

**Evaluación de semillas de tamarindo como coagulante para disminuir  
la carga contaminante en el tratamiento de aguas,  
en relación a un coagulante comercial**

**Miryan Rocío Urbano Borja**

[marbunob88@hotmail.com](mailto:marbunob88@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-3588-6000>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

**Ureña Guamán Silvia Eugenia**

[Sileu1524@hotmail.com](mailto:Sileu1524@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1583-6188>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

**María Del Pilar Quiñonez Alvarado**

[mariaquinonez@tsachila.edu.ec](mailto:mariaquinonez@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-1672-0104>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

**María Alexandra Soto Velásquez**

[mariasoto@tsachila.edu.ec](mailto:mariasoto@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-6196-6920>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

**Karla Fernanda Cevallos García**

[karlacevallos@tsachila.edu.ec](mailto:karlacevallos@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-5335-3166>

Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

**RESUMEN**

Actualmente se ha incrementado la búsqueda de nuevas alternativas naturales en el tratamiento del agua, ya que el problema es hacer procesos más respetuosos con el medio ambiente gracias al uso de coagulantes. El estudio es un fallo. La presente investigación tiene como objetivo evaluar las semillas de tamarindo *Tamarindus indica* como coagulante natural en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial. El desarrollo de la investigación empieza por una caracterización de la semilla de tamarindo y su extracto en donde se observa presencia de grupos funcionales responsables del proceso de coagulación, y en relación al potencial Zeta se evidencia que el extracto

utilizado posee fuerzas de atracción de cargas. También se utiliza el equipo de Prueba de Jarras para determinar la efectividad del coagulante natural comparándolo con el coagulante comercial. La concentración de coagulante ha sido determinada para obtener los mejores resultados. de remoción es 10 mg/L tanto de coagulante natural como del comercial, con aguas de turbiedad alta. Posterior a esto se determinó el pH para el mejor porcentaje de remoción, siendo este 2-6 para el coagulante natural y 6 para el coagulante comercial. Como resultados se obtuvo que, al aplicar el coagulante natural obtenido del extracto de las semillas de tamarindo en las condiciones óptimas, tiene una remoción del 85%, mientras que el coagulante comercial tradicional sulfato de aluminio tiene un porcentaje de remoción de 95%. Además, se determinó que a menores concentraciones de coagulante se obtiene mayor porcentaje de remoción. Finalmente, para comparar los factores de invierno natural y comercial, se aplicó un diseño completamente aleatorio, se acepta una hipótesis alternativa, lo que indica que la tasa de eliminación difiere entre dos materiales de ratificación es el agente comercial más excelente.

**Palabras clave:** coagulante natural; potencial zeta; semilla de tamarindo; remoción.

## **Evaluation of tamarind seeds as a coagulant to reduce the contaminant load in water treatment, in relation to a commercial coagulant**

### **ABSTRACT**

Currently, the search for new natural alternatives in water treatment has increased, since the problem is to make processes more respectful of the environment thanks to the use of coagulants. The study is a failure. The objective of this research is to evaluate the tamarind seeds *Tamarindus indica* as a natural coagulant in water treatment, in relation to a commercial coagulant. The development of the research begins with a characterization of the tamarind seed and its extract, where the presence of functional groups responsible for the coagulation process is observed, and in relation to the Zeta potential, it is evident that the extract used has charge attraction forces. Jar Test equipment is also used to determine the effectiveness of the natural coagulant compared to the commercial coagulant. The coagulant concentration has been determined to obtain the best results. removal rate is 10 mg/L for both natural and commercial coagulant, with high turbidity water. After this, the pH for the best removal percentage was determined, this being 2-6 for the natural coagulant and 6 for the commercial coagulant. As results, it was obtained that, when applying the natural coagulant obtained from the extract of tamarind seeds in optimal conditions, it has a removal of 85%, while the traditional commercial coagulant aluminum sulfate has a removal percentage of 95%. In addition, it was determined that at lower concentrations of coagulant, a higher percentage of removal is obtained. Finally, to compare the factors of natural and commercial winter, a completely randomized design was applied, an alternative hypothesis is accepted, indicating that the elimination rate differs between two ratifying materials is the commercial agent more excellent.

