiene mejor remoción de la *Persea americana*, pero en comparación con la *Psidium guajava L* es menor la remoción al compararla con la semilla seca, excepto en el extracto de semilla seca con Etanol al 10%, ahí se ve una diferencia de 12,257%.

Según la figura 67 y la tabla 29, se puede ver una variación representativa en los cuatro estudios referente a los patrones, se observa que en caso de estudio de Chivata el que más dio fue el castaño con un porcentaje de remoción de la turbidez de 93,72, en el de Nieto y Mard fue el quebrancho con un porcentaje de 70,75 y 92,81 respectivamente, comparando con el estudio presente el quebrancho también fue el que más remoción tuvo con un porcentaje de 98,939%, teniendo como diferencia 28,189 respecto al estudio de Nieto y 6,729 respecto al de Mard. Y si comparamos el castaño que obtuvo un mayor %RT en el

estudio de Chivata, se puede observar una diferencia de 2,23%RT respecto al estudio de la *Passiflora pinnatistipula*, siendo mayor porcentaje el de Chivata.

Figura 68. Comparación de extractos en porcentaje de remoción T<sub>50</sub>



Fuente: Autores

Los datos que se obtuvieron de porcentaje de turbidez T<sub>50</sub>, según la figura N° 1, (Chivata, 2018), la semilla *Passiflora pinnatistipula* se ubica entre *Cicer arietinum* con porcentaje de 94% y *Opuntia spp* con porcentaje de 92% para los extractos de semilla seca en agua y Etanol al 10% y semilla fresca en agua. A diferencia de la semilla *Psidium guayaba L* (Chivata, 2018), que está ubicada entre *Ceratonia siliqua (Carob)* y *Moringa oleifera*, cuyos porcentajes son 100% y 99% respectivamente cada uno, la semilla *Carica papaya* (Mard, 2019) está ubicada entre *Phaseolus vulgaris (common bean)* y *Robinia pseudoacacia (Black Locust)* con porcentajes de 72% y 60% respectivamente, al igual que la semilla *Pouteria sapota* (Nieto, 2019). Se puede decir que la semilla *Passiflora pinnatistipula* tiene un mejor y mayor porcentaje de remoción que la *Carica papaya* y *Pouteria sapota*, pero es menor que la *Psidium guayava L*. Además, según la gráfica N°1 tiene menor remoción la semilla en estudio que la *Moringa Oleifera*, el *Tanfloc* y el *Quebracho*, pero sirve para la remoción de la turbidez al tener un alto porcentaje en el T<sub>50</sub>.

### 13. Conclusiones

El extracto de la semilla fresca en agua de *Passiflora pinnatistipula* fue el que tuvo un mayor porcentaje de remoción de turbidez con respecto a los otros cinco extractos evaluados, con un valor muy cercano al patrón inorgánico y con valores semejantes a los obtenidos en los estudios experimentales de Chivata en el 2018, siendo este el más eficiente para reducir la turbidez presente en las muestras de agua de la cuenca baja del Río Bogotá.

Fue posible cumplir con la primera hipótesis, ya que, todos los extractos de la semilla *Passiflora pinnatistipula*, tanto en fresco como en seco lograron disminuir la turbidez presente en las muestras de agua recolectadas en la Cuenca Baja del Río Bogotá, siendo los extractos semilla fresca en agua (con el mayor porcentaje) y la semilla seca en agua y en etanol al 10% que presentaron el mejor porcentaje de remoción, mientras que los

extractos semilla fresca en ácido acético y etanol al 10% tuvieron el menor porcentaje de remoción de la turbidez.

Por medio del análisis ANOVA de una vía y el análisis de Turbidez  $T_{50}$  fue posible descartar cuales solventes empleados en los extractos de la semilla de *Passiflora pinnatistipula* presentaron menor rendimiento, como por ejemplo los extractos en ácido acético y de la semilla seca con etanol al 10%, que tuvieron un bajo potencial de remoción de turbidez.

Es importante recalcar que al llevar a cabo una investigación como ésta, no sólo se quiere sustituir coagulantes inorgánicos por coagulantes naturales, puesto que, estos como el Sulfato de Aluminio son muy costosos y por ende no son tan accesibles a las personas, además de que acarrearán una serie de problemas como la acumulación de aluminio residual, producción de lodos, pérdidas económicas, afectaciones en la salud humana; los coagulantes orgánicos que pueden ser provenientes de los residuos de frutas que generan las industrias y dentro de ellas los taninos (alternativa ecológica), los cuales facilitan la coagulación en el agua, reduciendo los costos que se generan al comprar sales inorgánicas para tratar el agua, mejorando aspectos económicos y sociales, como los malos olores e impactos en la salud de la comunidad. También se ayudaría a disminuir el impacto ambiental que generan los lodos al no poder ser tratados por su alto contenido de metales que no permiten su posterior tratamiento. Finalmente, con solo las semillas de *Passiflora pinnatistipula* en agua o en combinación con etanol o ácido acético, pueden coagular y clarificar el agua, en especial para las poblaciones vulnerables que no tienen acceso al agua potable.

