



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

UTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN LA
MODIFICACIÓN DE COAGULANTE PARA PROCESO DE TRATAMIENTO
DE AGUA LLUVIA

SINDY LORENA ESTUPIÑAN BALAGUERA
EDWIN FABIÁN BERMÚDEZ CRUZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2019


UTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN LA
MODIFICACIÓN DE COAGULANTE PARA PROCESO DE TRATAMIENTO
DE AGUA LLUVIA

SINDY LORENA ESTUPIÑAN BALAGUERA CÓDIGO: 505428
EDWIN FABIÁN BERMÚDEZ CRUZ CÓDIGO: 505591

TESIS SOMETIDA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA OBTENCIÓN
DE TÍTULO DE
INGENIERO/A CIVIL

ASESOR
PHD. WILFREDO MARIMÓN BOLÍVAR

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2019

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---



La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)
 Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de: 

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:




Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO


FIRMA JURADO

BOGOTA D.C., 06 DE NOVIEMBRE DE 2019

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

DEDICATORIA


Este proyecto de practica social está dedicado a nuestras familias, que con su acompañamiento y apoyo lograron motivar cada paso dentro del proceso y convirtieron las dificultades en oportunidades de aprendizaje y crecimiento personal.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

AGRADECIMIENTOS


Dios es el ser supremo que domina y guía nuestro andar, solo gracias a sus enormes bendiciones y dones que nos ha brindado, hemos podido llevar a buen término este proyecto.

Al equipo asesor quienes, mediante su dirección y acompañamiento, hicieron que con este proceso creyéramos profesionalmente y adquiriéramos conocimientos muy importantes en la materia.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

CONTENIDO

1	GENERALIDADES	13
1.1	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	13
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo general	15
1.2.2	Objetivos específicos.....	15
1.3	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4	ALCANCES Y LIMITACIONES	19
2	MARCO DE REFERENCIA.....	21
2.1	MARCO TEORICO	21
2.2	ESTADO DEL ARTE	26
2.2.1	Moringa de Oleífera.....	26
3	METODOLOGÍA	29
3.1	Nanoparticulas magneticas.....	29
3.1.1	Síntesis	29
3.2	Preparación de extracto de moringa	31
3.2.1	Síntesis	31
3.3	Fusión de extracto de moringa con nanopartículas magnéticas	35
3.4	caracterización de nanopartículas.....	36
3.4.1	Prueba de jarras.....	37

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

3.5 ENSAYOS DE REUTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS.....	40
4 RESULTADOS.....	42
4.1 Resultados de la Caracterización de Nanopartículas y coagulante Moringa	42
4.2 datos de entrada	46
4.3 Resultados de turbiedad y color para las tres diferentes concentraciones de coagulante	47
4.3.1 Agua problema + Coagulante.....	47
4.3.2 Agua problema + Coagulante+ Nanopartículas magnéticas.....	48
4.4 datos de salida.....	50
4.5 reutilización de nanoparticulas.....	50
5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
5.1 Comparación de coagulante con y sin nanopartículas.....	52
5.1.1 Análisis para los resultados obtenidos en el proceso de prueba de jarras	56
5.2 comparación de coagulante inicial y reutilizado	57
5.2.1 Análisis de resultados para coagulante con nanopartículas reutilizadas	58
5.3 métodos de divulgación	59
6 CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Efecto de equipo magnético	19
Ilustración 2. Coagulación	23
Ilustración 3. Escala nanometrica	25
Ilustración 4. Estructura cristalina de la magnetita	26
Ilustración 5. Usos de la Moringa.	27
Ilustración 6. Sulfato ferroso disuelto	30
Ilustración 7. Óxido de hierro disuelto.	30
Ilustración 8. Síntesis de nanopartículas.....	31
Ilustración 9. Extracto de moringa.....	32
Ilustración 10. Cloruro de sodio NaCl.....	33
Ilustración 11. Vertimiento de moringa.....	33
Ilustración 12. Proceso de mezclado	34
Ilustración 13. Filtración de moringa.	34
Ilustración 14. Proceso de filtración.	35
Ilustración 15. Cantidad de nanopartículas a emplear.	36
Ilustración 16. Equipo de prueba de jarras con coagulante normal y modificado.	38
Ilustración 17. Evidencia de la prueba a los 5 monitos de haber terminado la mezcla en el equipo.	39


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 18. Agua problema con coagulante con nanopartículas ayudando la sedimentación por un medio magnético a los 20 minutos de estar sedimentando. 39

Ilustración 19. Peso de partículas reutilizadas. 40

Ilustración 20. Partículas en proceso de secado. 41

Ilustración 21. Imagen SEM de muestra Fe₃O₄ y moringa. 42


Ilustración 22. Diagrama EDS que revela la presencia de Hierro, carbono y oxígeno en la muestra. 43

Ilustración 23. Espectrograma másico EDS que muestra los porcentajes elementales del material. 44

Ilustración 24. XRD Moringa –MNPs. 44


Ilustración 25. Ms Vs Campo 45

Ilustración 26. FTIR Moringa. 45

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


LISTA DE GRAFICAS

Gráfico 1. Turbiedad a 35 ml.....	52
Gráfico 2. Turbiedad a 40 ml.....	53
Gráfico 3. Turbiedad a 45 ml.....	53
Gráfico 4. Color a 35 ml.	54
Gráfico 5. Color a 40 ml.	54
Gráfico 6. Color a 45 ml.	55
Gráfico 7. Turbiedad 35 ml Nanopartículas reutilizadas.	57
Gráfico 8. Color 35 ml Nanopartículas reutilizadas.	58

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos iniciales	46
Tabla 2. Resultados concentración de 35 ml.	47
Tabla 3. Resultados concentración de 40 ml.	47
Tabla 4. Resultados concentración de 45 ml.	48
Tabla 5. Resultados concentración de 35 ml.	48
Tabla 6. Resultados concentración de 40 ml.	49
Tabla 7. Resultados concentración de 45 ml.	49
Tabla 8. Resultados concentración de 35 ml.	50
Tabla 9. Resultados nanopartículas reutilizadas.	51
Tabla 10. Comparación de datos agua problema.	55

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

1 GENERALIDADES


1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Actualmente, la obtención de agua acta para el consumo humano es una preocupación mundial, ya que debido al crecimiento progresivo de la población sumado con la contaminación de las fuentes hídricas ha colocado más compleja la solución de cumplir la demanda presentada, involucrando de esta manera aspectos tanto económicos, científicos, ingenieriles, ambientales y sociales, en búsqueda de soluciones factibles para resolver esta problemática.

En la competencia ingenieril y aplicada en el proceso de potabilización del agua, la separación de sólidos suspendidos, y la eliminación de productos químicos peligrosos y de materia orgánica del agua son pasos cruciales en el tratamiento del agua. La eliminación de la turbidez, color y la materia orgánica se logra comúnmente por el proceso de coagulación y floculación, mediante el uso de coagulantes inorgánicos como sales a base de aluminio, pero los mismos promueve problemas ambientales, generando implicaciones para la salud humana.¹

Como muestra de lo anterior, el uso de aluminio es denominado como un potente neurotoxicante, el cual puede estar directamente relacionado con el Alzheimer de acuerdo a los estudios de dicha enfermedad y la evolución de la misma; en este

¹Marimón-bolívar, W., & González, E. E. (2018). Study of agglomeration and magnetic sedimentation of Glutathione @ Fe₃O₄ nanoparticles in water medium • Estudio de aglomeración y sedimentación magnética de nanopartículas de Glutatió @ Fe₃O₄ en medio acuoso. *DYNA*, 85(205), 19–26. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68245>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


caso al ingerir agua con presencia de esta sustancia, se expone al consumidor de elevar la posibilidad de estimular este tipo de enfermedad ya que el Aluminio no es absorbido totalmente por el tracto gastrointestinal.²

Estos procesos de Coagulación – Floculación – Sedimentación generan en sus procesos grandes cantidades de residuos (Lodos). Normalmente, el manejo que se le ha dado a los lodos efluentes de PTAP basados en coagulación química incluye el almacenamiento en lagunas por períodos de tiempo indefinidos, incineración, espesamiento y deshidratación; en estas últimas se obtienen reducciones de humedad entre 30-40 % para llevarlos a disposición final. No obstante, debido a que sus propiedades mecánicas incrementan proporcionalmente con las dosis de coagulante utilizado, estas operaciones pueden resultar complejas y, en la mayoría de los casos, su disposición en fuentes de agua superficial resulta ser la alternativa de manejo preferida debido a lo simple de esta operación en las plantas, a la carencia de terrenos cercanos para su disposición y a los altos costos de las tecnologías convencionales para su tratamiento, con lo cual se generan problemas para el ambiente y la salud humana.³

Además de esto, en los procesos los procesos de tratamiento de aguas normalmente utilizados no están dado abasto para la remoción eficiente de nuevos contaminantes y el aumento en las cargas orgánicas liberadas a los cuerpos de

²Gómez García, M. *Diccionario de uso del medio ambiente Eunsa*. Universidad de Navarra, S.A., 2009.

³Gutiérrez-Rosero, J. A., Ramírez-Fajardo, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 13–27. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a02.pdf>

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

aguas lo que ha llevado a disminución en la eficiencia de los procesos como son los tiempos de sedimentación.

En este sentido, se plantea la pregunta de ¿Es posible mejorar los procesos de Coagulación/Floculación/Sedimentación a través de la incorporación de nano-materiales magnéticos en los procesos de tratamiento de aguas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general


Evaluar la efectividad de la utilización de nano partículas magnéticas verdes en la modificación de un coagulante para el proceso del tren de coagulación, floculación y sedimentación para tratamiento de aguas lluvias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Sintetizar y caracterizar las propiedades del complejo coagulante con las nano partículas a emplear.
- Estudiar la efectividad del coagulante con las nano partículas obtenidas en los procesos de floculación/sedimentación.
- Evaluar la viabilidad de implementación del coagulante con nano partículas magnéticas con respecto al coagulante sin fusionar.
- Comprobar la reutilización de las nano partículas magnéticas.

1.3 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La nanotecnología ha contribuido en gran medida al desarrollo de nuevas técnicas para resolver diversos problemas de salud y medioambientales. Recientemente,

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado</p>
---	---	--

varios investigadores han estudiado la aplicación de nano partículas en la eliminación de metales pesados y materiales peligrosos del agua.⁴

Para mejorar la eficacia del tratamiento de la floculación y sedimentación, se han dedicado esfuerzos a mejorar la formación de flóculos, reducir el tiempo de retención hidráulica, así como disminuir las consecuencias secundarias generadas por los procesos realizados. En este contexto, se han evaluado la utilización de nanopartículas ferromagnéticas, para eliminar materias no magnéticas o débilmente magnéticas del agua.⁵ La aplicación de la coagulación magnética se ha extendido al tratamiento del agua potable, del agua superficial y aguas residuales industriales, especialmente en la eliminación de turbidez, iones de metales pesados, tintes, etc.⁶


Así mismo, la utilización de coagulantes magnéticos tiene grandes ventajas para mejorar el procedimiento del tratamiento del agua, obteniendo una efectividad del 99% en las fuentes que poseen células de algas.⁷

⁴ Ambiental, R. d. (2018). Obtencion de agua potable utilizando un coagulante magnetico compuesto por nanoparticulas de magnetita funcionalizadas con extracto de semilla de Moringa Oleifera. *ELSEVIER*, 4084-4092

⁵ Zhao, Y., Liang, W., Liu, L., Li, F., Fan, Q., & Sun, X. (2015). Harvesting *Chlorella vulgaris* by magnetic flocculation using Fe₃O₄ coating with polyaluminium chloride and polyacrylamide. *Bioresource Technology*, 198, 789–796. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.087>

⁶ Chang, C. F., Lin, P. H., & Höll, W. (2006). Aluminum-type superparamagnetic adsorbents: Synthesis and application on fluoride removal. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 280(1–3), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2006.02.011>.