**Keywords:** natural coagulant, zeta potential, tamarind seed, removal

Artículo recibido: 05 febrero 2022

Aceptado para publicación: 28 febrero 2022

Correspondencia: [marbunob88@hotmail.com](mailto:marbunob88@hotmail.com)

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la conservación y el control del agua está a cargo de un organismo denominado Ministerio Nacional del Agua SENAGUA, cuya tarea principal es simplificar la conservación, además de ser la única autoridad en materia de agua, que también se lleva a cabo en cooperación con los Institutos Nacionales. Meteorología e Hidrología INAMHI, en conjunto son responsables de la correcta gestión, notificación y comunicación de todos los cambios y la prontitud para enfrentarlos. (CEPAL, 2011). El consumo y la contaminación del agua crecieron por el aumento de la población y también por el incremento de actividades productivas excesivamente demandantes de agua, sobre todo las orientadas al mercado externo. La pérdida de los páramos y la deforestación creciente explican esta compleja realidad, y diversos problemas en los ríos ubicados en la costa por efecto de la erosión permanente en la sierra (FLACSO, 2007). En cuanto a la coagulación, es el proceso más importante en el tratamiento del agua, en el cual se incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a los altos costos de adquisición, a la producción de grandes volúmenes de lodo, entre otros aspectos que causan daños negativos para el ambiente.

Adicionalmente el sulfato de aluminio es el coagulante químico más utilizado para la 3 clarificación del agua, ya que remueve materiales orgánicos y microorganismos entre un 90 y 99% al ser utilizado en condiciones óptimas (Guzmán, et al., 2013). Las investigaciones existentes dan a conocer que la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) posee propiedades como coagulante ya que está constituida de carbohidratos, proteínas, y agua, además su misma fracción proteica está formada por ácido glutámico y aspártico los cuales serían los responsables del proceso de coagulación. Mediante esta investigación se busca aplicar un coagulante natural que puede remplazar el uso tradicional de coagulantes comerciales como el sulfato de aluminio comúnmente conocido como alumbre, al probar la clarificación de agua a través de la remoción de turbidez con el extracto del polvo obtenido de la semilla de tamarindo. Es así que el objetivo de esta investigación es evaluar la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante en relación a un coagulante comercial para de esta manera disminuir la carga contaminante. El agua es crucial en la vida de los seres de dieta, que es única y cercana a la población. El agua pura no se encuentra en la naturaleza porque algunas propiedades químicas,

químicas y biológicas son proporcionadas por las fuentes de agua en su condición natural, a menudo no cumplen con los estándares específicos de calidad para la mayoría de las aplicaciones donde este líquido es, especialmente cuando es el consumo humano. Por lo tanto, la falta de agua potable en las ciudades y los países en crecimiento se entiende como un diario más amplio en todo el mundo aumentará constantemente porque es necesario encontrar opciones de reemplazo modernas y efectivas para poder innovar y mejorar el consumo y las condiciones adecuadas, (Galindo,2018).

Se proponen materias primas para tratar el agua extraída de la naturaleza sin gases; De esta manera, las tecnologías actualizadas se pueden hacer sin un alto costo y se puede acceder a todos porque se espera que puedan romper la idea de usar productos industriales tradicionales, como sulfato. Aluminio, sulfato de hierro, entre otras cosas, para tratar el agua. El tamarindo (*Tamarindus indica*) en el Ecuador ha tenido una gran acogida ya que los productores promueven la siembra para producir distintas y nuevas fuentes de ingreso, sabiendo que el precio de la fruta es conveniente, además su producción no necesita grandes ingresos, y en el proceso de siembra no requiere considerables cantidades de agua, solo en sus primeros años de producción, es así que al venderse se producen residuos que no se los reutiliza (*El Diario, 2012*).

En esta investigación se evaluó las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial, ya que a las semillas de tamarindo no se les da el uso adecuado, siendo un residuo que puede ser aprovechado de mejor manera en el medio ambiente (Astudillo, 2016).