Realizar este trabajo de investigación experimental permitió poner en práctica conocimientos adquiridos en la carrera, como lo son las matemáticas y la estadística básica, en temas informáticos y de programas como Excel y los SIG (ArcGIS o ArcMap para referenciar un lugar, en este caso el punto de estudio y muestreo), procesos experimentales relacionados con la química (manejo de equipos, materiales de laboratorio y reactivos químicos), algo muy interesante e importante, dialogar con la comunidad y por último, nos brindó la oportunidad de trabajar en campo y en laboratorios de investigación.

#### 14. Recomendaciones

Se recomienda seguir investigando posibles coagulantes naturales con diferentes plantas, semillas, tallos, hojas, frutos, entre otros, o residuos orgánicos para cerrar el ciclo de vida de muchos de estos, preferiblemente que sean propios de la región o que sean de fácil acceso a las comunidades para incrementar la eficiencia de remoción de la turbidez en el río Bogotá, generando una alternativa sostenible con el ambiente y a su vez evitando la generación de problemas de salud antes mencionados.

Es pertinente que se realice un estudio acerca de la cuantificación de galotaninos en las semillas de *Passiflora pinnatistipula*, ya que, tienen un alto porcentaje de remoción de la turbidez en aguas de la cuenca baja del río Bogotá. Entre los usos principales de estos metabolitos secundarios polifenólicos hidrolizables está, servir de floculante para el tratamiento del agua.

Por otra parte, se sugiere tomar las muestras en diferentes puntos del Río Bogotá para así hacer una comparación de eficiencia con los diferentes factores externos que se presentarían como lo son, vertimientos a lo largo de la cuenca y conocer las condiciones de mejor remoción de turbidez.

Con respecto a la parte experimental, se sugiere una mayor precisión al momento de utilizar la pipeta automática, para así disminuir el porcentaje de error o las diferencias entre datos presentados y de esta manera, tener un análisis mucho más preciso y exacto.

## 15. Referencias Bibliográficas.

- *Abril Díaz, N., Bárcena Ruiz, J. A., Fernández Reyes, E., Galván Cejudo, A., Jorrín Novo, J., Peinado Peinado, J., Meléndez-Valdés, F., Túnez Fiñana, I. (s.f). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Universidad D Córdoba: Recuperado en: [https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08\\_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf](https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf)*
- *Aguilar, M., Sáez, J., Llorens, M., Soler, A. (2002). Tratamiento físico - químico de aguas residuales (Coagulación y floculación). Murcia: Universidad de Murcia. 1º Edición. 1 -151 págs.*
- *Aguirre, M., Bonilla, A., Agudelo., O., (enero-junio de 2015). Morfología de Passiflora: una guía para la descripción de sus especies. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(1). Obtenido de Morfología de Passiflora: una guía para la descripción de especies: <file:///D:/DOCUMENTOS/Downloads/Dialnet-MorfologiaDePassiflora-5590937.pdf>*
- *Alcaldía de Soacha 2020-2023. (2020). Nuestro Municipio. Recuperado en: <http://www.alcaldiasoacha.gov.co/municipio>*
- *Andía Cardenas, Y. (2000). Tratamiento de agua - coagulación y floculación. 1-44. Lima*
- *Arenas, Sánchez. (2004). Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtenido de Métodos de laboratorio: [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrometria\\_de\\_absorcion.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrometria_de_absorcion.pdf)*
- *Barajas Garzón, C. L., León Luque, A. J. (2015). Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) en el proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial. 1-102. Bogotá.*
- *Banchón et al. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n4/1390-6542-enfoqueute-7-04-00111.pdf>*
- *Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., Gómez-Muñoz, M. (2010). New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. Chemical Engineering*