⁷ Liu, D., Wang, P., Wei, G., Dong, W., & Hui, F. (2013). Removal of algal blooms from freshwater by the coagulation-magnetic separation method. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 60–65. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1052-4>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


Adicionalmente y tal como es sustentado por el autor ⁸; las siembras de partículas ferromagnéticas en coagulantes podrían reducir los contaminantes orgánicos de bajo y mediano peso molecular, así como los biopolímeros con alto peso molecular en comparación con la coagulación no magnética; agilizando y optimizando la membrana en el proceso de filtración.

La implementación de nanopartículas con el paso del tiempo ha logrado impactar y generar su misma evolución haciendo más efectivos los procesos cotidianamente ejecutados; caso inicial el estudio realizado por Yaacob I. y Chin A., Los cuales establecieron la síntesis de nanopartículas magnéticas de óxidos de hierro empleando el método de micro emulsión, adicional al procedimiento de Massart's para realizar una posterior comparación en las características de las nanopartículas obtenidas en cada método. En la síntesis mediante micro emulsión, la magnetización de las nanopartículas fue superior, mientras que el tamaño fue menor.⁹

Con el fin de obtener nanopartículas magnéticas empleando diferentes precursores se realizaron estudios usando descomposición térmica donde los resultados obtenidos al haber trabajado con diferentes temperaturas fueron de nanopartículas con diferentes características magnéticas, pero algunas con características similares al trabajo mencionado anteriormente. De ahí la importancia de identificar

⁸Liu, D., Wang, P., Wei, G., Dong, W., & Hui, F. (2013). Removal of algal blooms fom freshwater by the coagulation-magnetic separation method. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 60–65. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1052-4>.

⁹Nanotechnology, N. (2007). Nanotechnology and the challenge of clean water. *Nature Publishing Group*, 663-664.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


los parámetros importantes que influyen en el proceso de obtención de la nanopartículas.¹⁰

Existen métodos que han sido reportados para sintetizar nanopartículas, pero es el de coprecipitación el más simple y más barato. Sin embargo, este método no produce partículas uniformes a escala nanométrica sin separación adicional, lo cual no es apto bajo los parámetros establecidos para nanotecnología.

Como otro factor de relevancia para el tratamiento de aguas se basa en los tipos de sustancias que se emplean durante el proceso de coagulación, ya que los utilizados comúnmente generan durante la ingesta de agua en las personas el desarrollo de enfermedades como el Alzheimer, para lo cual la investigación y pruebas de laboratorio en búsqueda de coagulantes para emplear en el proceso de una planta de aguas ya se ha realizado, como es el caso del estudio efectuado por la universidad del cauca en el cual se efectuaba la utilización de la moringa en el tratamiento de aguas residuales en el cauca.

En este caso Se evaluó el efecto del polvo de semilla de moringa como coagulante y floculan- te natural en el tratamiento de aguas residuales, donde se utilizaron aguas resultantes del proceso de beneficio de café con turbidez mayor a 2000 Unidades Nefelo- métricas de turbidez (UNT) y aguas provenientes del pelado químico de vegeta- les con 91,5 UNT; obteniendo en sus resultado que el polvo de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) es efectivo como floculante y coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales provenientes del pro- ceso de beneficio de café y del proceso de pelado químico de vegetales.

¹⁰Raichur, A. (06 de Mayo de 2009). *SciDevNet*. Obtenido de SciDevNet: <https://www.scidev.net/america-latina/salud/opinion/tratamiento-nano-del-agua-exige-ingenier-a-innovad.html>

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Así mismo, El polvo de semilla de moringa (Moringa oleífera) fue eficaz en el tratamiento de aguas residuales del beneficio del café, mejorando parámetros físicos, químicos y microbiológicos en un 80,9%.

Ilustración 1. Efecto de equipo magnético




Fuente. (Sánchez-Ramírez, y otros, s.f.)

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance del presente proyecto, consiste en la elaboración, verificación y análisis de la aplicación de nanopartículas magnéticas sintetizadas bajo la metodología elaborada por Marimón-Bolívar & González, con la finalidad de lograr la optimización del proceso de sedimentación de un agua problema, mediante el vertimiento de un coagulante modificado con las nanopartículas en el proceso de coagulación- y floculación.


Como limitaciones durante el proceso del proyecto, se tuvieron los siguientes:

- **Tiempo de elaboración:** el tiempo de aplicación del proyecto fue medido, toda vez que se dependía de la disponibilidad del laboratorio para realizar los ensayos y estudios correspondientes de acuerdo a los resultados

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

arrojados durante el proceso de elaboración e inquietudes generadas durante las pruebas de laboratorio efectuadas.

- **Prueba y error:** debido a que el proyecto obedece a la rama investigativa, se presentaron ensayos de prueba y error, con el fin de comprobar y cumplir el alcance del presente trabajo de grado.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

2 MARCO DE REFERENCIA


2.1 MARCO TEORICO

La novedad principal desarrollada en el presente proyecto es la utilización de nana tecnología que a diferencia de otras tecnologías esta permite abarca amplias áreas de estudio, las cuales presentan en su mayoría gran novedad por los temas que se pueden tanto estudiar cómo trabajar a una escala ultra pequeña; esto basado en que un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro.¹¹

La principal ventaja que genera el trabajar con escala nanométrica, hace referencia a manipular partes diminutas que compone la materia y así operar a esa esta escala el ensamblaje de átomos y moléculas según especificaciones exactas, que en situaciones o escalas normales no se podrían realizar; tal como la creación de nuevos materiales o la modificación de los existentes que puede ser empleados en procesos innovadores y en pro a la tecnología actualmente empleada.

Como ejemplo de lo anteriormente nombrado, se puede identificar la aplicación de la nanotecnología en los procesos de filtración en los tratamientos de agua ya que se lograría la creación y/o implementación de materiales que generen sellos

¹¹Engineering, T. R. (Julio de 2004). *Nanotechnology and Nanoscience*. Obtenido de Nanotechnology and Nanoscience: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


ajustables e importantes para generar la filtración de metales pesados y toxinas biológicas.¹²

Los materiales trabajados a escala nanométrica suelen tener propiedades ópticas o eléctricas distintas a los mismos materiales manipulados a escala micro o macro. Por ejemplo, el nano óxido de titanio es un catalizador más eficaz que el óxido de titanio fabricado a escala micro, y puede ser utilizado en el tratamiento de aguas para degradar contaminantes orgánicos. Sin embargo, en otros casos, el reducido tamaño de las nanopartículas hace que el material sea más tóxico de lo normal.¹³

Así mismo, en el tratamiento de agua que es determinado como el proceso de requerido para la potabilización de agua, comprende diversas fases fundamentales como la pre cloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección, que es utilizada de acuerdo a la fuente del agua a tratar y la caracterización que se obtenga de la misma. El comportamiento del agua ante cada una de estas fases o ante el conjunto de todas ellas difiere o si el tratamiento se dirige a la producción y acondicionamiento del agua para usos industriales específicos, o bien el tratamiento se aplica sobre aguas residuales urbanas,

¹²Grimshaw, D. (06 de Mayo de 2009). *SciDevNet*. Obtenido de SciDevNet: <https://www.scidev.net/america-latina/agua/especial/nanotecnolog-a-para-obtener-agua-limpia-hechos-y-c.html>.

¹³Engineering, T. R. (Julio de 2004). *Nanotechnology and Nanoscience*. Obtenido de Nanotechnology and Nanoscience: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

industriales o procesos que, aunque en algunas fases son bastante análogos, no se pueden considerar totalmente iguales.¹⁴


Sumando al proceso de tratamiento de agua y como componente del mismo, se encuentra la coagulación de las partículas, en el cual permiten que los componentes de una suspensión o disolución estable sean desestabilizados por fuerzas superiores, seguido de este proceso y una vez generada la desestabilización mencionada se procede a la unificación de partículas estables mediante mezclado lento tal y como se puede evidenciar gráficamente en la primera sección de la **Ilustración 2** a continuación:

Ilustración 2. Coagulación



Fuente. (Quirós, 2010)

¹⁴Quirós, F. R. (2010). *El agua potable*. Obtenido de El agua potable: <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Para completar el tren empleado en el proyecto, el proceso de sedimentación es determinante para identificar la efectividad de la utilización de las nanopartículas magnéticas ya que depende de la velocidad en la cual se evidencia la disminución de turbiedad, concluirá la problemática que generó la iniciación de esta investigación.

Siendo así en este proceso de manera específica, en este proceso físico del tratamiento de aguas, se evidencia el asentamiento de los sólidos suspendidos en agua bajo influencia de la gravedad.¹⁵

Con relación a la definición de nanopartículas magnéticas se determina como una partícula microscópica con por lo menos una dimensión menor que 100 nm lo que hace que presenten propiedades físicas y químicas muy distintas a las del material masivo, tal y como se evidencia en la **Ilustración 3**.

¹⁵ARQHYS.COM, e. d. (12 de 2012). *revista ARQHYS*. Obtenido de revista ARQHYS: <https://www.arqhys.com/articulos/sedimentacion.html>.


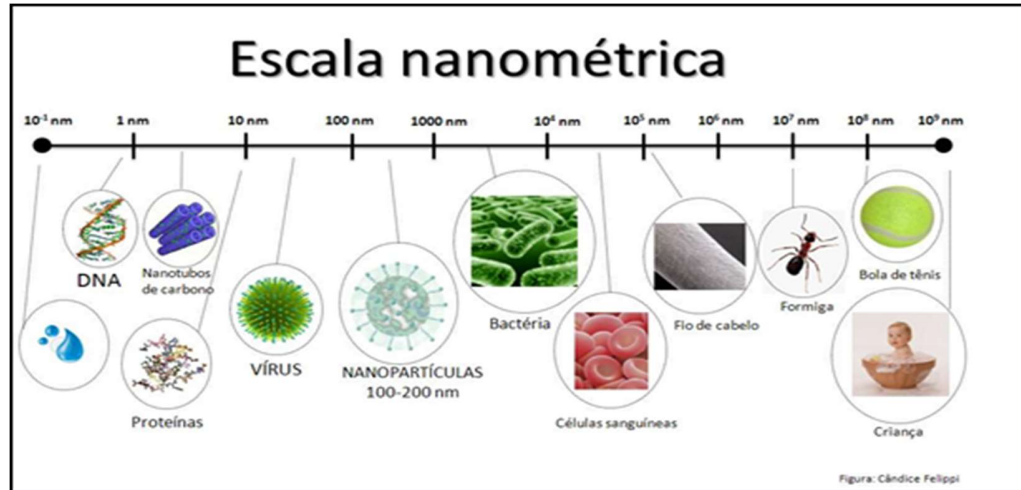
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Ilustración 3. Escala nanometrica



Fuente. (Quirós, 2010)

En el caso de las partículas magnéticas la reducción de volumen conlleva un cambio de comportamiento magnético del material ya que pasa de ser ferro o ferromagnético a súper paramagnético donde, por efecto de la energía térmica, el momento magnético de cada partícula fluctúa de dirección siendo el momento magnético neto igual a cero; siendo así el método de preparación de las nanopartículas determinará la forma, la distribución de tamaños, grado de cristalinidad y la química superficial, todo lo cual determina las propiedades magnéticas del material.