El agua es un factor importante para la vida humana y la salud, que el agua natural tiene materiales contaminados debido a diferentes posiciones, como la erosión del suelo, los metales de fusión, la violación de los materiales orgánicos y otros. Pueden crear esta parte del ciclo de la naturaleza lleno de agua. Debido al aumento de la población, el desarrollo industrial, las fábricas, aumenta la contaminación del agua, afectando la capacidad del agua y reduciendo el consumo de esta conveniencia (*Martel, 2009*). Una de las razones para preparar esta encuesta es la contaminación debido a muchas industrias e industrias industriales que pagarán las aguas residuales para contaminantes altos y orgánicos, lo que llevará a la enfermedad y la vida. Evalúe (*Tamarindos solo L.*) como eliminación natural de la carga de contaminación con tratamiento de agua en comparación con un material.

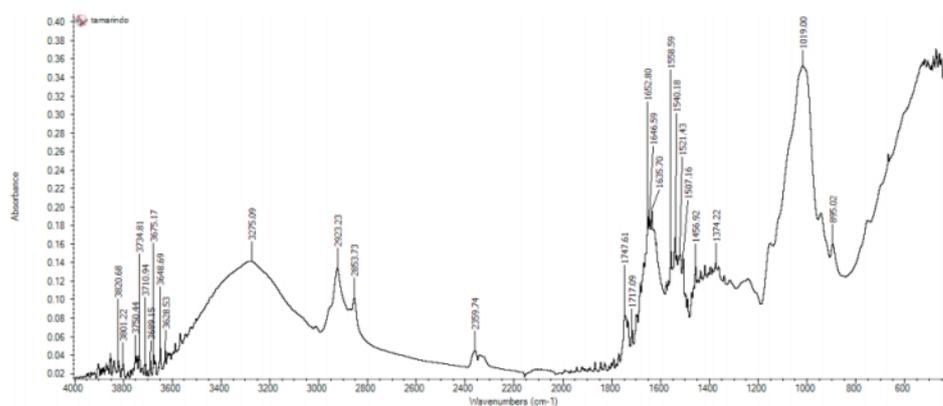
Apliqué mis semillas porque son residuos de la industria agrícola, además de los conocimientos y la pulpa parte de la cadena alimentaria, a fin de utilizar los restos no históricos (Vida Sana, 2019). La aplicación de semillas no contiene ninguna contaminación o problemas graves de salud humana. Por tal motivo esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante natural para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas en relación a un coagulante comercial. Demostrando que los residuos orgánicos pueden transformarse en un subgrupo y materia prima útil para el tratamiento de aguas, para fundamentar las bases de un modelo de reciclaje (*Bravo, 2017*).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

La función actual es un tipo de investigación para explicar porque están tratando de determinar los criterios para los efectos de la influencia al evaluar la coagulación obtenida de mí (presentaciones de Tamarindos) para reducir la carga que causa la contaminación para tratar el agua en comparación con el comercio de coagulación (Nader, et al., 2018). En este proyecto, se aplicó un estudio de documentos, donde se aplicaron documentos documentados en la base de datos de área definida y luego el diseño de la prueba se utiliza para cambiar uno en las variables de pH independientes, la concentración de coagulación se asocia con más tarde y después de las tecnologías utilizadas, formulan los documentos que analizan y análisis de contenido, se utilizó como herramientas como bases de datos: Scopus, SciLo, Springer, Ciencias en vivo, programas de referencia, vehículos digitales para el almacenamiento, utilizando oficinas y computadoras portátiles en el laboratorio, (*Bernal, 2016*). De la misma manera, otra técnica utiliza un monitoreo simple considera instrumentos, imágenes, videos, blogs y guías sobre acciones desarrolladas en el laboratorio. Las técnicas de procesamiento de datos utilizadas en esta encuesta son la clasificación, las tablas, las tablas y la comparación de datos, mientras que el análisis, se ha aplicado, diseño completamente aleatorio o diseño de ANOVA.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las propiedades de Tamarindos (*Tamarindus*) se refieren a una descripción de la semilla, el dispositivo FTIR se ha utilizado, con plantillas sólidas, para seleccionar diferentes grupos funcionales en la figura. 1 abajo.

