

EFFECTO DE UN COAGULANTE NATURAL PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHONE, TERCER TRIMESTRE DEL AÑO 2018.

EFFECT OF A NATURAL COAGULANT FOR THE REMOVAL OF THE TURBIDITY OF THE WASTEWATER OF THE CANTON CHONE, THIRD QUARTER OF THE YEAR 2018.

Delgado-Mendoza Viviana Alexandra ^{1*}; Moreira-Mendoza Carlos ²

^{1, 2} Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Centro de Estudios de Posgrado,
Investigación, Relaciones y Cooperación Internacional. Manta – Ecuador.

***Correo:** vivdelgadam76@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito evaluar la eficiencia de remoción de la turbiedad en aguas residuales utilizando un coagulante natural elaborado a base de semilla de tamarindus, indica que pueda sustituir el uso de los coagulantes tradicionales, como sales de hierro y aluminio en los procesos de coagulación- floculación y de esta manera promover una alternativa eficiente, económica, altamente amigable con el medio ambiente y la salud de las personas. Las muestras para realizar el presente estudio se obtuvieron del punto de ingreso de aguas residuales a la laguna de oxidación, procedentes de las 4 estaciones de bombeo con las que cuenta actualmente la ciudad: estación jardines del inca, estación santa marta, estación el vergel, estación amazonas durante el tercer trimestre del año 2018. Inicialmente se analizaron los factores temperatura, salinidad y dosis de harina de semillas de tamarindo para preparar el coagulante óptimo y determinar el mejor tratamiento de las aguas residuales de la laguna de oxidación mediante análisis de test de jarra y turbiedad en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí y los análisis finales se realizaron en el laboratorio de aguas de la Fabril S.A. Como resultado del estudio, se pudo comprobar que después de la aplicación del coagulante natural la turbiedad se redujo hasta el 77%. Así mismo, se logran reducir además de la turbidez valores de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (BDO), sólidos suspendidos (SS), hierro y sílice.

Palabras clave: Coagulación, turbidez, coagulante, tamarindus indica.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the efficiency of removal of turbidity in wastewater using a natural coagulant made from tamarindus seed that can substitute the use of traditional coagulants such as iron and aluminum salts in coagulation processes. flocculation and in this way promote an efficient, economic, highly friendly alternative to the environment and the health of people. The samples to carry out the present study were obtained from the point of entry of wastewater to the oxidation lagoon, from the 4 pumping stations that the city currently has: the gardens of the Inca station, Santa Marta station, El Vergel station, amazon season during the third quarter of 2018. Initially the factors temperature, salinity and dose of tamarind seed flour were analyzed to prepare the optimal coagulant and determine the best treatment of the residual waters of the oxidation lagoon by means of test analysis of pitcher and turbidity in the laboratory of the Chemical Engineering Career of the Technical University of Manabí and the final analyzes were carried out in the laboratory of aguas de la Fabril S.A. As a result of the study, it was found that after the application of the natural coagulant turbidity was reduced to 77%, values of chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BDO), suspended solids (SS), iron and silica are achieved in addition to turbidity.

Keywords: Coagulation, turbidity, coagulant, tamarindus indica.

1. INTRODUCCIÓN

Para tratar aguas residuales tanto domésticas como industriales una buena alternativa es la coagulación, esta actúa desestabilizando los coloides con ayuda de coagulantes orgánicos e inorgánicos, “siendo los que se usan con mayor frecuencia en el tratamiento químico los de origen inorgánico, concretamente las sales de hierro y aluminio” (Aguilar, Sáez, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002).

Las aguas residuales según (López del Pino & Martín Claderón, 2015), son aquellos líquidos procedentes de las actividades desarrolladas por el ser humano, caracterizadas por presentar una fracción de agua y un elevado porcentaje de residuos contaminantes. Las fuentes fundamentales de aguas residuales son aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, aguas residuales mixtas, escorrentías de usos agrícolas-pecuarios y pluviales.