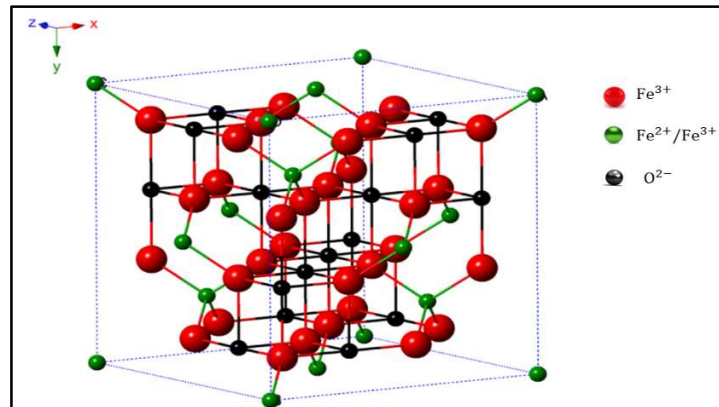
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Ilustración 4. Estructura cristalina de la magnetita




Fuente. (Jeff Cruzan 2012)

Las partículas mencionadas comúnmente constan de elementos magnéticos como hierro, níquel y cobalto y demás compuestos químicos; así mismo y como fue indicado en el desarrollo del marco, las nanopartículas magnéticas han sido el foco de muchas investigaciones recientes debido a las propiedades atractivas que podrían ver su posible uso en catálisis incluyendo catalizadores basados en nano materiales y evolución en varios campos ya sean ambientales, medicinales, ingenieriles en pro del beneficio y calidad de vida.

2.2 ESTADO DEL ARTE

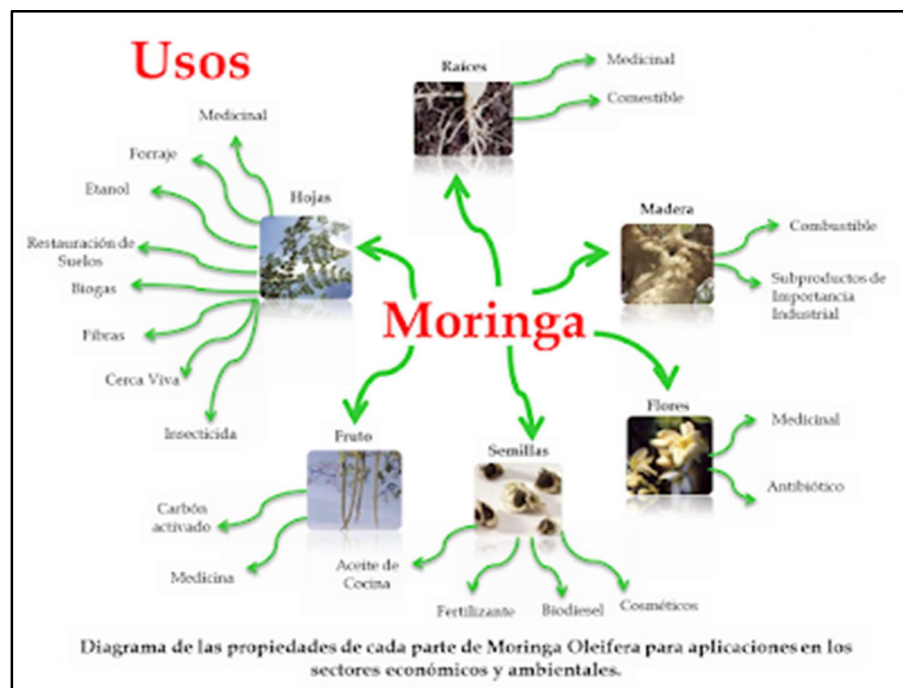
2.2.1 Moringa de Oleífera

Es la especie más conocida del género Moringa. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

diseminado en una gran parte del planeta y en América Central; se conoce con diversos nombres comunes: palo jeringa, acacia y jazmín francés, entre otros.¹⁶

Ilustración 5. Usos de la Moringa.




Fuente. (Usos del árbol de moringa, 2015)

Se ha encontrado que el componente activo de la semilla de *M. oleifera* que causa la coagulación del agua cruda turbia es una proteína soluble que actúa en el proceso como un poli electrolito catiónico natural.¹⁷ La capacidad de coagulación

¹⁶A. Pérez, Tania Sánchez, Nayda Armengol y F. Reyes. «Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. una alternativa para la alimentación animal.» *SciELO*, 2010: 4084-4092.

¹⁷Barth, H.; Habs, M.; Klute, R.; Muller, S.; Tauscher, B. (1982). Trinkwasseraufbereitung mit samen von *Moringa oleifera* lam. *Chemiker-Zeitung (Drinking Water Treatment with Moringa oleifera Seeds)*. *Chemists Newspaper*, 106, 75-78

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


de las proteínas se ve incrementada cuando se emplean sales inorgánicas en su extracto.¹⁸

En 2009 fue realizado un estudio con coagulante a base de moringa para los ríos Kadahokwa y Rwamamba ubicados en Ruanda, en los cuales se reportó reducciones del 95 %, 99 %, y 99,8 % para turbiedades de 50, 250 y 450 NTU, respectivamente. También se encontraron reducciones de color por encima del 90 % para las muestras tomadas.¹⁹ Resultados similares fueron hallados para agua cruda de un arroyo turbio, en Malasia, en una planta a escala piloto, utilizando la M. Oleífera como coagulante, y se lograron reducciones de turbiedades entre 21 y 202 UNT a valores entre 1,9 y 4,3 UNT.

Lo cual nos lleva a decir que este tipo de coagulante con la combinación de las sales correctas es de gran eficiencia, en Colombia se han realizado varios estudios para este tipo de coagulante, sin embargo, el resultado final del producto no siempre es el mismo ya que la solución que sirve de acompañamiento no pueda ser la necesaria o las cantidades sugeridas.

¹⁸A. Pérez, Tania Sánchez, Nayda Armengol y F. Reyes. «Características y potencialidades de Moringa oleífera, Lamark. una alternativa para la alimentación animal.» *SciELO*, 2010: 4084-4092.

¹⁹ Jhon Jairo Feria Díaz, Sixto Bermúdez Roa, Ana María Estrada Tordecilla. *Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú**. 2013. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100001

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

3 METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo en la presente investigación, se dividió en los siguientes pasos:

3.1 NANOPARTICULAS MAGNETICAS

3.1.1 Síntesis

La obtención de las nanopartículas magnéticas se realizó en los laboratorios de plantas de tratamiento en la universidad Católica de Colombia, siguiendo la metodología descrita por²⁰, el cual es un método de co-precipitación modificado:

En 50 ml de agua se disolvió 3,6 g de Óxido de hierro (FeCl₃), a temperatura ambiente, utilizando agitación mecánica en un vaso de precipitados de 250 ml. El mismo proceso fue realizado para 1,3 g de sulfato ferroso (Fe₂); tal como se puede evidenciar en la **Ilustración 6** y la **Ilustración 7**.

²⁰Marimón-Bolívar, W., & González, E. E. (2018). Green synthesis with enhanced magnetization and life cycle assessment of Fe₃O₄nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 9, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.12.003>.


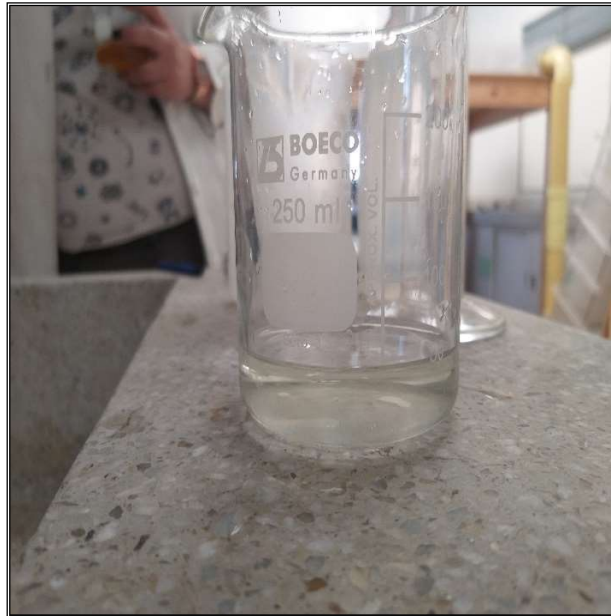
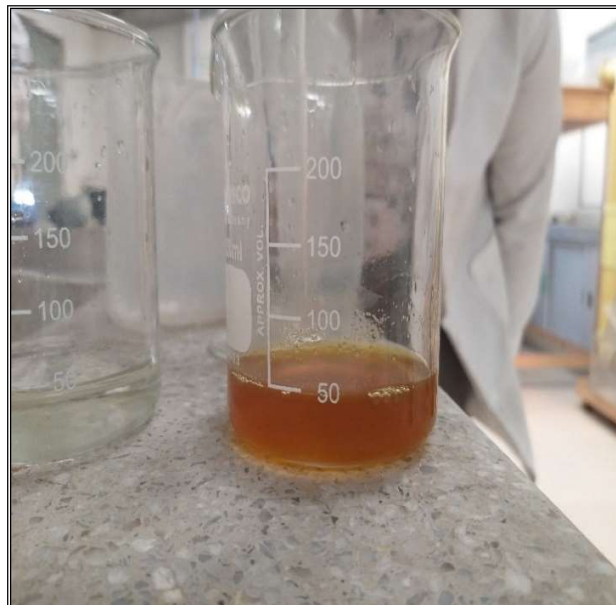
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 6. Sulfato ferroso disuelto




Fuente. Autor.

Ilustración 7. Óxido de hierro disuelto.



Fuente. Autor.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Seguido de esto se procede a mezclar los dos compuestos y llevarlos a una temperatura de $80 \pm 5^\circ\text{C}$ mediante una placa calefactora, adicionando a la mezcla 1,2g de hidróxido de sodio (NaOH).

Ilustración 8. Síntesis de nanopartículas.




Fuente. Autor.

Este proceso se realizó por una hora, en donde a estas condiciones se favorecen los procesos de nucleación, crecimiento y funcionalización, estas condiciones de reacción ya fueron analizadas en estudios previos, donde se verifica que son las apropiadas para la obtención de propiedades magnéticas. Al final la mayor cantidad de nanopartículas fueron separadas por un medio magnético, el cual fue realizado por un imán de neodimio de 25mm de diámetro; posteriormente estas partículas son lavadas varias veces con agua destilada, para poder llevarlas al horno durante 12 horas a 60°C y así poder evaporar el agua que estas contenían.