**Figura 1.** Espectro obtenido del polvo de la semilla de tamarindo

**Fuente:** Captura tomada del espectrofotómetro FTIR Thermo Scientific Nicolet iS10

En el espectro infrarrojo, desglosado en la Tabla 1, constan los diferentes picos presentes en la muestra, los cuales integran los grupos de alcoholes y fenoles (O-H, C-O), aminas (N-H), enlaces simples, dobles enlaces, y grupos carboxilos.

**Tabla 1.** Identificación de grupos funcionales según la longitud de onda

Longitud de onda $\text{cm}^{-1}$	Grupo Funcional
3820.68	OH libre
3801.22	OH libre
3675.17	OH libre
3648.69	Alcohol primario
3628.53	Amina primaria
3275.09	Alcohol polimérico
2923.23	Alcanos CH <sub>2</sub>
2853.73	Alcanos CH <sub>2</sub>
1747.61	Cetona
1717.09	Esteres- Ácidos Carboxílicos
1652.59	Alqueno
1646.59	Alqueno, Carbonilo
1635.70	Aminas Primarias
1558.59	Aminas Secundarias
1540.18	Aminas secundarias/Anillo aromático
1521.43	Anillo aromático
1507.16	Anillo aromático
1456.92	Alcano/Metilo

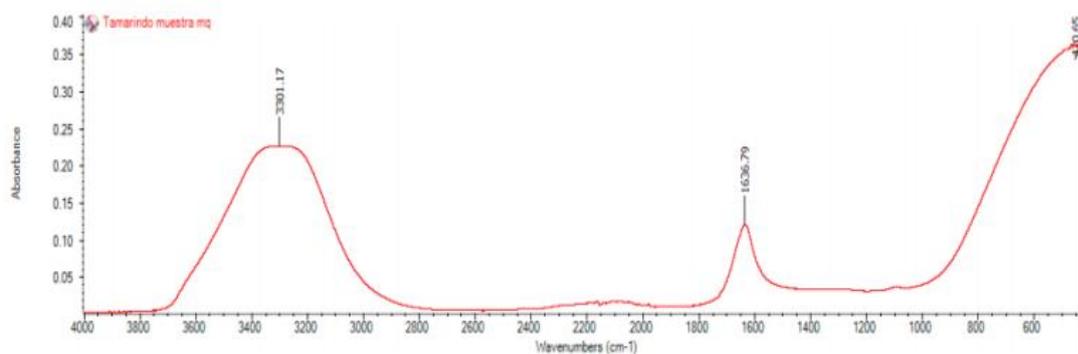
**Elaborado por:** Grupo investigador

En el espectro realizado a la semilla de tamarindo se obtuvo la presencia de grupos funcionales como aminas y grupos carboxilo los cuales, según el trabajo realizado por

**Monge & Quijano (2002)**, están presentes en la estructura de los aminoácidos como el ácido glutámico y aspártico, con lo cual se puede comparar con la investigación realizada por **Campos et al., (2003)** donde proponen que el ácido glutámico y aspártico presentes en la Moringa oleífera poseen componentes responsables de la coagulación ya que presentan cargas positivas y negativas que desestabilizan las partículas y por otra parte también coagulan el agua residual.

Caracterización de la solución acuosa de coagulante de semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) Una vez identificado los grupos funcionales de la muestra en sólido, se procede a realizar el espectro al coagulante en medio líquido ya obtenido previamente a partir de las semillas de tamarindo, en el cual se observó una pérdida de varios enlaces como se observa en la figura 2.

**Figura 2.** Espectro obtenido del coagulante a partir de la semilla de tamarindo



**Elaborado por:** Grupo investigador

Se observó presencia con señales de importancia de varios grupos OH en un rango de 3200 a 3650  $\text{cm}^{-1}$ , siendo el de la muestra de 3355.31  $\text{cm}^{-1}$  el cual puede provenir del agua ya que es el solvente aplicado al preparar la solución de coagulante. También según la figura 10 se tiene presencia de grupos funcionales los cuales se encuentran en un rango de 1850 a 1540  $\text{cm}^{-1}$  siendo el de la muestra de 1637.13  $\text{cm}^{-1}$  relacionando a los alquenos en los enlaces  $\text{C}=\text{C}$ -, y también se encuentra en el rango de las aminas  $\text{NH}_2$ , en las vibraciones de flexión del enlace N-H, en un rango de 1640 a 1560. Igualmente como se observó el espectro del coagulante obtenido de la extracción de la semilla de tamarindo se presenta grupos funcionales como las aminas las cuales están presentes en aminoácidos como el ácido aspártico y glutámico y de acuerdo a la investigación realizada por **Gurdián & Coto, (2011)** se determina que al igual que la Moringa oleífera, la semilla de tamarindo