*Journal*, 162(3), 1019-1025. doi:10.1016/j.cej.2010.07.011

- Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., Dávila-Acedo, M. (2011). Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. *Journal Of Hazardous Materials*, 186(2-3), 1704-1712. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.075
- Betatache, H., Aoubed, A., Druiche, N., Louinici, N. (2014). Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (*Opuntia ficus Indica*) juice. *Ecological Engineering*, 465 - 469.
- 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 Agosto de 2020, 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>
- Canepa de Vargas, L. (2004). Tratamiento de aguas para consumo humano: plantas de filtración rápida. Manual I: teoría (pp. 153-216). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Recuperado el 27 de Agosto de 2020 en <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/tratamiento-de-aguas-para-consumo-humano-plantas-de-filtracion-rapida-manual-i-teoria>
- CAR. (2018). CAR | Río Bogotá. Car.gov.co. Recuperado el 08 de Abril de 2020, de [https://www.car.gov.co/rio\\_bogota](https://www.car.gov.co/rio_bogota).
- CAR. (2006). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac24aeabc81c.pdf>
- Cheng, W. P., Chi, F. H., Li, C. C., Yu, R. F. (2008). A study on the removal of organic substances from low-turbidity and low-alkalinity water with metal-polysilicate coagulants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 312(2), 238-244. doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.06.060>
- Chivatá L. David E, Celis Z. Crispín A, Pombo Luis, M., & Rodríguez A. Oscar E. (2018). The coagulant 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).11(21) doi:10.17485/ijst/2018/v11i21/123195
- Choy, S., Prasad, K., Wu, T., Raghunandan, M., & Ramanan, R. (2014). Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal Of Environmental Sciences*, 26(11), 2178-2189. doi:10.1016/j.jes.2014.09.024
- Conozcamos Todos Los Ríos De Nuestro Planeta. (2017). RÍO BOGOTÁ: Historia, Mapa, Nacimiento, y Más de interés. Recuperado en [https://riosdelplaneta.com/rio-bogota-2/#Cuenca\\_Baja](https://riosdelplaneta.com/rio-bogota-2/#Cuenca_Baja)
- Fahmi, M.R., Zainon Naj, Nor Wahidatul Azura, Ping, P. C., Hamidin, N. (2011). Mechanism of turbidity and hardness removal in hard water sources by using moringa

*oleifera*. *Journal of Applied Sciences*, 11(16), 2947-2953. doi:10.3923/jas.2011.2947.2953

- Gallardo, M. A. (2017). repository.udistrital. Obtenido de *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*.

- García Zambrano, J.A. (2016). *Prunus persica* como coagulante de muestras de agua del río Apulo, sector la agronómica, Cundinamarca, Colombia; *prunus persica as a coagulant of water samples from the apulo river, agronomic sector, cundinamarca, colombia.; pregrados de ingeniería y administración. ingeniería ambiental Universidad El Bosque*.

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.012>.

- Gómez et.al., (2014). *Determinación de cambios fisicoquímicos asociados con el desarrollo del fruto de Gulupa (Passiflora pinnatistipula Cav.) en cuatro fincas productoras de la Provincia del Sumapáz*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/xabieragro/gulupa-teis>

- Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C., García, R. (2013). *Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 253-262. Hurtado, J. (2008). *El proyecto de investigación*. 6° Edición Caracas Venezuela.

- Harris, D. (2007). *Fundamentos de espectrofotometría*. En D. Harris, *Análisis químico cuantitativo (Tercera ed., págs. 407-413)*. Barcelona, España: Reverté S.A.

- 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 13 de Agosto de 2020, 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](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)

- 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>

- IDEAM. (2006). *Título: Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas*. código: TP 0082. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

- *Información general Municipio - Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá. (2020). Orarbo.gov.co. Recuperado de: <http://orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/informacion-general-municipio?cd=ce525fe40d556d1c692acfd3072144f8>*
- *Kalmykova, Y., Sadagopan, M., Rosado., L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. (E. B.V., Ed.) Resources, Conservation and Recycling, 135, 12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>.*
- *Kemmer, F., Frank, N., McCallin, J. (2000). Manual del agua- Su Naturaleza, tratamiento y aplicaciones, Tomo 1, Vol 1.*
- *Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, 127, 221-232. doi:10.1016/j.resconrec.2017.09.005*
- *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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000500002>*
- *Luna Chavez,C.M. (2017). Influencia del pH en la coagulación-sedimentación primaria de agua residual de un camal, 1-64*
- *Martínez. (s.f.). Métodos de análisis físicos y espectrofotométricos para el análisis de aguas residuales. Obtenido de <file:///C:/Users/ITO/Downloads/Dialnet-MetodosDeAnalisisFisicosYESpectrofometricosParaEIA-4835509.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(2), 189-197. doi:10.1016/j.cis.2010.06.007*
- *Ministerio de Protección Social. (2007). Decreto 1575 del 2007, Artículo 27. Bogotá.*
- *Ministerio de Protección social, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2007). Resolución 2115 del 2007, Artículo 2, Cuadro N°1. Bogotá.*
- *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 330 de 2017. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS Recuperado en <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>*
- *Miranda, D., Carranza, C., Rojas, C., Jerez, C., Fischer, G., Zurita, J. (2011). Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas, 2(2), 180-191. <https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i2.1186>*
- *Moussas,P.A., Zouboulis,A. I. (2009). A new inorganic–organic composite*

*coagulant, consisting of polyferric sulphate (PFS) and polyacrylamide (PAA). Water Research, 43(14), 3511-3524. doi:https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.015*