3.2 PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE MORINGA

3.2.1 Síntesis

Para el proceso del extracto de la moringa se adquirieron las semillas en Bogotá en un almacén denominado semillas del bosque; la cantidad de estas que se utilizó

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

según la metodología descrita en el artículo de Ingeniera publicado en el mes de agosto de 2018 por la Editorial ElSavier, expuesta en el anteproyecto presentado.

Siendo así se procedió a macerar 10 gr de semilla se moringa, en una solución de 1 litro de agua y 5,84 gr de cloruro de sodio (NaCl), la misma es agitada efusivamente, generando un extracto lo más homogéneo posible; seguido de un proceso de filtración mediante papel de filtro cualitativo para remover las partículas sólidas.

- Pesaje del material

Ilustración 9. Extracto de moringa.



Fuente. Autor.


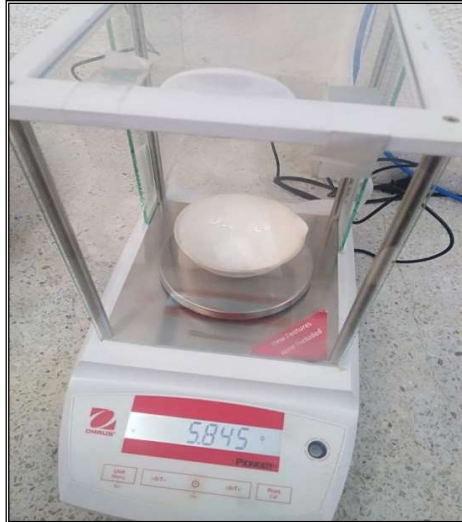
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 10. Cloruro de sodio NaCl



Fuente. Autor.

- Mezcla de moringa con solución salina

Ilustración 11. Vertimiento de moringa.



Fuente. Autor.


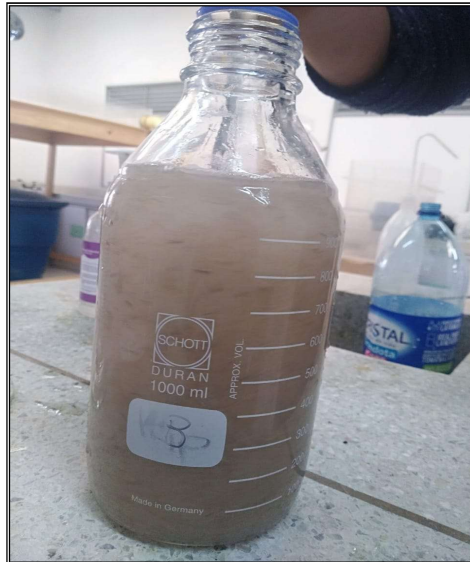
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 12. Proceso de mezclado



Fuente. Autor.

- Filtración

Ilustración 13. Filtración de moringa.



Fuente. Autor.


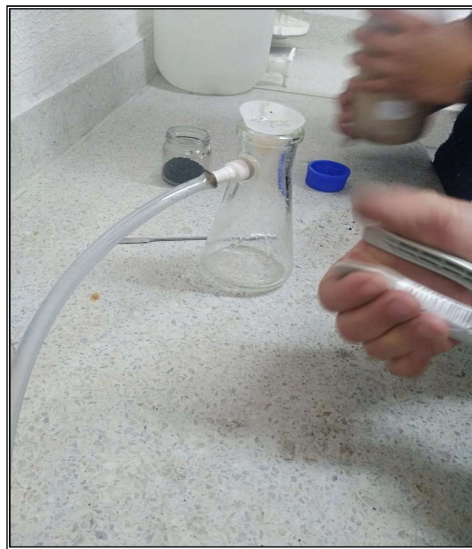
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 14. Proceso de filtración.



Fuente. Autor.

3.3 FUSIÓN DE EXTRACTO DE MORINGA CON NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Para este proceso de mezcla se agregaron 10 ml del compuesto acuoso de nanopartículas a 400 ml de extracto de moringa, agitando a una cadencia suave durante 3 minutos, para así obtener el coagulante el compuesto MOFe_3O_4


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 15. Cantidad de nanopartículas a emplear.




Fuente. Autor.

3.4 CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS

Para la caracterización de la nanopartículas se estudiaron mediante medidas de magnetómetro de muestra vibratoria (VSM Lakeshore, Modelo 665) a una temperatura de 300 K y con mediciones de magnetización en función del campo aplicado en un rango entre -30 kOe a 30 kOe, la cual fue realizada en los laboratorios de materiales magnéticos de la universidad UPTC de Tunja.

Con relación a los grupos funcionales expuestos en la superficie del material, responsables de la remoción de contaminantes, se determinaron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier en un equipo SHIMADZU IR Prestige21 FTIR Spectrometer, donde la muestra se diluyó en KBr, haciendo 150 barridos leídos por un detector de nitrógeno líquido en el método de transmitancia.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


El tamaño físico de las partículas se midió a través de microscopia electrónica de barrido SEM en un CARL ZEISS MODELO EVO-HD-MA-15, llevada a cabo en los laboratorio de la universidad Javeriana en Bogotá; por otra parte la caracterización cristalográfica se realizó a través de un análisis de difracción de rayos x en un PROYECTO X`PERT PRO MPD PANalytical, donde el material obtenido fue sometido a bombardeo con rayos x emitidos de un ánodo de Cu con longitud de onda 1.54 Å en un rango de 10° - 90° con tamaño de paso de 0.026 y un tiempo de paso de 20 s, realizado en los laboratorio de la universidad Nacional en Bogotá.

Finalmente, el potencial electro cinético superficial de las partículas y el tamaño hidrodinámico se determinó por mediciones de potencial Zeta en un Nano Zvernizador Malvern (ZS90), mediante un promedio de 5 mediciones las cuales fueron realizada en medio acoso y bajo un potencial a diferentes valores de pH.

3.4.1 Prueba de jarras

La prueba de jarras realizada en esta investigación pretende simular el proceso de clarificación del agua que se lleva en una planta de tratamiento, evaluando los dos coagulantes, (Moringa y Moringa + Nanopartículas Magnéticas), con el fin de determinar que coagulante genera menor turbiedad al momento de la sedimentación de las partículas en el transcurso del tiempo.

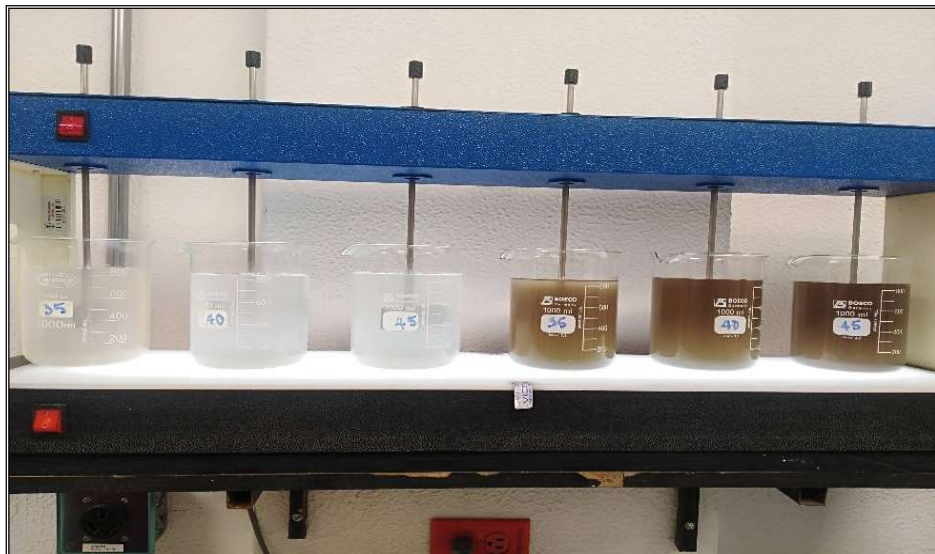
Para realizar este procedimiento se utilizaron seis beacker, agregándole a cada uno una cantidad de 800 ml de agua problema, se realizan dos ensayos en el cual a los tres primeros se les agrego el coagulante sin nanopartículas, y a los otros tres el coagulante con nanopartículas como se puede ver en la Ilustración 12. Para observar y evaluar adecuadamente el comportamiento de cada coagulante se proporcionó este en tres cantidades iguales para cada ensayo las cuales fueron de 35 ml, 40ml y 45 ml.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Este proceso se lleva a cabo en el equipo de prueba de jarras el cual es programado inicialmente a 100 revoluciones por minuto durante un minuto, luego a 20 revoluciones por minuto durante 20 minutos. Las jarras que tenían el coagulante con nanopartículas fueron apoyadas cada una sobre un imán de neodimio el cual lo que generó la atracción con mayor rapidez las partículas metálicas con los flóculos formados.

Posterior a lo anterior y pasado un periodo de reposo de 2 minutos a las dos muestras se les realiza prueba de turbiedad en el turbidímetro, cada 5 minutos hasta completar 20 minutos en total y así obtener los datos correspondientes para la elaboración de la curva de turbiedad Vs el tiempo.

Ilustración 16. Equipo de prueba de jarras con coagulante normal y modificado.



Fuente. Autor.


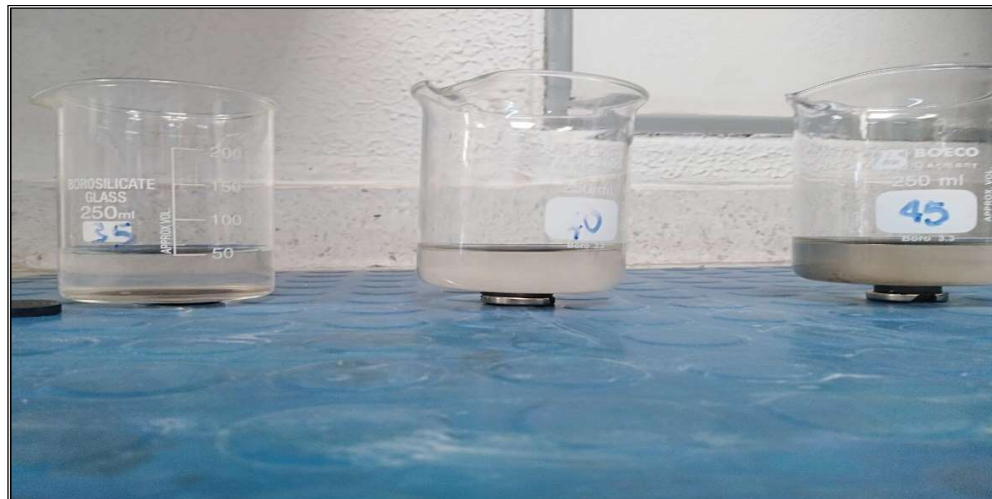
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 17. Evidencia de la prueba a los 5 minutos de haber terminado la mezcla en el equipo.




Fuente. Autor.

Ilustración 18. Agua problema con coagulante con nanopartículas ayudando la sedimentación por un medio magnético a los 20 minutos de estar sedimentando.