Las aguas residuales urbanas se caracterizan por su contaminación orgánica, disuelta o suspendida, cuyo contenido se mide por su demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente), y constituyen un importante foco de contaminación al verterse a los sistemas acuáticos (Cabildo Miranda, 2008).

Se tiene por objeto encontrar los principales beneficios que tiene un coagulante natural a base de semillas de tamarindo frente a los coagulantes convencionales. El tratamiento de aguas residuales data desde hace varios siglos, lo principal es comprender el origen de la problemática ya que el crecimiento urbanístico e industrial de las ciudades hace que cada vez sea mayor la cantidad de agua que se requiere para suplir las necesidades de los habitantes, por ende, se requiere de tratamientos más eficientes y responsables.

El agua es una fuente inagotable de vida, es utilizada por el hombre desde sus inicios en la tierra para la mayoría de sus actividades. “De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0,007% de las aguas se encuentran disponibles a todos los usos humanos directos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

En el presente trabajo, se utilizarán métodos y técnicas que permitan de manera clara y precisa recopilar la información cualitativa y cuantitativa para dar solución a la problemática detectada.

2.1.1. Método experimental

En el método experimental, el investigador controla deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas. En este método se recopilan datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control, con las mediciones de un grupo experimental. Las variables que se utilizan pueden ser variables dependientes (las que queremos medir o el objeto de estudio del investigador) y las variables independientes (las que el investigador manipula para ver la relación con la dependiente).

Los análisis de la investigación se realizaron en el laboratorio de aguas de la Universidad Técnica de Manabí.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Según Cedeño (2010), la población es el conjunto de individuos: humano, vegetal, animal, o cosas

2.2.2. Muestra

Es una parte específica de la población, por esto, Arias (2012), define que la muestra es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.

Se tomaron 66 muestras de agua residual de la laguna de oxidación del Cantón Chone, de las cuales: 16 muestras para los análisis de experimentación del estudio de salinidad más efectivo en la solución coagulante de tamarindo, 5

muestras para los análisis de temperatura óptima del agua empleada en la preparación del coagulante, 20 muestras se utilizaron en los experimentos realizados para obtener la dosis óptima de harina de tamarindo para preparar el coagulante y 25 muestras empleadas en las repeticiones de análisis de coagulación para sustentar la efectividad de la sustancia.

2.3. Técnicas de investigación

2.3.1. Técnica de muestreo simple

Se realizó un muestreo simple o casual. Para el muestreo simple se utilizó:

- Un recipiente de recolección hecho para dicho efecto con material reciclable totalmente limpio.
- Recipientes plásticos limpios de 20 litros para la recolección de las respectivas.
- Se procedió a tomar las muestras en el punto de ingreso de las aguas residuales a la laguna de oxidación.

2.3.2. Preparación de test de jarras

El test de jarras es el método experimental que se utiliza con mayor frecuencia para simular a pequeña escala el proceso de coagulación-floculación. La técnica de test de jarras empleada en esta investigación corresponde a lo establecido en la Norma ASTM D 2035-08 Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water. Se utilizó un equipo PHIPPS & BIRD como se muestra en la ilustración 1, propiedad del laboratorio de aguas de la UTM (Universidad Técnica de Manabí).

Ilustración N° 1. Equipo de test de jarra PHIPPS & BIRD.



Elaborado por: Autores.

Para realizar las pruebas de jarra fueron necesarias seguir las siguientes consideraciones:

- Distribuir la muestra en los cuatro recipientes del equipo.
- Se ajustó la velocidad de las paletas a 200 revoluciones por 10 minutos para efectuar la agitación rápida durante un tiempo de 10 minutos.
- Se dosificó el coagulante durante el primer minuto de agitación rápida.
- Se ajustó la velocidad de las paletas a 100 revoluciones por minuto para simular la mezcla lenta durante un tiempo de 20 minutos.
- La muestra se mantuvo en reposo durante 30 minutos para simular la fase de sedimentación del floculo.
- Pasado el tiempo de sedimentación se procedió a tomar la muestra de cada jarra, con ayuda de jeringas, evitando el movimiento y por tanto la desestabilización de los flóculos precipitados.