- *Mrad.I (2019). Evaluación de la actividad coagulante de la semilla de Papaya (Carica papaya) en muestras de agua recolectadas en la cuenca alta del Río Bogotá. Tesis de grado, Universidad El Bosque, Bogotá.*
- *Mrad.I, Andrade.W, Pombo.L, Díaz.F, Rodríguez.O. (2020). Carica papaya seed extracts as an alternative treatment for contaminated water. harmacologyonline, 2(1827-8620), 183-189.*
- *Nieto, V. (2019). Evaluación de la actividad coagulante de la semilla de (Pouteria sapota) en muestras de agua recolectadas en la cuenca media del río Bogotá. Universidad El Bosque, Bogotá.*
- *Okuda,T., Baes,A.U., Nishijima,W., Okada,M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from moringa oleifera seed by salt solution. Water Research, 35(2), 405-410. doi:10.1016/S0043-1354(00)00290-6*
- *C. Palladino, A. (2011). Gráfico de caja. Atención primaria de salud, epidemiología e informática II: Recuperado en <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/GR%C3%81FICO%20DE%20CAJA.pdf>*
- *Perea, M., Fischer, G., Miranda, D. (2010). Passifloraceae Passifloras Maracuyá, Granadilla, Curuba, Gulupa. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/257765541\\_Passifloraceae\\_Passifloras\\_Maracuy\\_a\\_Granadilla\\_Curuba\\_Gulupa](https://www.researchgate.net/publication/257765541_Passifloraceae_Passifloras_Maracuy_a_Granadilla_Curuba_Gulupa)*
- *PUCP. (2019). ¿Qué es la economía circular y cuál es su importancia? Obtenido de <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/que-es-la-economia-circular-y-cual-es-suimportancia/#:~:text=All%C3%AD%20radica%20la%20importancia%20de,medio%20ambiente%20y%20sus%20recursos>.*
- *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. doi:10.1016/j.pce.2010.07.014*
- *Ravamandi, B. (2014). Treatment of water turbidity and bacteria by using a coagulant extracted from Plantago ovata. (W. R. Industry, Ed.) Vol.6, Pag.36-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2014.07.001>*
- *Romero, J. A (2002) Calidad del agua. 2º Edición, 107-155*
- *Romero, J.A (2009) Calidad del agua. 3º Edición. 1-484.*
- *Sanghi, R. B. (2002). Cassia angustifolia seed gum as an effective natural coagulant for decolourisation of dye solutions. . Green Chem, 252-254.*

- 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](https://www.researchgate.net/publication/26673127_Removal_of_Water_Turbidity_by_Natural_Coagulants_obtained_from_Chestnut_and_Acorn/citation/download)
- Secretaría Distrital de Planeación. (2014). *Estado del río bogotá, aproximación a las implicaciones del fallo del consejo de estado sobre el río bogotá*. . 1-76. Bogotá
- SENA. (2012). *Calidad del agua. programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico I*, 1-250.
- Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). (s.f.). *Calidad de agua*. Recuperado el 08 de Abril de 2020, de <http://www.siac.gov.co/calidadagua>
- Srinivasan, C. (2005). *Prunus spp. Almond, apricot, cherry, nectarine, peach and plum*. *Biotechnology of fruit and nut crops*, 512 - 543.
- UNICEF. (2014). *unifec.org*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/detail/08-05-2014-who-unicef-highlight-need-to-further-reduce-gaps-in-access-to-improved-drinking-water-and-sanitation>
- Vera, S., & Steeward, R. (2016). *Efecto del coagulante obtenido de maíz amarillo en la disminución de turbidez del agua en la bocatoma de paiján septiembre 2016* Recuperado en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/6982>
- Villabona, Á, Paz, I. C., Martínez, J. (2013). *Caracterización de la opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural XV (1)*, 137-144.
- Yin, C. (2010). *Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment*. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437-1444. doi:10.1016/j.procbio.2010.05.030

## 16. Anexos

### 16.1. Presupuesto

Rubros	Desembolso nuevo		Total desembolso nuevo	Desembolso en especie		Total desembolso en especie	Total proyecto
	Año 2019	Año 2020		Año 2019	Año 2020		
1. Personal				5.734.212	10.739.771	16.473.983	16.473.983
2. Equipos especializados	0	0	0	0	0	0	0
2.1. Equipos propios				0	0	0	0
3. Materiales y reactivos	0	11.000	11.000	0	0	0	11.000
4. Salidas de campo	0	210.000	210.000	0	0	0	210.000
5. Refrigerios	0	0	0	0	0	0	0
6. Servicios técnicos	0	13.162.000	13.162.000	0	0	0	13.162.000
7. Capacitaciones	0	0	0	0	0	0	0
8. Adquisición o actualización de softwa	0	0	0	0	0	0	0
9. Evaluación	0	0	0	0	0	0	0
10. Otros	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTALES</b>	<b>0</b>	<b>13.383.000</b>	<b>13.383.000</b>	<b>5.734.212</b>	<b>10.739.771</b>	<b>16.473.983</b>	<b>29.856.983</b>



Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

16.4

Tabla 30. Tabla de linealización para el cálculo de la T 50

Sulfato de Aluminio		Agua semilla seca		Etanol semilla seca		Ácido acético seca		Agua semilla fresca		Etanol semilla fresca		Ácido acético fresca		Quebracho		Mimosa		Castaño	
conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT	conc.	%RT
100	4,234	100	3,924	100	3,917	100	3,653	100	3,938	100	3,769	100	3,804	100	4,189	100	4,173	100	3,874
250	10,585	250	9,811	250	9,793	250	9,132	250	9,845	250	9,424	250	9,509	250	10,472	250	10,433	250	9,684
500	21,169	500	19,622	500	19,622	500	18,263	500	19,691	500	18,847	500	19,019	500	20,945	500	20,866	500	19,368
1000	42,338	1000	39,245	1000	39,245	1000	36,527	1000	39,381	1000	37,694	1000	38,038	1000	41,889	1000	41,733	1000	38,735
1500	63,508	1500	58,867	1500	58,867	1500	54,790	1500	59,072	1500	56,541	1500	57,057	1500	62,834	1500	62,599	1500	58,103
2000	84,677	2000	78,490	2000	78,490	2000	73,053	2000	78,763	2000	75,388	2000	76,075	2000	83,778	2000	83,466	2000	77,471
2500	105,846	2500	98,112	2500	98,112	2500	91,317	2500	98,453	2500	94,235	2500	95,094	2500	104,723	2500	104,332	2500	96,838
3000	127,015	3000	117,734	3000	117,734	3000	109,580	3000	118,144	3000	113,082	3000	114,113	3000	125,668	3000	125,198	3000	116,206
pendiente	0,042	pendiente	0,039	pendiente	0,039	pendiente	0,037	pendiente	0,039	pendiente	0,038	pendiente	0,038	pendiente	0,042	pendiente	0,042	pendiente	0,039
intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	-0,008	intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	0,000	intercepto	0,000
coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000	coef r2	1,000
T50	1180,962	T50	1274,056	T50	1274,147	T50	1368,860	T50	1269,636	T50	1326,470	T50	1314,484	T50	1193,624	T50	1198,098	T50	1290,810
	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001
%T	100	%T	92,693	%T	92,687	%T	86,273	%T	93,015816	%T	89,030447	%T	89,842	%T	98,939	%T	98,5697	%T	91,490

Fuente: Autoras

16.5

Tabla 31. Intervalo de confianza extractos y patrones Agua 1 Prueba Tukey

Diferencia de Tratamiento niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%
Ácido Acético semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	-1,468	0,779	(-3,931; 0,995)
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	1,120	0,779	(-1,343; 3,583)
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	1,502	0,779	(-0,961; 3,966)
Castaño - Ácido Acético semilla fresca	-2,324	0,779	(-4,787; 0,139)
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	-0,740	0,779	(-3,203; 1,723)
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	0,932	0,779	(-1,531; 3,395)
Mimosa - Ácido Acético semilla fresca	2,068	0,779	(-0,395; 4,531)
Quebracho - Ácido Acético semilla fresca	3,406	0,779	(0,943; 5,869)
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla fresca	7,637	0,779	(5,174; 10,100)
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	2,588	0,779	(0,125; 5,051)
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla seca	2,971	0,779	(0,507; 5,434)
Castaño - Ácido Acético semilla seca	-0,856	0,779	(-3,319; 1,607)
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	0,728	0,779	(-1,735; 3,191)
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla seca	2,400	0,779	(-0,063; 4,863)
Mimosa - Ácido Acético semilla seca	3,536	0,779	(1,073; 5,999)
Quebracho - Ácido Acético semilla seca	4,874	0,779	(2,411; 7,337)
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla seca	9,105	0,779	(6,642; 11,568)
Agua semilla seca - Agua semilla fresca	0,383	0,779	(-2,081; 2,846)
Castaño - Agua semilla fresca	-3,444	0,779	(-5,907; -0,981)
Etanol semilla fresca - Agua semilla fresca	-1,860	0,779	(-4,323; 0,603)
Etanol semilla seca - Agua semilla fresca	-0,188	0,779	(-2,651; 2,275)
Mimosa - Agua semilla fresca	0,948	0,779	(-1,515; 3,411)
Quebracho - Agua semilla fresca	2,286	0,779	(-0,177; 4,749)
Sulfato de aluminio - Agua semilla fresca	6,517	0,779	(4,054; 8,980)
Castaño - Agua semilla seca	-3,826	0,779	(-6,290; -1,363)
Etanol semilla fresca - Agua semilla seca	-2,243	0,779	(-4,706; 0,221)
Etanol semilla seca - Agua semilla seca	-0,571	0,779	(-3,034; 1,892)
Mimosa - Agua semilla seca	0,565	0,779	(-1,898; 3,029)