Fuente. Autor.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

3.5 ENSAYOS DE REUTILIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

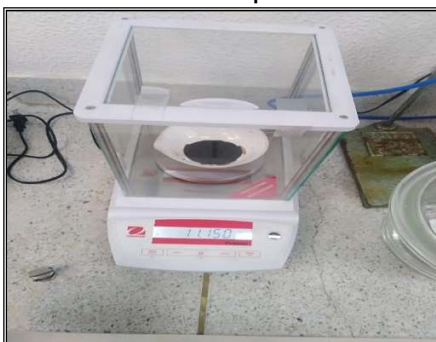
En el proceso de reutilización se tomaron aquellas partículas cuya cantidad de coagulante fue más eficiente con respecto a los resultados obtenidos en las turbiedades generadas de la prueba de jarras inicial, las cuales obedecieron a la muestra con concentración de 35 ml.

Siendo así, se inició lavado riguroso de las partículas con la finalidad de retirar las partículas no magnéticas y así evitar reproceso o aumento de partículas en la nueva prueba de jarras a realizar, posterior a esto las partículas que quedaron fueron pesadas y llevadas al horno por 12 horas a una temperatura de 50 °c, como se evidencia en la **Ilustración 15**

Después de realizar el secado, se pesaron las partículas secas para tener en cuenta que cantidad faltante de coagulante y así equilibrar la proporción de concentración de nanopartículas para iniciar nuevamente el procedimiento 4.1, Cabe aclarar que se realizó la prueba de jarras en una concentración de 35 ml, toda vez que fue la concentración que obtuvo mejor comportamiento en la turbiedad.

En el capítulo 5, se observará la comparación de muestras entre las nanopartículas usadas inicialmente y las reutilizadas.

Ilustración 19. Peso de partículas reutilizadas.



Fuente. Autor.



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Ilustración 20. Partículas en proceso de secado.



Fuente. Autor.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

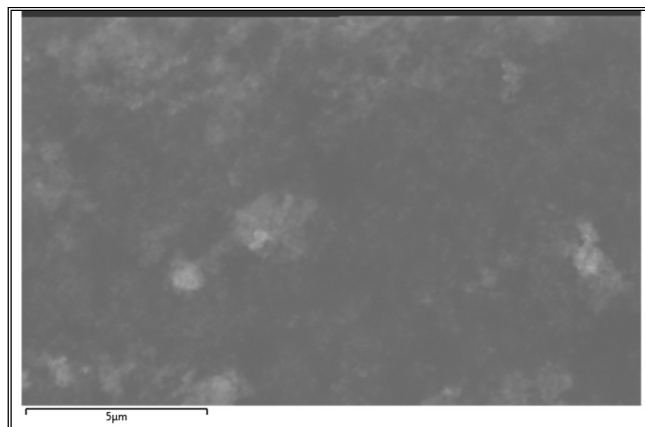
4 RESULTADOS

Una vez ejecutada la metodología y procedimiento indicados en el capítulo III del trabajo en mención, para llevar acabo la evaluación y comprobación de las nanopartículas magnéticas, en el proceso de coagulación- Floculación y Sedimentación, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS Y COAGULANTE MORINGA


Se realiza un análisis morfológico como se menciona en el capítulo III, usando un microscopio electrónico de barrido el cual funciona por un haz de electrones y recibe el nombre de SEM, este ensayo se realizó para detectar la cantidad de elementos que pueda tener.

Ilustración 21. Imagen SEM de muestra Fe_3O_4 y moringa.



Fuente. Autor.

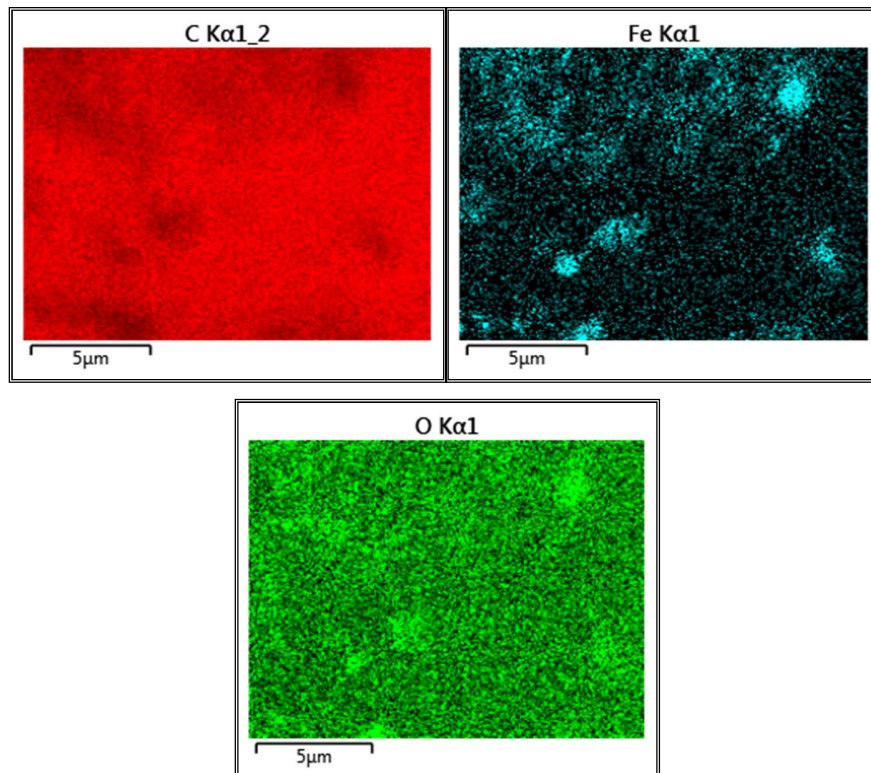
En una escala micrométrica se entregan los resultados de las características, en las cuales se puede evidenciar las cantidades de elementos que abundan en la muestra como lo es el oxígeno en este caso, seguido de el hierro y el sodio, claramente porque son los compuestos bases, sin embargo, se puede observar en

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

la figura 10 los otros elementos que contiene en una mínima cantidad. El tamaño medio de las partículas obtenidas es de ~60nm.

Así mismo, la detección electrones difractados (EDS) fue realizada para establecer el porcentaje elemental de la muestra dando como resultado verificar el porcentaje de impregnación de magnetita con la moringa.

Ilustración 22. Diagrama EDS que revela la presencia de Hierro, carbono y oxígeno en la muestra.



Fuente. Autor.


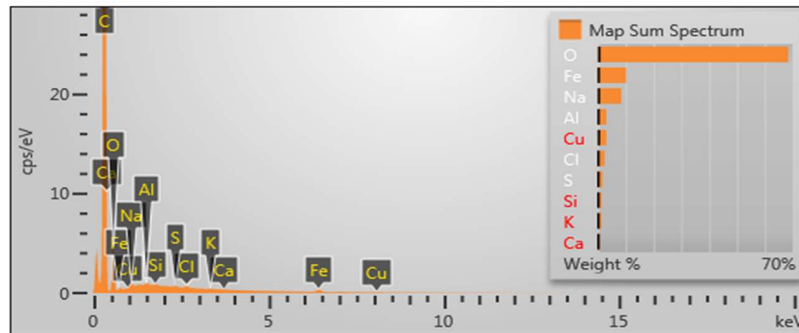
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

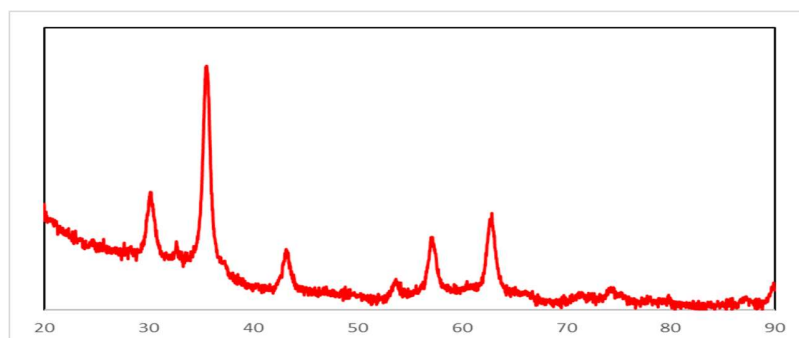
Ilustración 23. Espectrograma másico EDS que muestra los porcentajes elementales del material.



Fuente. Autor.

De igual La caracterización cristalográfica se realizó mediante el ensayo XRD (Difracción de rayos X) con el fin de verificar que las nanopartículas que estaban impregnadas en el carbón activado correspondían a las magnéticas. En la ilustración 20 se puede demostrar mediante el difracto grama que las nanopartículas hacen referencia a las magnéticas debido a que corresponden a la estandarizada para el compuesto Fe_3O_4 , es decir, a las nanopartículas magnéticas. Esto dado que los picos característicos (311) y (422) emitidos a los ángulos de 30 y 35 son característicos de este material.

Ilustración 24. XRD Moringa –MNPs.



Fuente. Autor.


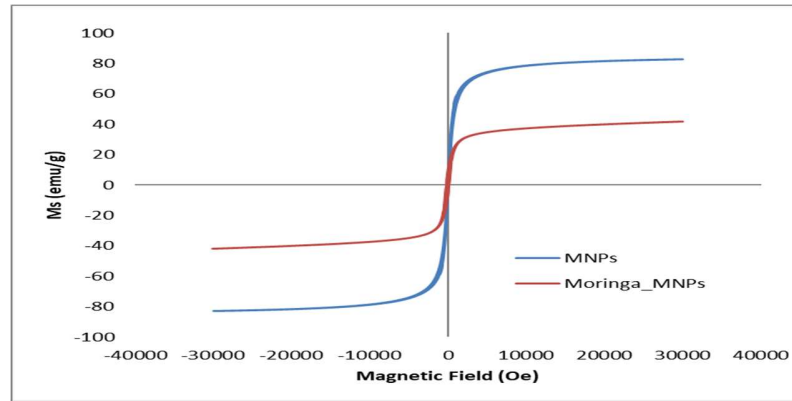
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

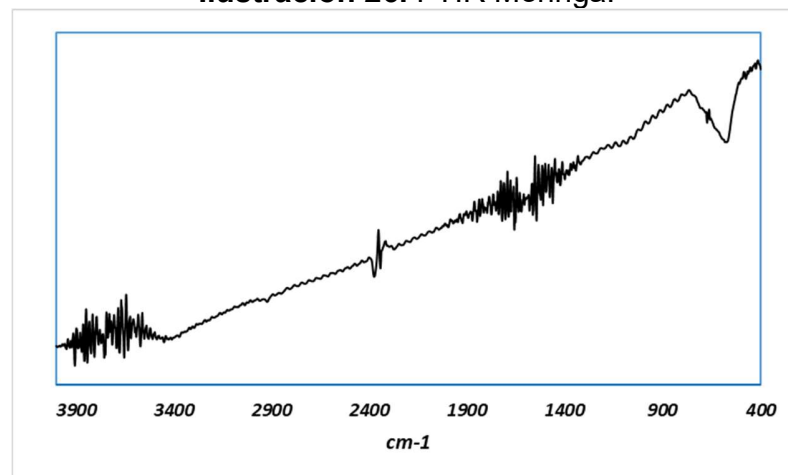
Ilustración 25. Ms Vs Campo



Fuente. Autor.