Se procedió a realizar mediciones de turbiedad con el turbidímetro HACH 2700 N, que se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración N° 2. Turbidímetro HACH 2700N.



Elaborado por: Autores.

Las unidades de turbiedad han sido expresadas en unidades nefelométricas (NTU).

2.4. Recolección y tabulación de la información

La información que permitió comprobar la efectividad del coagulante natural preparado a base de semillas de tamarindo se obtuvo de las muestras tomadas en la laguna de oxidación, mediante análisis de test de jarras aplicando

diferentes cantidades de la sustancia natural como coagulante para observar la reducción de la turbidez. Finalmente, se realizó la tabulación de los datos en el programa Excel, los diseños experimentales con ayuda del programa estadístico infostat en el que se trabajó con un análisis de varianza tipo I. Los datos obtenidos fueron manejados estadísticamente a un nivel de significancia del 0.05%.

Las tablas 1, 2 y 3 muestran el modelo empleado en los diseños experimentales.

F.V = Fuentes de variación

SC = Suma de cuadrados

Gl= Grados de incertidumbre

CM = Cuadrados medios

F = Razón F

Tabla N° 1. Análisis de la varianza para la elección de la harina de semillas de tamarindo H1 – H2 – H3 – H4 (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	16864,71	5	3372,94	2984,90
Tratamiento	16864,71	5	3372,94	2984,90
Temperatura	0,00	0	0,00	sd
Tratamiento*Temperatura	0,00	0	0,00	sd
Tratamiento*Temperatura	0,00	0	0,00	sd
Error	13,56	12	1,13	
Total	16878,27	17		

Elaborado por: Autores.

Tabla N° 2. Análisis de la varianza para la elección de la temperatura óptima del agua para preparar el coagulante natural (SC tipo I).

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	88,10	4	22,02	184,56
Tratamiento	88,10	4	22,02	184,56
Salinidad	0,00	0	0,00	sd
Tratamiento*Salinidad	0,00	0	0,00	sd
Error	1,19	10	0,12	
Total	89,29	14		

Elaborado por: Autores.

Tabla N° 3. Análisis de la varianza para la elección de la salinidad para preparar el coagulante natural (SC tipo I).

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	3465,94	11	315,09	96,54
Harinas	1288,73	3	429,58	131,62
Gramos	1802,14	2	901,07	276,08
Harinas*Gramos	375,07	6	62,51	19,15
Error	221,94	68	3,26	
Total	3687,88	79		

Elaborado por: Autores.

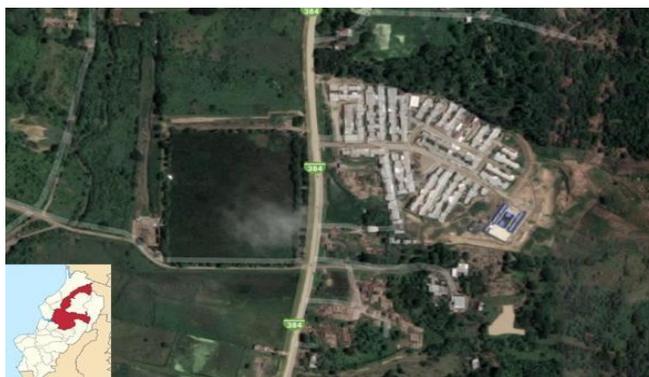
2.5. Descripción del área de estudio

La Provincia de Manabí está situada al occidente del Ecuador, en la zona geográfica conocida como región Litoral o Costa. El cantón Chone se encuentra ubicado en sector Nor – oeste del Ecuador continental, al norte de la provincia de Manabí, a una altitud de 13.4 msnm, cuya laguna de oxidación se sitúa a 500 m del casco urbano de la ciudad de Chone vía a la parroquia de Canuto.