está constituido, por aminoácidos como glicina, leucina, ácido aspártico y glutámico donde estos dos últimos son solubles en agua y serían los responsables de la coagulación. Los potenciales de Zeta están relacionados con Van Der Waals, que aparecieron al atraer y empujarlos a los factores de invierno natural se obtienen de las semillas de tamarindo. En particular, los resultados de los valores negativos se asocian con la energía que atrae si el agente de invierno tiene valores positivos relacionados con la expresión de energía.

**Tabla 2.** Resultado del potencial zeta de solución acuosa de coagulante natural

Muestra	Potencial Z <sup>2</sup> (1mg/10mL)	Potencial Z <sup>3</sup> (1mg/100mL)	Unidades
Solución acuosa (coagulante de semillas de Tamarindo)	-8.9	-25.2	mV

**Elaborado por:** Grupo investigador

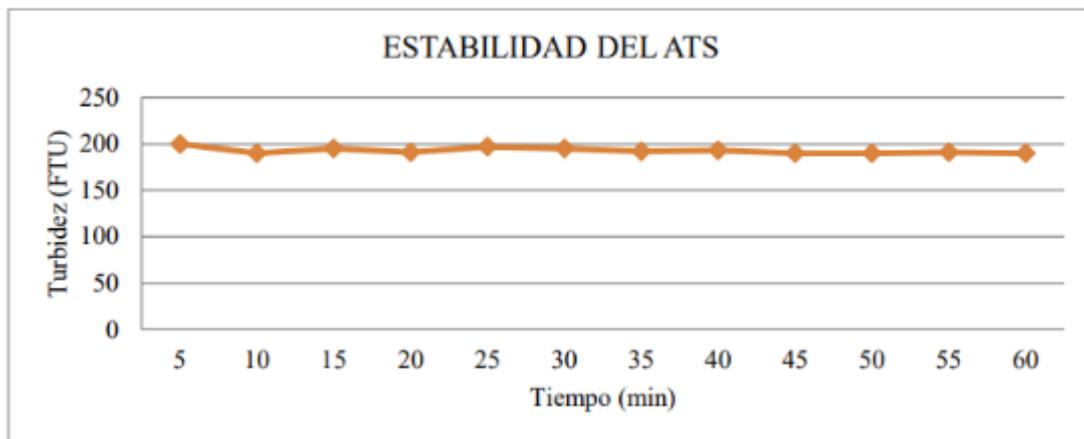
En la tabla 2 se puede observar los resultados obtenidos de la solución coagulante obtenida de semilla de tamarindo donde el primer resultado es una muestra diluida con agua tipo 1, con un factor de dilución de 10, dando como resultado -8.9 mV, y el segundo resultado es una muestra diluida con agua tipo 1 con un factor de dilución de 100, que tiene como resultado -25.2 mV. Todos estos resultados demuestran que la solución coagulante mientras más se encuentre diluida posee más carga de atracción. Y se determina que, a menor concentración, mayor cantidad de carga de atracción. Por medio de los resultados obtenidos se puede comparar con el trabajo realizado por Léo, Lima, Paulo, & Duarte (2009), en donde compararon la eficiencia con respecto al potencial zeta entre el sulfato de aluminio y la Moringa oleífera donde obtuvieron que la mejor remoción en cuanto al sulfato de aluminio varía entre 79% y 86% con el potencial zeta -25.40 mV y en la Moringa oleífera su potencial zeta es de -24.90 mV dando como mejor remoción el 74%, (Guardado, & Hernández, 2017).

**Estabilidad del agua sintética** El estudio de estabilidad del agua turbia sintética se elaboró mediante la medición de la turbidez realizado cada cinco minutos hasta completar una hora, donde el agua turbia presentó las siguientes características de pH, y de turbidez.