De igual forma se evaluaron las propiedades magnéticas del material donde las partículas de magnética sintetizadas tuvieron una magnetización de saturación (Ms) de 84.5 emu/g valore muy cercano al teórico (90 emu/g). Pero al funcionalizar con la Moringa esta magnetización se vio reducida has los 40 emu/g debido a la gran capa orgánica no magnética que aporta este coagulante natural.

Ilustración 26. FTIR Moringa.



Fuente. Autor.

Por último, la determinación de los grupos funcionales expuestos en la superficie del material se realizó mediante un análisis FTIR. En esta figura se puede observar

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

que los grupos funcionales actuantes de acuerdo a la longitud de onda son hierro (Fe), carboxilos (-COOH), Carbón (C) e hidroxilos (OH). Los picos son ~500, ~1000, ~1400 y ~3000 respectivamente.

4.2 DATOS DE ENTRADA


Caracterización del agua problema (Agua lluvia)

En la **Tabla 1**, se relacionan las características iniciales que posee el agua muestra (lluvia), previa al inicio del ensayo de test de jarras.

Tabla 1. Datos iniciales

Parámetro	Resultado
Conductividad	7,85 $\mu\text{s/cm}$
pH	6,05
Resistividad	12,98 $\text{K}\Omega.\text{cm}$
Solidos Suspendidos	41,9 mg/L
Salinidad	0
Temperatura	16,8 $^{\circ}\text{C}$
Turbiedad	5,56 NTU
Color	26 Und

Fuente. Autor

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

4.3 RESULTADOS DE TURBIEDAD Y COLOR PARA LAS TRES DIFERENTES CONCENTRACIONES DE COAGULANTE

Realizado el ensayo de test de jarras, en la **Tabla 2**, **Tabla 3**,

Tabla 4, **Tabla 5**, **Tabla 6**, **Fuente:** Autor

Tabla 7, se evidencian los resultados obtenidos en los parámetros de turbiedad y color:

4.3.1 Agua problema + Coagulante.


Tabla 2. Resultados concentración de 35 ml.

CONCENTRACIÓN DE 35 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	6,91	34
5	3,21	22
10	1,85	-18
15	1,69	-26
20	1,53	-28

Fuente. Autor

Tabla 3. Resultados concentración de 40 ml.

CONCENTRACIÓN DE 40 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	8,99	71
5	3,3	9
10	1,96	-24

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

CONCENTRACIÓN DE 40 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
15	1,63	-26
20	1,24	-27

Fuente. Autor

Tabla 4. Resultados concentración de 45 ml.


CONCENTRACIÓN DE 45 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	17,3	164
5	6,86	30
10	3,5	7
15	2,75	4
20	2,48	-14

Fuente. Autor

4.3.2 Agua problema + Coagulante+ Nanopartículas magnéticas.

Tabla 5. Resultados concentración de 35 ml.

CONCENTRACIÓN DE 35 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	62,3	758
5	29,7	364
10	22,1	285

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

CONCENTRACIÓN DE 35 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
15	19,8	219
20	17	211

Fuente. Autor


Tabla 6. Resultados concentración de 40 ml.

CONCENTRACIÓN DE 40 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	63,3	871
5	42	544
10	31,3	418
15	26,7	348
20	23,5	285

Fuente. Autor

Tabla 7. Resultados concentración de 45 ml.

CONCENTRACIÓN DE 45 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	64,5	773
5	63,4	715
10	47	638

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

CONCENTRACIÓN DE 45 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
15	41,4	541
20	33,3	427

Fuente. Autor

4.4 DATOS DE SALIDA

En concordancia con los resultados de las tablas anteriormente vistas, se llevó a cabo la toma de una muestra del resultado con la menor turbiedad, esto para comparar con los datos iniciales del agua problema, y así generar un análisis concluyente para el coagulante con nanopartículas magnéticas.

Tabla 8. Resultados concentración de 35 ml.

Parámetro	Resultado
Conductividad	552 μ s/cm
pH	7,01
Resistividad	1,82 K Ω .cm
Solidos Suspendidos	293 mg/L
Salinidad	0,3
Temperatura	20,1 °C
Turbiedad	17 NTU
Color	211 Und

Fuente. Autor

4.5 REUTILIZACIÓN DE NANOPARTICULAS

Con la finalidad de identificar la efectividad de la reutilización de las nanopartículas del proceso de sedimentación del agua inicialmente tratada, y una vez aplicada la metodología de reutilización, propuesta en el capítulo IV se obtuvieron los siguientes resultados:



 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Tabla 9. Resultados nanopartículas reutilizadas.

CONCENTRACIÓN DE 35 ml		
Tiempo (min)	Turbiedad (NTU)	Color (Und)
0	30.2	366
5	29.1	358
10	28.3	349
15	26.6	340
20	25.2	321

Fuente. Autor

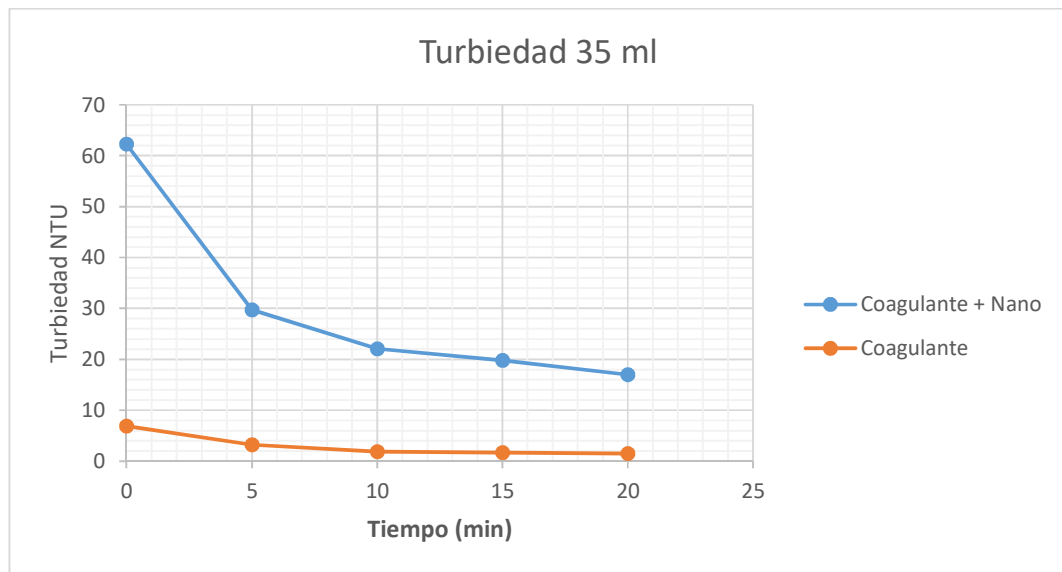
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 COMPARACIÓN DE COAGULANTE CON Y SIN NANOPARTÍCULAS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la sección 5.2, se puede evidenciar en los **Gráfico 1**, **Gráfico 2**, **Gráfico 3**, la curva de turbiedad de acuerdo a cada concentración aplicada, así mismo en los **Gráfico 4**, **Gráfico 5**, **Gráfico 6**, se evidencia la comparación de color obtenido con relación al paso del tiempo de toma de la muestra.

Gráfico 1. Turbiedad a 35 ml.



Fuente: Autor


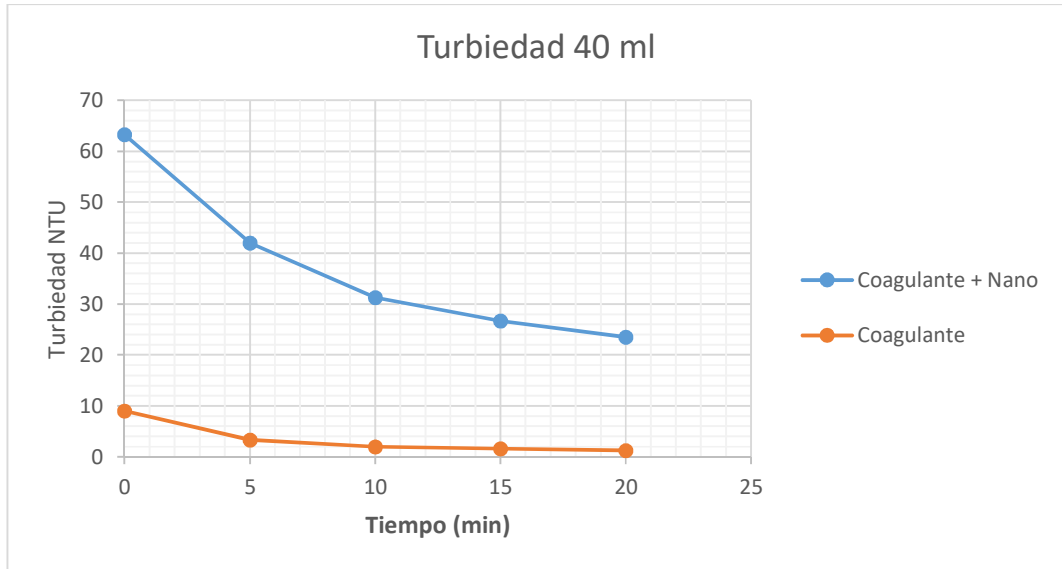
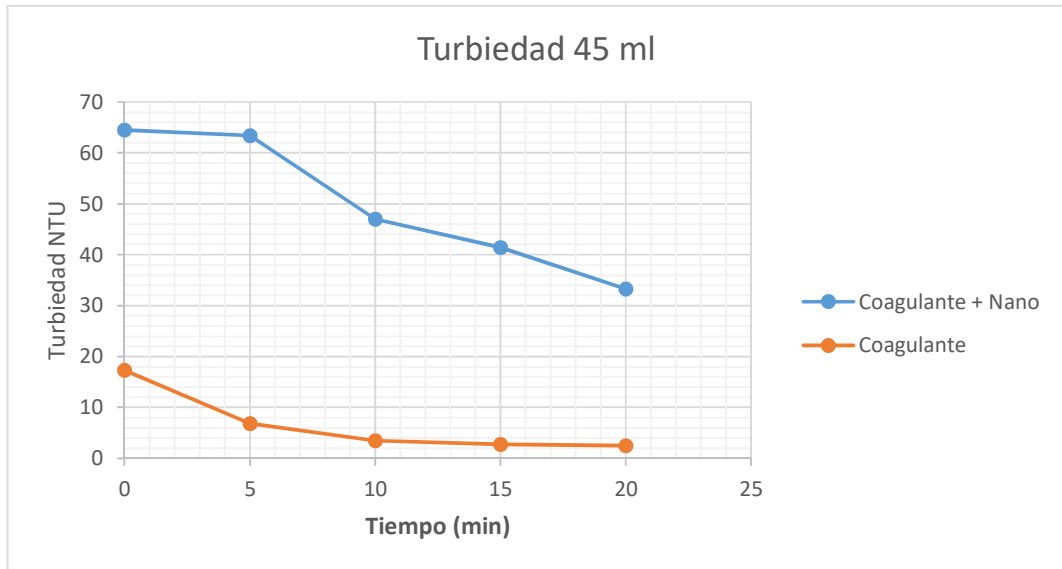
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

Gráfico 2. Turbiedad a 40 ml.