La laguna de oxidación de la ciudad de Chone posee una extensión de 4.7 hectáreas donde recibe diariamente las aguas residuales a través de las estaciones de bombeo, amazonas, jardines del inca, el vergel y santa Martha. El caudal diario de aguas residuales es de 9504 m³/d.

El principal sistema de tratamiento de las aguas residuales que se generan en la ciudad de Chone corresponde a una laguna de oxidación ubicada a 1 km de la ciudad de Chone, en la vía a la parroquia Canuto. Tiene 232 metros de largo, 184 metros de ancho y profundidad de 2 metros. Ocupa un área total de 47.336 m².

Ilustración N° 3. Ubicación de la laguna de oxidación del Cantón Chone.



Fuente: Municipio del Cantón Chone – Autores.

2.6. Descripción de la zona de muestreo

Las muestras empleadas para los test de jarra se recolectaron en la línea de impulsión de aguas residuales a la laguna de oxidación del Cantón Chone, procedentes de las cuatro estaciones de bombeo existentes en la ciudad: Estación Jardines del Inca, Estación Santa Martha, Estación el Vergel, Estación Amazonas. Los ensayos fueron realizados dos horas después de haber recogido las muestras, mismas que durante ese tiempo permanecieron a temperatura ambiente. Al momento de realizar las pruebas de jarras, se realizó agitación para homogenizar las muestras.

Ilustración N° 4. Zona de muestreo.



Fuente: Municipio del Cantón Chone – Autores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Proceso de obtención de la harina de tamarindo para preparar el coagulante natural

Las semillas fueron adquiridas en el mercado local, se emplearon en diferentes condiciones con la finalidad de probar la efectividad de las harinas y decidir cuál es la más recomendable para preparar la solución coagulante que se empleará para reducir la turbidez de las aguas residuales del Cantón Chone.

3.1.1. Semillas de tamarindo con cáscara deshidratada (H1)

En este primer procedimiento se eliminó completamente la pulpa del tamarindo, se colocaron las semillas durante 10 días al sol (temperaturas aproximadamente de 30°C). Luego las semillas con testa fueron sometidas a molienda, para dicho

efecto se utilizó un molino artesanal, obteniéndose de este modo un polvo grueso de color café-rojizo.

3.1.2. Semillas de tamarindo sin cáscara y deshidratadas (H2)

Una vez eliminada la pulpa del tamarindo, se colocaron las semillas durante 5 días al sol (temperaturas aproximadamente de 30°C), con ayuda de un esmeril se eliminó el recubrimiento de las semillas y se colocaron al sol por 5 días más para deshidratar. Posteriormente las semillas deshidratadas fueron sometidas a un proceso de molienda, para dicho efecto se utilizó un molino artesanal, obteniéndose de este modo un polvo de color blanquecino.

3.1.3. Semillas de tamarindo con cáscara e hidratadas (H3)

Se introdujeron las semillas de tamarindo en un recipiente hermético y se le agregó agua a 80°C, se dejaron en reposo durante 12. Posteriormente, se procedió a moler las semillas de tamarindo con testa e hidratadas en un molino artesanal, obteniéndose producto húmedo de color pardo.

3.1.4. Semillas de tamarindo sin cáscara e hidratadas (H4)

Para hidratar las semillas de tamarindo, se utilizó agua a 80°C, se introdujeron las semillas en un recipiente hermético y se le agregó el agua cliente, se dejaron en reposo durante 12 horas para eliminar la testa de la semilla. Posteriormente, se procedió a moler las semillas de tamarindo en un molino artesanal, obteniéndose producto harinoso con mayor humedad de color blanquecino.