- Turbidez 193±1 FTU
- Y un pH de 6.70

Se realizó con la finalidad de ver si el agua turbia sintética posee una variación en su estabilidad con respecto al tiempo, como se puede apreciar en la figura 3 donde se establece que no hay una variación notable en el periodo de una hora.

**Figura 3.** Estabilidad del agua turbia sintética



**Elaborado por:** Grupo investigador

También se puede ver en la Figura 3, se realizó la desviación normativa de la síntesis de la nube, con agua es estable y no hay una variable significativa.

**Figura 4.** Desviación estándar del ATS

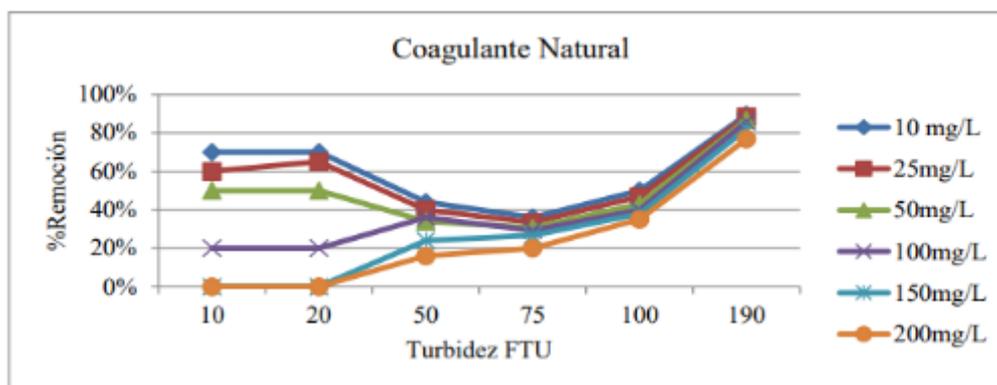


**Elaborado por:** Grupo investigador

Determinación del porcentaje de remoción de la turbidez en función al incremento de la concentración de la solución acuosa obtenida de semillas de tamarindo indica -coagulante para determinar el porcentaje de remoción de turbidez, se realizaron pruebas con el equipo de Prueba de Jarras donde se utilizaron muestras de agua turbia sintética preparada con diferentes niveles de turbiedad, las cuales son: baja (10, 20 FTU), media (50,75 FTU), alta (100, 190 FTU) y en la cual se puede observar los distintos cambios que se obtuvo al

colocar las concentraciones propuestas de solución acuosa del coagulante natural. En los resultados se puede observar el porcentaje de remoción de turbidez en función a la concentración de la solución del coagulante natural (extracto acuoso de semilla de tamarindo), y el tradicional (sulfato de aluminio), donde se puede apreciar que en una turbiedad baja se tiene mayor remoción al colocar la menor concentración 10 mg/L y se observó una dispersión alta en la variación de remoción. En una turbiedad media se remueve en mayor cantidad con una concentración de 10 mg/L y se puede observar una dispersión media; y por otra parte en una turbiedad alta se obtiene mejor remoción en una concentración de 10 mg/L y con respecto a su variación de remoción existe una dispersión mínima con valores de 77%, 82%, 86%, 87%, 88%, y 89% de remoción (Ojeda, 2012). Estableciendo una relación se puede decir que, de acuerdo con la potencial zeta, cuando hay menos concentración tiene mayor capacidad de atracción lo cual se demuestra en esta prueba.

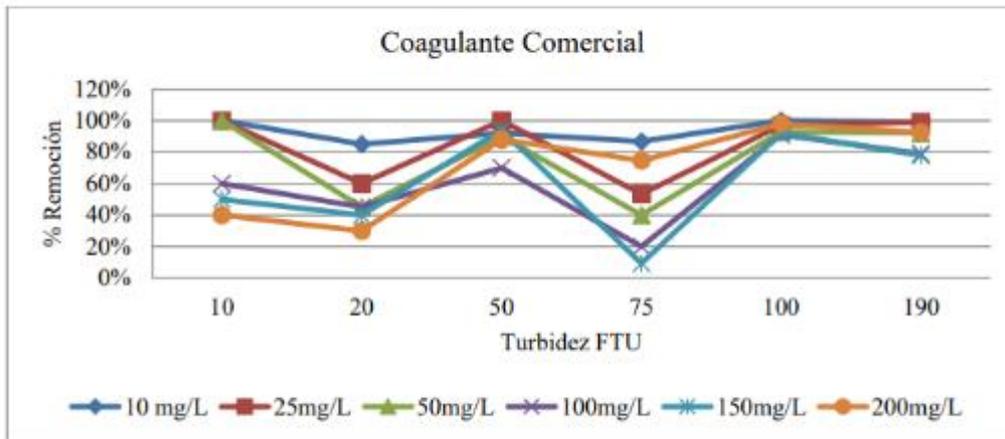
**Figura 5.** Relación entre los valores de turbidez y el porcentaje de remoción según la concentración de coagulante natural