Fuente: Autor

Gráfico 3. Turbiedad a 45 ml.



Fuente: Autor


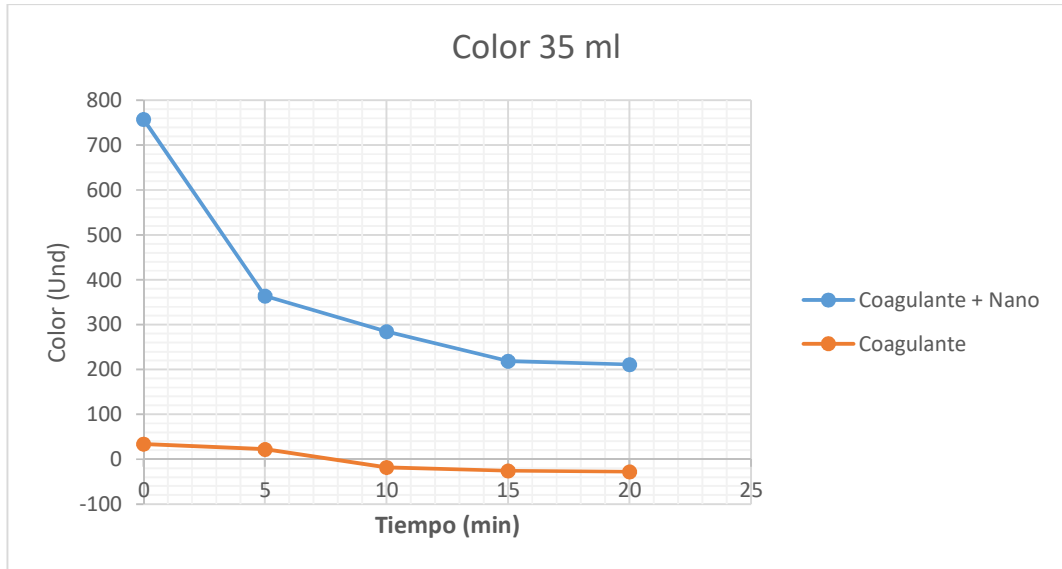
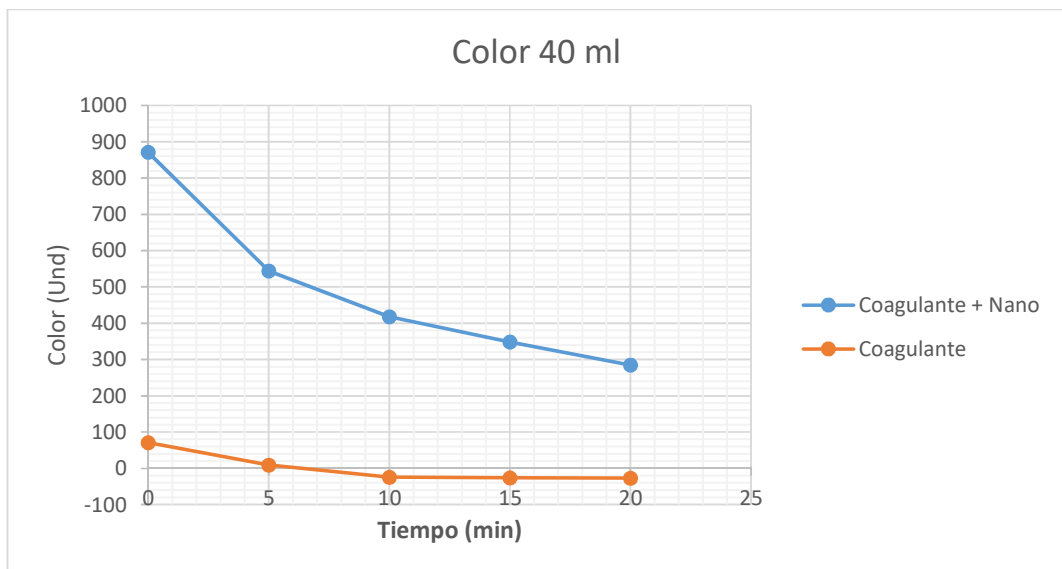
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

Gráfico 4. Color a 35 ml.



Fuente: Autor

Gráfico 5. Color a 40 ml.



Fuente: Autor


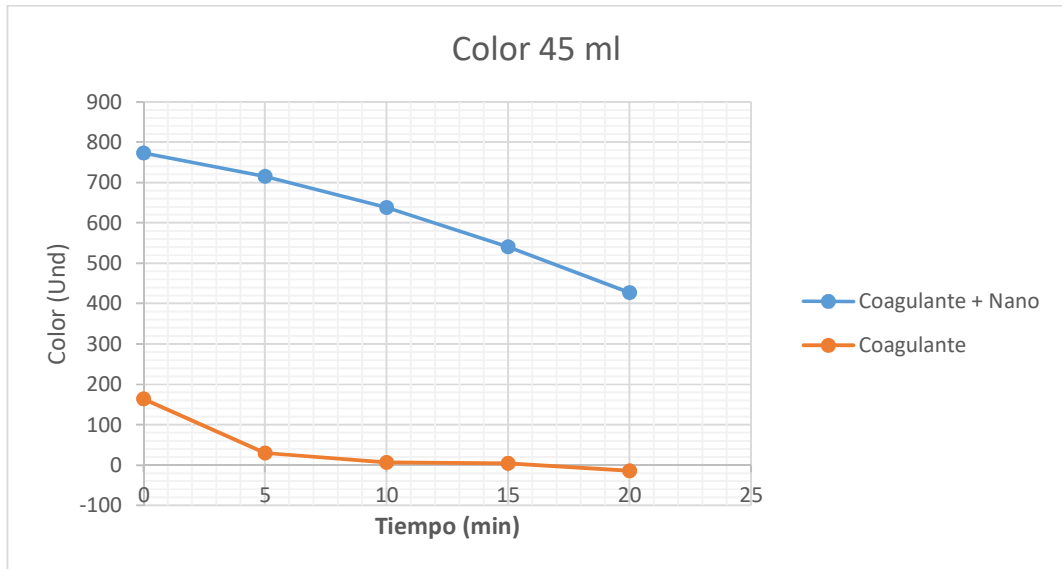
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado


Gráfico 6. Color a 45 ml.



Fuente: Autor

Tabla 10. Comparación de datos agua problema.

Parámetro	Datos iniciales	Datos finales
Conductividad	7,85 $\mu\text{s/cm}$	552 $\mu\text{s/cm}$
PH	6,05	7,01
Resistividad	12,98 K Ω .cm	1,82 K Ω .cm
Solidos Suspendidos	41,9 mg/L	293 mg/L
Salinidad	0	0,3
Temperatura	16,8 °C	20,1 °C


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Parámetro	Datos iniciales	Datos finales
Turbiedad	5,56 NTU	17 NTU
Color	Und	211d

Fuente. Autor

5.1.1 Análisis para los resultados obtenidos en el proceso de prueba de jarras

- Los parámetros con mayor afectación según la caracterización inicial y final del agua problema, son la conductividad, resistividad, color y turbiedad del agua; esto se puede ver reflejado debido a que en el momento de utilizar las nanopartículas, se está aumentando el nivel de metales que contiene el agua inicial por la carga de hierro que posee las nanopartículas, lo cual ocasiona que aumente la conductividad mientras la resistividad disminuye; tal y como se evidencia en la **Tabla 1** y **Tabla 8**.
- Con relación al color, es evidente visualmente la tonalidad oscura que se torna el agua una vez es aplicada el coagulante con las nanopartículas; así mismo y pese al proceso de sedimentación a la cual es sometida el agua, no se mantiene el color inicial o presenta mejora.
- En verificación de reducción de turbiedad en las muestras, puntualmente la de concentración de 35 ml, se evidencia mayor disminución aquella que contiene nanopartículas; ya que en los primeros 5 minutos se disminuye 32,6 NTU con relación a la turbiedad tomada inicialmente, continuando con una disminución promedio de 4,32 NTU aproximadamente. En cambio, la muestra con solo coagulante, en los primeros 5 minutos de sedimentación

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

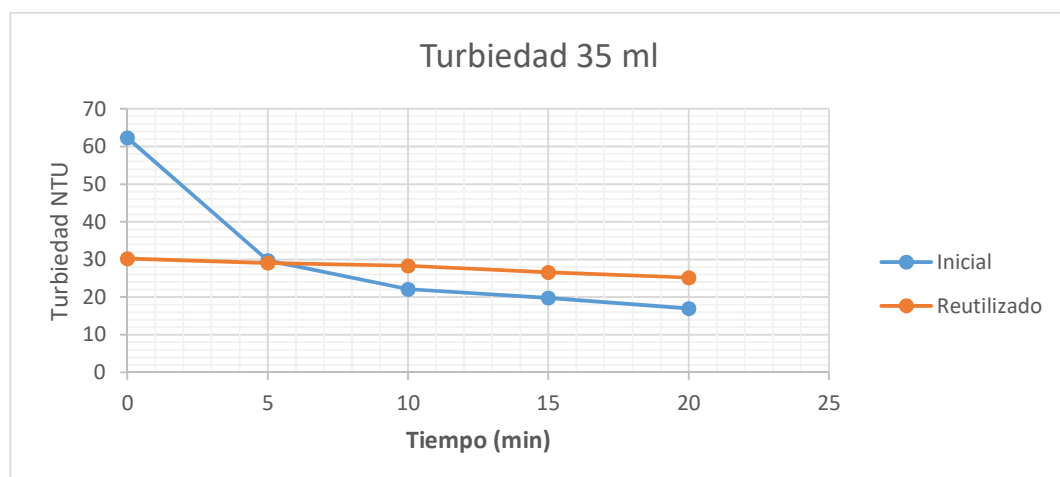
presenta 3,7 NTU de reducción con relación a la turbiedad tomada en el minuto 0, continuando con una disminución promedio de 0,56 NTU aproximadamente.

Lo cual de acuerdo a estos resultados se podría determinar que emplear las nanopartículas genera aceleración en la recolección de partículas suspendidas; sin embargo, no es lo suficientemente eficaz para flocular y sedimentar la totalidad de las partículas generadoras de los altos niveles de turbiedad obtenidos con relación a las muestras afectadas solamente con coagulante.

5.2 COMPARACIÓN DE COAGULANTE INICIAL Y REUTILIZADO

En concordancia con la **Tabla 5** y **Tabla 9**, en comparación de los resultados obtenidos en el primer uso de las nanopartículas, se generaron los **Gráfico 7** y **Gráfico 8** de turbiedad y color respectivamente.

Gráfico 7. Turbiedad 35 ml Nanopartículas reutilizadas.