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Quebracho - Agua semilla seca	1,904	0,779	(-0,560; 4,367)
Sulfato de aluminio - Agua semilla seca	6,134	0,779	(3,671; 8,597)
Etanol semilla fresca - Castaño	1,584	0,779	(-0,879; 4,047)
Etanol semilla seca - Castaño	3,256	0,779	(0,793; 5,719)
Mimosa - Castaño	4,392	0,779	(1,929; 6,855)
Quebracho - Castaño	5,730	0,779	(3,267; 8,193)
Sulfato de aluminio - Castaño	9,961	0,779	(7,497; 12,424)
Etanol semilla seca - Etanol semilla fresca	1,672	0,779	(-0,791; 4,135)
Mimosa - Etanol semilla fresca	2,808	0,779	(0,345; 5,271)
Quebracho - Etanol semilla fresca	4,146	0,779	(1,683; 6,609)
Sulfato de aluminio - Etanol semilla fresca	8,377	0,779	(5,914; 10,840)
Mimosa - Etanol semilla seca	1,136	0,779	(-1,327; 3,599)
Quebracho - Etanol semilla seca	2,474	0,779	(0,011; 4,937)
Sulfato de aluminio - Etanol semilla seca	6,705	0,779	(4,242; 9,168)
Quebracho - Mimosa	1,338	0,779	(-1,125; 3,801)
Sulfato de aluminio - Mimosa	5,569	0,779	(3,106; 8,032)
Sulfato de aluminio - Quebracho	4,231	0,779	(1,767; 6,694)

## 16.6

Tabla 32. Intervalo de confianza extractos y patrones  
 Agua 1 Prueba Tukey

Diferencia de Tratamiento niveles	Valor T	Valor p ajustado
Ácido Acético semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	-1,88	0,680
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	1,44	0,916
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	1,93	0,650
Castaño - Ácido Acético semilla fresca	-2,98	0,085
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	-0,95	0,995
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	1,20	0,973
Mimosa - Ácido Acético semilla fresca	2,65	0,193
Quebracho - Ácido Acético semilla fresca	4,37	0,001
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla fresca	9,80	0,000
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	3,32	0,031
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla seca	3,81	0,005
Castaño - Ácido Acético semilla seca	-1,10	0,985
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	0,93	0,995
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla seca	3,08	0,064
Mimosa - Ácido Acético semilla seca	4,54	0,000
Quebracho - Ácido Acético semilla seca	6,25	0,000
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla seca	11,68	0,000
Agua semilla seca - Agua semilla fresca	0,49	1,000
Castaño - Agua semilla fresca	-4,42	0,000
Etanol semilla fresca - Agua semilla fresca	-2,39	0,334
Etanol semilla seca - Agua semilla fresca	-0,24	1,000
Mimosa - Agua semilla fresca	1,22	0,970
Quebracho - Agua semilla fresca	2,93	0,096
Sulfato de aluminio - Agua semilla fresca	8,36	0,000
Castaño - Agua semilla seca	-4,91	0,000
Etanol semilla fresca - Agua semilla seca	-2,88	0,112
Etanol semilla seca - Agua semilla seca	-0,73	0,999
Mimosa - Agua semilla seca	0,73	0,999
Quebracho - Agua semilla seca	2,44	0,300
Sulfato de aluminio - Agua semilla seca	7,87	0,000
Etanol semilla fresca - Castaño	2,03	0,576
Etanol semilla seca - Castaño	4,18	0,001

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Mimosa - Castaño	5,64	0,000
Quebracho - Castaño	7,35	0,000
Sulfato de aluminio - Castaño	12,78	0,000
Etanol semilla seca - Etanol semilla fresca	2,15	0,495
Mimosa - Etanol semilla fresca	3,60	0,012
Quebracho - Etanol semilla fresca	5,32	0,000
Sulfato de aluminio - Etanol semilla fresca	10,75	0,000
Mimosa - Etanol semilla seca	1,46	0,909
Quebracho - Etanol semilla seca	3,18	0,048
Sulfato de aluminio - Etanol semilla seca	8,60	0,000
Quebracho - Mimosa	1,72	0,786
Sulfato de aluminio - Mimosa	7,15	0,000
Sulfato de aluminio - Quebracho	5,43	0,000