Elaborado por: Grupo investigador

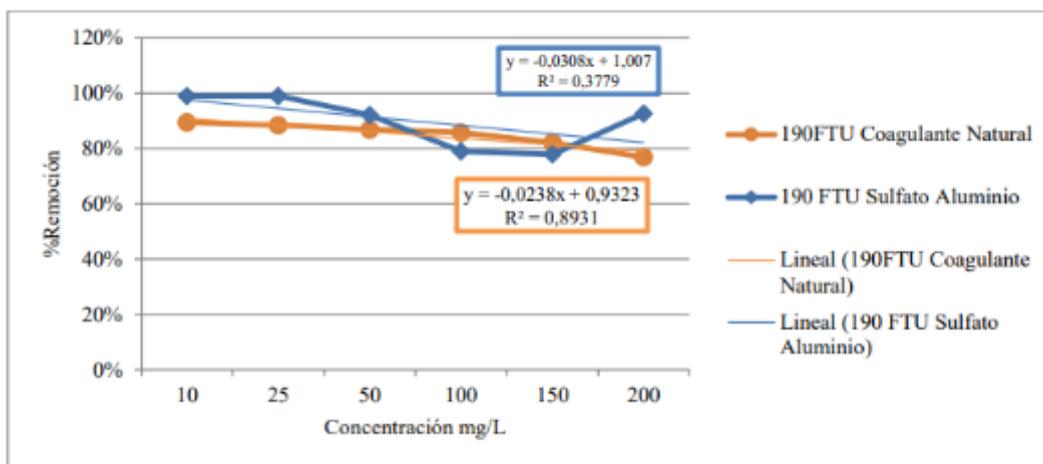
En relación al sulfato de aluminio en la figura 6, se puede establecer, considerando las tres categorías de turbiedad, baja, media y alta, que en una turbiedad baja la menor concentración siempre da mejores resultados de remoción, valores comprendidos entre 40% al 100% de remoción, mientras que en aguas con turbiedad media se tiene una remoción entre 20% y 100%, mientras que en aguas con alta turbiedad una remoción 80%-100% y generalmente con concentraciones de 10 mg/L.

**Figura 6.** Relación entre los valores de turbidez y el porcentaje de remoción según la concentración de sulfato de aluminio



Elaborado por: Grupo investigador

**Figura 7.** Coeficiente de determinación en turbiedad 190 FTU en diferentes valores de concentración de coagulante



Elaborado por: Grupo investigador

Además, se ha aplicado un modelo deportivo para predecir la regresión lineal más allá cuando la función de pendiente es comparable, teniendo en cuenta los valores correctos con un mejor desaliento, así como concentraciones en la resolución de agua congelada. Desea determinar la relación entre la tasa de eliminación con el enfoque del adhesivo, donde podemos decir que cuando aumenta la concentración de coagulación, se reduce el borrador. Por lo tanto, dependiendo de la dirección, se aprecia que cuando aumenta su concentración, reduce su absorción, dependiendo de la forma que se creó. La tasa de retiro también es similar a su coeficiente de diseño de alto nivel de alto nivel de 190. Aluminio

y pegamento natural son esta persona que contiene 0.8931, los datos más confiables, cuando se acercan al marco lineal ideal, tienen una relación fuerte .