Fuente: Autor


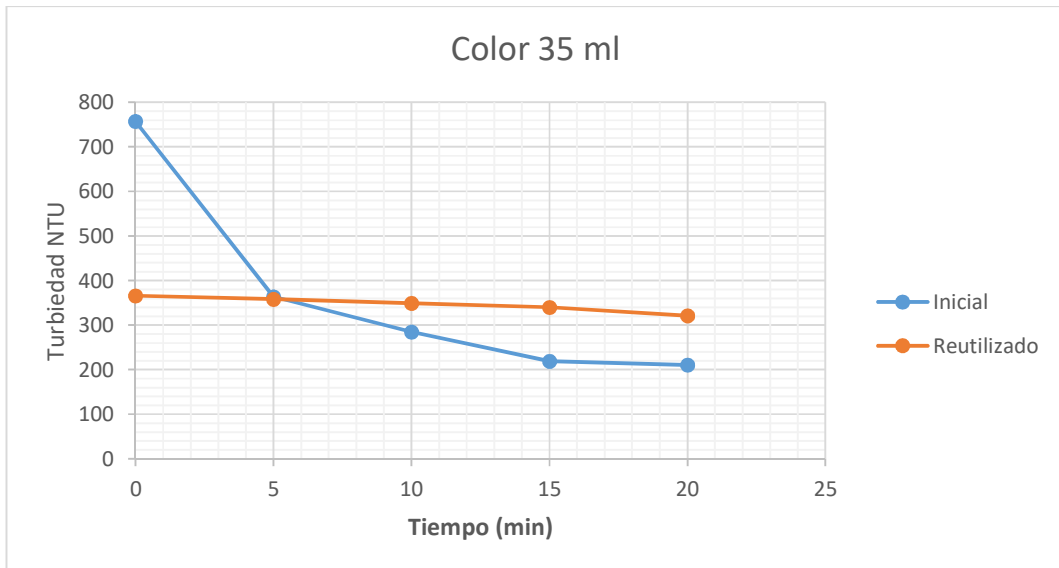
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS</u> <u>MAGNETICAS EN LA MODIFICACION</u> <u>DE COAGULANTES PARA PROCESOS</u> <u>DE TRATAMIENTO DE UN AGUA</u> <u>PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado

Gráfico 8. Color 35 ml Nanopartículas reutilizadas.




Fuente: Autor

5.2.1 Análisis de resultados para coagulante con nanopartículas reutilizadas

Una vez tomados los resultados correspondientes, se puede analizar lo siguiente:


- Es evidente la significativa disminución en la efectividad del retiro de turbiedad en la muestra en la que se reutilizó las nanopartículas; lo anterior debido a que en comparación con la muestra inicial de la misma concentración (35 ml), a los 5 min disminuye 32,6 NTU con relación al tiempo 0, en cambio en la muestra reutilizada solamente baja 1,1 NTU.
- Con relación al parámetro del color, para la muestra reutilizada durante todo el proceso de sedimentación, solamente se evidenció disminución de 45 und, en comparación con la muestra inicial la cual disminuye en 547 und.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

5.3 MÉTODOS DE DIVULGACIÓN

Debido a que los resultados obtenidos en el proceso de laboratorio realizado son datos influyentes para la elaboración de otras investigaciones y/o comprobaciones futuras, se plantea la divulgación del proceso realizado en el repositorio de la universidad católica de Colombia, generando de esta manera la consulta abierta a las personas interesadas en la misma.


Así mismo, se pueden emplear los resultados generados de la presente investigación como insumos para la elaboración de un artículo científico.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---


6 CONCLUSIONES

En la evaluación de efectividad de utilización de las nanopartículas magnéticas sintetizadas bajo la metodología Marimón-Bolívar & González, para el proceso de coagulación, floculación y sedimentación de un agua problema establecido, se concluye que la misma no es efectiva para dicho proceso debido a:

- Pese a que evidenció mayor disminución de turbiedad en la muestra de nanopartículas con el paso del tiempo, el dato final obtenido no es mejor o más óptimo en comparación con la muestra de solamente coagulante.
- Con la reutilización de las nanopartículas, se pudo evidenciar que la turbiedad tomada en el tiempo 0 del proceso de sedimentación es menor a la tomada en el mismo tiempo con las nanopartículas magnéticas en su primer uso; lo cual puede concluir que en menor concentración de las nanopartículas mejor turbiedad para el proceso se produce; ya que en los ensayos realizados el único parámetro que cambia en el proceso son las nanopartículas.
- Durante el proceso realizado, se pudo verificar la efectividad de la utilización de un coagulante amigable con el medio ambiente en el proceso de coagulación y floculación efectuado.
- Se identificó que se obtienen mejores resultados en el tren de floculación, coagulación y sedimentación, solamente empleando coagulante sin nanopartículas magnéticas.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

- Se comprobó que, con la reutilización de las nanopartículas, se continúa presentando proceso de sedimentación, pero en menor efectividad, lo cual no sería confiable ni garantizable su utilización mayor a dos veces.
- Para próximos ensayos se recomienda ampliar el campo magnético, es decir que la efectividad del imán sea mayor, para que se reduzca el tiempo de sedimentación y así poder disminuir la turbiedad respecto al tiempo.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

BIBLIOGRAFÍA

- Chang, C. F., Lin, P. H., & Höll, W. (2006). Aluminum-type superparamagnetic adsorbents: Synthesis and application on fluoride removal. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 280(1–3), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2006.02.011>.
- Gutiérrez-Rosero, J. A., Ramírez-Fajardo, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 13–27. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a02.pdf>
- Liu, D., Wang, P., Wei, G., Dong, W., & Hui, F. (2013). Removal of algal blooms from freshwater by the coagulation-magnetic separation method. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 60–65. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1052-4>.
- Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *Estado Del Arte Del Tratamiento de Aguas Por Coagulación-Floculación ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúca*, XL(2), 10–17.
- Marimón-bolívar, W., & González, E. E. (2018). Study of agglomeration and magnetic sedimentation of Glutathione @ Fe₃O₄ nanoparticles in water medium • Estudio de aglomeración y sedimentación magnética de nanopartículas de Glutathión @ Fe₃O₄ en medio acuoso. *DYNA*, 85(205), 19–26. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68245>.
- Marimón-Bolívar, W., & González, E. E. (2018). Green synthesis with enhanced magnetization and life cycle assessment of Fe₃O₄ nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 9, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.12.003>.
- Mateus, G. A. P., Paludo, M. P., Dos Santos, T. R. T., Silva, M. F., Nishi, L., Fagundes-Klen, M. R., ... Bergamasco, R. (2018). Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with Moringa oleifera seed extract. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4084–4092. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.05.050>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

- Zhang, M., Xiao, F., Wang, D., Xu, X., & Zhou, Q. (2017a). Comparison of novel magnetic polyaluminum chlorides involved coagulation with traditional magnetic seeding coagulation: Coagulant characteristics, treating effects, magnetic sedimentation efficiency and floc properties. *Separation and Purification Technology*, 182, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.03.028>.
- Zhang, M., Xiao, F., Wang, D., Xu, X., & Zhou, Q. (2017b). Comparison of novel magnetic polyaluminum chlorides involved coagulation with traditional magnetic seeding coagulation: Coagulant characteristics, treating effects, magnetic sedimentation efficiency and floc properties. *Separation and Purification Technology*, 182, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.03.028>.
- Zhao, Y., Liang, W., Liu, L., Li, F., Fan, Q., & Sun, X. (2015). Harvesting *Chlorella vulgaris* by magnetic flocculation using Fe₃O₄ coating with polyaluminium chloride and polyacrylamide. *Bioresource Technology*, 198, 789–796. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.087>.
- Ambiental, R. d. (2018). Obtencion de agua potable utilizando un coagulante magnetico compuesto por nanoparticulas de magnetita funcionalizadas con extracto de semilla de Moringa Oleifera. *ELSEVIER*, 4084-4092.
- Engineering, T. R. (Julio de 2004). *Nanotechnology and Nanoscience*. Obtenido de Nanotechnology and Nanoscience: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>.
- Grimshaw, D. (06 de Mayo de 2009). *SciDevNet*. Obtenido de SciDevNet: <https://www.scidev.net/america-latina/agua/especial/nanotecnolog-a-para-obtener-agua-limpia-hechos-y-c.html>.
- Nanotechnology, N. (2007). Nanotechnology and the challenge of clean water. *Nature Publishing Group*, 663-664.
- Raichur, A. (06 de Mayo de 2009). *SciDevNet*. Obtenido de SciDevNet: <https://www.scidev.net/america-latina/salud/opinion/tratamiento-nano-del-agua-exige-ingenier-a-innovad.html>

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL	<u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u>	ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591
		DIRECTOR: WILFREDO MARIMON BOLIVAR Director trabajo de Grado

Aguilar, M.-S.-L.-S.-O. (2002). Tratamiento fisico-quimico de aguas residuales coagulación-floculación. En M.-S.-L.-S.-O. Aguilar, *Tratamiento fisico-quimico de aguas residuales coagulación-floculación* (pág. 137). Murcia: Universidad de Murcia.

ARQHYS.COM, e. d. (12 de 2012). *revista ARQHYS*. Obtenido de revista ARQHYS: <https://www.arqhys.com/articulos/sedimentacion.html>.

Quirós, F. R. (2010). *El agua potable*. Obtenido de El agua potable: <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>.

A, Téran Gilmore. «"On the use of spectra to establish damage control in regular frames during global predesing".» *Earthquake Spectra*, 2004: 1-26.

A. Pérez, Tania Sánchez, Nayda Armengol y F. Reyes. «Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. una alternativa para la alimentacion animal.» *SciELO*, 2010: 4084-4092.

EPN *SEGURIDAD*. s.f.
http://epn.gov.co/elearning/distinguidos/SEGURIDAD/13_riesgo_amenaza_y_vulnerabilidad.html.


Gómez García, M. *Diccionario de uso del medio ambiente Eunsa*. Universidad de Navarra, S.A., 2009.

IDIGER. *El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático*. 23 de Marzo de 2018. <http://www.idiger.gov.co/rmovmasa>.

Jhon Jairo Feria Díaz, Sixto Bermúdez Roa, Ana María Estrada Tordecilla. *Eficiencia de la semilla Moringa Oleifera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú**. 2013. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100001.

Sánchez-Ramírez, Jaquelina, y otros. *Quimica nova*. s.f. <http://quimicanova.s bq.org.br/imprimir-artigo.asp?id=53>.

Scott, R Park , y Priestley M J N . «"Stress-strain behavior of concrete confined by overlapping hoops ot low and high strain rates".» *ACI Journal* (ACI Journal), 1982: 13-27.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p><u>UTILIZACION DE NANOPARTICULAS MAGNETICAS EN LA MODIFICACION DE COAGULANTES PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE UN AGUA PROBLEMA</u></p>	<p>ELABORÓ: SINDY LORENA ESTUPIÑAN CÓDIGO: 505428 EDWIN FABIAN BERMUDEZ CÓDIGO: 505591</p> <hr/> <p>DIRECTOR: <u>WILFREDO MARIMON BOLIVAR</u> Director trabajo de Grado</p>
---	---	---

Spence, R.J.S. *"Seismic Risk Modelling - A review of Methods", contribution to "Velso il New Planning"*. Cambridge: University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, 11990.

Usos del arbol de moringa. 12 de septiembre de 2015.
<http://proyectomoringavenezuela.blogspot.com/2015/09/usos-de-el-arbol-moringa-oleifera.html>.

Barth, H.; Habs, M.; Klute, R.; Muller, S.; Tauscher, B. (1982).
Trinkwasseraufbereitung mit samen von Moringa oleifera lam.
Chemiker-Zeitung (Drinking Water Treatment with Moringa oleifera
Seeds). Chemists Newspaper, 106, 75-78.