16.7

Tabla 33. Intervalo de confianza extractos y patrones Agua 2 Prueba Tukey

Diferencia de Concentración (ppm) niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
250 - 100	-1,182	0,630	(-3,092; 0,729)	-1,88	0,567
500 - 100	0,123	0,630	(-1,787; 2,033)	0,20	1,000
1000 - 100	0,844	0,630	(-1,066; 2,755)	1,34	0,883
1500 - 100	2,413	0,630	(0,503; 4,324)	3,83	0,003
2000 - 100	4,847	0,630	(2,936; 6,757)	7,70	0,000
2500 - 100	2,484	0,630	(0,574; 4,395)	3,95	0,002
3000 - 100	5,351	0,630	(3,440; 7,261)	8,50	0,000
500 - 250	1,305	0,630	(-0,606; 3,215)	2,07	0,433
1000 - 250	2,026	0,630	(0,116; 3,936)	3,22	0,028
1500 - 250	3,595	0,630	(1,685; 5,505)	5,71	0,000
2000 - 250	6,028	0,630	(4,118; 7,939)	9,57	0,000
2500 - 250	3,666	0,630	(1,756; 5,576)	5,82	0,000
3000 - 250	6,532	0,630	(4,622; 8,443)	10,37	0,000
1000 - 500	0,721	0,630	(-1,189; 2,632)	1,15	0,947
1500 - 500	2,291	0,630	(0,380; 4,201)	3,64	0,007
2000 - 500	4,724	0,630	(2,814; 6,634)	7,50	0,000
2500 - 500	2,361	0,630	(0,451; 4,272)	3,75	0,004
3000 - 500	5,228	0,630	(3,317; 7,138)	8,30	0,000
1500 - 1000	1,569	0,630	(-0,341; 3,479)	2,49	0,199
2000 - 1000	4,002	0,630	(2,092; 5,913)	6,36	0,000
2500 - 1000	1,640	0,630	(-0,270; 3,550)	2,60	0,154
3000 - 1000	4,506	0,630	(2,596; 6,417)	7,16	0,000
2000 - 1500	2,433	0,630	(0,523; 4,344)	3,86	0,003
2500 - 1500	0,071	0,630	(-1,839; 1,981)	0,11	1,000
3000 - 1500	2,937	0,630	(1,027; 4,847)	4,66	0,000
2500 - 2000	-2,362	0,630	(-4,273; -0,452)	-3,75	0,004
3000 - 2000	0,504	0,630	(-1,406; 2,414)	0,80	0,993
3000 - 2500	2,866	0,630	(0,956; 4,777)	4,55	0,000

16.8

Tabla 34. Intervalo de confianza extractos y patrones Agua 3 Prueba Tukey

Diferencia de Tratamiento niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%
Ácido Acético semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	-2,438	0,821	(-5,034; 0,157)
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	3,153	0,821	(0,557; 5,748)
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	3,647	0,821	(1,051; 6,242)
Castaño - Ácido Acético semilla fresca	-1,275	0,821	(-3,871; 1,320)

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	-2,740	0,821	(-5,335; -0,144)
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	3,074	0,821	(0,478; 5,669)
Mimosa - Ácido Acético semilla fresca	6,035	0,821	(3,439; 8,631)
Quebracho - Ácido Acético semilla fresca	5,473	0,821	(2,877; 8,068)
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla fresca	11,140	0,821	(8,544; 13,735)
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	5,591	0,821	(2,995; 8,187)
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla seca	6,085	0,821	(3,489; 8,681)
Castaño - Ácido Acético semilla seca	1,163	0,821	(-1,433; 3,759)
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	-0,301	0,821	(-2,897; 2,294)
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla seca	5,512	0,821	(2,916; 8,108)
Mimosa - Ácido Acético semilla seca	8,473	0,821	(5,878; 11,069)
Quebracho - Ácido Acético semilla seca	7,911	0,821	(5,315; 10,507)
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla seca	13,578	0,821	(10,982; 16,173)
Agua semilla seca - Agua semilla fresca	0,494	0,821	(-2,102; 3,090)
Castaño - Agua semilla fresca	-4,428	0,821	(-7,024; -1,832)
Etanol semilla fresca - Agua semilla fresca	-5,892	0,821	(-8,488; -3,296)
Etanol semilla seca - Agua semilla fresca	-0,079	0,821	(-2,675; 2,517)
Mimosa - Agua semilla fresca	2,882	0,821	(0,287; 5,478)
Quebracho - Agua semilla fresca	2,320	0,821	(-0,276; 4,916)
Sulfato de aluminio - Agua semilla fresca	7,987	0,821	(5,391; 10,583)
Castaño - Agua semilla seca	-4,922	0,821	(-7,518; -2,326)
Etanol semilla fresca - Agua semilla seca	-6,386	0,821	(-8,982; -3,791)
Etanol semilla seca - Agua semilla seca	-0,573	0,821	(-3,169; 2,023)
Mimosa - Agua semilla seca	2,388	0,821	(-0,207; 4,984)
Quebracho - Agua semilla seca	1,826	0,821	(-0,770; 4,422)
Sulfato de aluminio - Agua semilla seca	7,493	0,821	(4,897; 10,088)
Etanol semilla fresca - Castaño	-1,464	0,821	(-4,060; 1,131)
Etanol semilla seca - Castaño	4,349	0,821	(1,753; 6,945)
Mimosa - Castaño	7,310	0,821	(4,715; 9,906)
Quebracho - Castaño	6,748	0,821	(4,152; 9,344)
Sulfato de aluminio - Castaño	12,415	0,821	(9,819; 15,010)
Etanol semilla seca - Etanol semilla fresca	5,813	0,821	(3,218; 8,409)
Mimosa - Etanol semilla fresca	8,774	0,821	(6,179; 11,370)
Quebracho - Etanol semilla fresca	8,212	0,821	(5,617; 10,808)
Sulfato de aluminio - Etanol semilla fresca	13,879	0,821	(11,283; 16,475)
Mimosa - Etanol semilla seca	2,961	0,821	(0,366; 5,557)
Quebracho - Etanol semilla seca	2,399	0,821	(-0,197; 4,995)
Sulfato de aluminio - Etanol semilla seca	8,066	0,821	(5,470; 10,661)
Quebracho - Mimosa	-0,562	0,821	(-3,158; 2,033)
Sulfato de aluminio - Mimosa	5,105	0,821	(2,509; 7,700)
Sulfato de aluminio - Quebracho	5,667	0,821	(3,071; 8,262)