Para realizar las primeras pruebas se tomaron 5 muestras de agua residual en días diferentes como se muestra en la tabla 4, a estas muestras se le realizaron mediciones de turbiedad y pH (anexo A), luego se mezclaron y homogenizaron para obtener una muestra compuesta con la que se probó el efecto coagulante de las semillas de tamarindo.

Tabla N° 4. *Parámetros de las condiciones iniciales del agua residual utilizada para probar el efecto coagulante de las harinas de tamarindo.*

Parámetros	20/7/18	22/7/18	24/7/18	26/7/18	28/7/18	Promedio	Margen de error
Turbiedad	102	98	87,6	114	99,3	99	± 15
pH	7,12	7,26	7,15	7,28	7,25	7,23	± 0,16

Elaborado por: Autores.

Las muestras de harina de tamarindo obtenidas en el proceso antes descrito se utilizaron en la elaboración de soluciones coagulantes para medir el porcentaje de reducción de turbidez en la muestra compuesta.

Se prepararon soluciones de cada harina con 100 mililitros de agua a 35°C, la mezcla se sometió a agitación durante cinco minutos. Se dejó en reposo durante 10 minutos y luego se procedió a filtrar con ayuda de papel filtro. Con la solución resultante se realizaron dosificaciones de 2,5 ml, para dicho efecto se emplearon 500 ml de muestra por cada prueba realizada.

En las soluciones preparadas con un gramo de las diferentes harinas de semillas de tamarindo no se logró observar coagulación en la muestra, por lo que no hubo reducción en la turbidez.

Los resultados obtenidos a partir de las soluciones preparadas con 2 y 3 gramos de cada harina respectivamente tampoco presentaron remoción de la turbidez, por lo que fue necesario incrementar la dosis de harinas de semillas de tamarindo.

Con dosis de 4, 8 y 10 gramos de las harinas de semillas de tamarindo se observaron valores de reducción de la turbidez.

3.2. Análisis de los resultados

Para esta investigación cada factor que intervino se estudió por separado. La tabla 14 muestra las medias de la turbidez luego del uso de los coagulantes preparados con las cuatro diferentes harinas de semillas de tamarindo.

Tabla N° 5. Tukey para elección de la harina de semillas de tamarindo.

Error: 3,2638 gl: 68

Harinas	Gramos	Medias	n	E.E.	
H2	10	75,42	10	0,57	A
H3	10	82,99	10	0,57	B
H2	8	84,80	5	0,81	B
H1	10	84,92	10	0,57	B
H1	8	88,52	5	0,81	C
H3	8	89,90	5	0,81	C D
H4	10	92,41	10	0,57	D E
H4	8	92,76	5	0,81	D E
H2	4	93,56	5	0,81	E F
H3	4	94,82	5	0,81	E F
H4	4	96,78	5	0,81	F
H1	4	96,80	5	0,81	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Autores.

Se tiene el trabajo de tesis publicado en 2018 por María Alejandra Salgado Lozano previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial de la universidad de Sucre, facultad de ingenierías de Sincelejo. Este trabajo fue publicado bajo el nombre evaluación de las semillas de tamarindo (*tamarindus indica*) en la remoción de turbidez de aguas superficiales. Esta investigación se desarrolló bajo una metodología de tipo experimental en varias fases, muestreo y análisis de muestras, extracción y caracterización del coagulante, aplicación de coagulantes a las respectivas muestras (pruebas de test de jarra) y análisis de resultados. El trabajo consistió en probar si era factible desarrollar una investigación que permita probar las propiedades coagulantes del *tamarindus indica* en la clarificación de las aguas superficiales. Se tomaron 42 muestras de aguas superficiales con 3 repeticiones en diferentes puntos. Utilizaron la técnica de test de jarra para determinar la efectividad de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación luego de realizar pruebas comparativas, con el uso de un coagulante preparado a base de polvo de la semilla de *tamarindus Indica*, se logró obtener una considerable reducción de turbidez. Es decir, en valores porcentuales se estableció una reducción en este parámetro del 99,18%. Demostrándose así, que el uso de un coagulante natural es una alternativa viable ya que podrían fácilmente sustituir a los coagulantes tradicionales (Salgado, 2018).