## 16.9

Tabla 35. Intervalo de confianza extractos y patrones Agu  
 Prueba Tukey

Diferencia de Tratamiento niveles	Valor T	Valor p ajustado
Ácido Acético semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	-2,97	0,088
Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	3,84	0,005
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	4,44	0,000
Castaño - Ácido Acético semilla fresca	-1,55	0,871
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla fresca	-3,34	0,029
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla fresca	3,74	0,007
Mimosa - Ácido Acético semilla fresca	7,35	0,000
Quebracho - Ácido Acético semilla fresca	6,66	0,000
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla fresca	13,56	0,000

Actividad coagulante de la semilla *Passiflora pinnatistipula* en aguas de la cuenca baja del Río Bogotá  
 María Fernanda Bernate Giraldo – Wendy Jhoana Romero Agudelo

Agua semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	6,81	0,000
Agua semilla seca - Ácido Acético semilla seca	7,41	0,000
Castaño - Ácido Acético semilla seca	1,42	0,923
Etanol semilla fresca - Ácido Acético semilla seca	-0,37	1,000
Etanol semilla seca - Ácido Acético semilla seca	6,71	0,000
Mimosa - Ácido Acético semilla seca	10,32	0,000
Quebracho - Ácido Acético semilla seca	9,63	0,000
Sulfato de aluminio - Ácido Acético semilla seca	16,53	0,000
Agua semilla seca - Agua semilla fresca	0,60	1,000
Castaño - Agua semilla fresca	-5,39	0,000
Etanol semilla fresca - Agua semilla fresca	-7,17	0,000
Etanol semilla seca - Agua semilla fresca	-0,10	1,000
Mimosa - Agua semilla fresca	3,51	0,016
Quebracho - Agua semilla fresca	2,83	0,128
Sulfato de aluminio - Agua semilla fresca	9,73	0,000
Castaño - Agua semilla seca	-5,99	0,000
Etanol semilla fresca - Agua semilla seca	-7,78	0,000
Etanol semilla seca - Agua semilla seca	-0,70	1,000
Mimosa - Agua semilla seca	2,91	0,103
Quebracho - Agua semilla seca	2,22	0,440
Sulfato de aluminio - Agua semilla seca	9,12	0,000
Etanol semilla fresca - Castaño	-1,78	0,746
Etanol semilla seca - Castaño	5,30	0,000
Mimosa - Castaño	8,90	0,000
Quebracho – Castaño	8,22	0,000
Sulfato de aluminio - Castaño	15,12	0,000
Etanol semilla seca - Etanol semilla fresca	7,08	0,000
Mimosa - Etanol semilla fresca	10,68	0,000
Quebracho - Etanol semilla fresca	10,00	0,000
Sulfato de aluminio - Etanol semilla fresca	16,90	0,000
Mimosa - Etanol semilla seca	3,61	0,012
Quebracho - Etanol semilla seca	2,92	0,100
Sulfato de aluminio - Etanol semilla seca	9,82	0,000
Quebracho – Mimosa	-0,68	1,000
Sulfato de aluminio - Mimosa	6,22	0,000
Sulfato de aluminio - Quebracho	6,90	0,000

## 17. Glosario de términos

Agua potable: es el agua que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daños en los bienes materiales. (SENA, 2012).

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 Vivienda, ciudad y Territorio, 2017).

Coagulante: sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas. (Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio, 2017).

Color: características del agua debido a la presencia de partículas coloidales y material suspendido. (Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio, 2017).

Diagrama de cajones y bigotes: el gráfico de caja (“box-plot” en inglés) es una forma de

presentación estadística destinada fundamentalmente a resaltar aspectos de la distribución de las observaciones en una o más series de datos cuantitativos. Este gráfico utiliza una sola escala: la correspondiente a la variable de los datos que se presentan. El tramo de la escala que va desde el primer cuartil (C1) al tercer cuartil (C3). Esto incluye el 50 % de las observaciones centrales. (Palladino, 2011)

pH: logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones de hidrógeno, en moles por litro. (Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio, 2017).

Sedimentación: proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad. (Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio, 2017).