La demanda bioquímica de oxígeno representa la cantidad de oxígeno que consume la materia orgánica de una muestra líquida para poder degradarse. Se expresa en unidades de mg O₂/l (miligramos/litro).

Esta medida, que se viene utilizando desde hace unos cincuenta años, es prácticamente la única conocida para determinar la contaminación del carbono biodegradable. Aun así, su cálculo presenta algunos problemas, por lo que la interpretación de los resultados debe utilizarse con mucho cuidado. Para evitar equivocaciones, conviene realizarla en paralelo con otras, tales como: DQO, TOC, DOT (Ronzano, Eduardo; Dapena, 2002).

Las materias inhibidoras, son aquellas que presentan cierta toxicidad o pueden inhibir los procesos biológicos. Los tipos de materia inhibidora son: orgánicas (aromáticos, fenoles, aldehídos, organohalogenados, productos fitosanitarios) e inorgánicas (metales pesados, aniones) (López del Pino & Martín Claderón, 2015, pág. 34). Estas sustancias resultan tóxicas para los microorganismos responsables de los procesos de tratamiento biológico aerobio o anaerobio. Por ello los vertidos que vayan a ser sometidos a dichos procesos deben ser tratados de forma previa, para la eliminación de estos contaminantes (Orozco Barrenetxea, 2003).

4. CONCLUSIONES

Se logró obtener un coagulante orgánico natural a base de polvo de semillas de tamarindo peladas y deshidratadas, ya que este presentó un mejor efecto coagulante frente a las semillas de tamarindo sin pelar deshidratadas, peladas hidratadas y sin pelar hidratadas.

Se evaluaron los factores temperatura y salinidad que incidían directamente en la preparación del coagulante natural, encontrándose valores óptimos para cada uno de ellos.

Se logró establecer una propuesta de mejoras en el tratamiento que se efectúa en la laguna de oxidación del Cantón Chone, además de establecer como base de datos para futuros estudios la tesis desarrollada. En Chone es factible tanto

técnica como económicamente el uso de semillas de tamarindo para el tratamiento de aguas residuales a nivel de sistemas centralizados rurales, ya que la elaboración del coagulante es sencilla y accesible, y se requieren unas pocas semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) para tratar un litro de agua.

REFERENCIAS

- Aguilar, M. I. (2002). Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación-floculación. Universidad de Murcia.
- Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6ta Edición. Caracas: EPISTEME, C.A.
- Cabildo Miranda, M. del P. (2008). Reciclado y tratamiento de residuos
- Cedeño, L. R. (2010). Investigación Científica y Diseño de Tesis. Segunda Edición. Manta - Ecuador: Editorial Mar Abierto.
- López del Pino, S. J., & Martín Calderón, S. (2015). UF1666 - Depuración de aguas residuales - Sergio Jesús López del Pino, Sonia Martín Calderón - Google Libros. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=9cJWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Orozco Barrenetxea, C. (2003). Contaminación ambiental: una visión desde la química. Thomson.
- Ronzano, Eduardo; Dapena, J. L. (2002). Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales. España: Pridesa. Obtenido de: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/uleamecsp/reader.action?docID=3175140&ppg=1&query=tratamiento de aguas residuales#](https://ebookcentral.proquest.com/lib/uleamecsp/reader.action?docID=3175140&ppg=1&query=tratamiento%20de%20aguas%20residuales#)
- Salgado, M. A. (2018). Evaluación de las semillas de tamarindo (*tamarindus indica*) en la remoción de turbidez de aguas superficiales.