**Tabla 3.** Resultado de coeficiente de determinación de solución se coagulante natural y coagulante comercial

Turbidez inicial FTU	R <sup>2</sup>	Pendiente
190FTU Sulfato de Aluminio	0.3779	0.0308
190FTU Coagulante Natural	0.8931	0.0238

**Elaborado por:** Grupo investigador

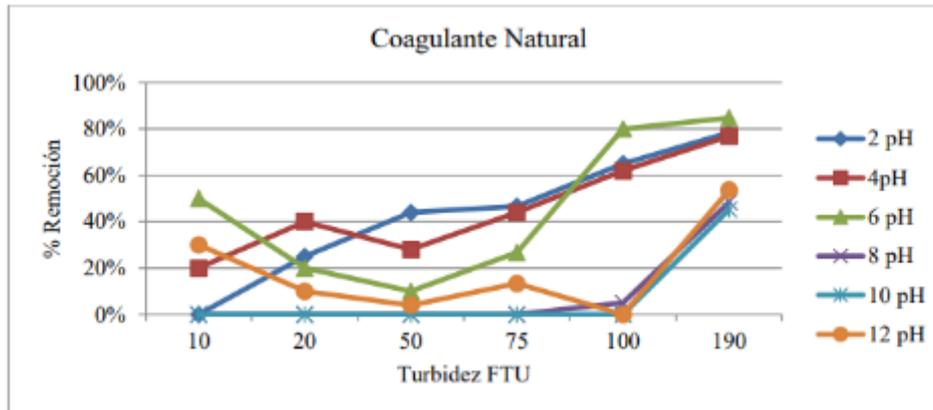
Según lo establecido por *Guardado & Hernández (2017)* en su investigación acerca de la evaluación de la efectividad de semilla de tamarindo, se dio a conocer que el extracto de las semillas de tamarindo tuvo un porcentaje de remoción del 55.33% en aguas de baja turbidez tomando en cuenta sus mejores condiciones. Y los resultados obtenidos en esta investigación se asemejan a los obtenidos por (*Carrasquero et al., 2017*) que emplearon una dosis óptima de coagulante natural extraído de la cáscara de papa y los residuos de plátano, la cual fue de 50 mg/L en una turbidez inicial de 200 UNT y llegando al porcentaje de remoción de 93.8%.

Identifique la eficiencia del valor de pH en comparación con la determinación de la figura de hidrógeno, en el tratamiento con una solución congelada natural de semillas y una solución de aluminio de azufre comercial, con una colección de valores de pH diferente, debido a lo obtenido, el sulfato de aluminio tiende a reducir el pH del agua. Por lo tanto, es necesario otro material para los bordes calificados para lograr. En el tratamiento con adhesivos naturales, el pH original es 6.70 después de aplicar diferentes concentraciones congeladas, el pH final obtiene menos de 6.83 resultados importantes, de acuerdo con los estándares de calidad objetivo.

Calificado de 6-9. El pH puede cambiar el porcentaje de retiro obtenido por materiales congelados en tratamiento de agua, es decir, cuando se eleva el pH, la tasa de abstinencia se reduce, mientras que el pH es menor, y su tasa de eliminación es más. Según este estudio, el pH, tiene cambios significativos en cada tratamiento de fabricación. Pruebas hechas de diferentes secuencias de la figura de hidrógeno 2, 4, 6, 8.10 y 12, donde mostraron al aplicar una solución de agua congelada natural, cambios significativos relacionados con la eliminación del pH de la eliminación de la turbidez y se selecciona en el rango de pH [2-6] , Elimina el pavo más grande. Por lo tanto, debe usarse, si la

insurgencia de la insurgencia se resuelve, al pH ácido, estos rangos están más encadenados para eliminar el agua (Tenelanda, & Muyulema, 2013).

**Figura 9.** Porcentaje de remoción de turbidez, con diferentes valores de turbidez con respecto al pH aplicando coagulante de sulfato de aluminio



**Elaborado por:** Grupo investigador

En la figura se puede determinar que en un rango de pH 2 - 6 y con una concentración de 10 mg/L de solución acuosa de coagulante natural, se puede obtener mayor porcentaje de remoción en el agua, de la misma manera actúa aplicando rangos de turbidez altos - 190FTU-. En pH 6 su mayor remoción es de 80-85% de turbidez seguido del pH 2 y 4 de 65% a 78% de remoción

En el caso del coagulante comercial –sulfato de aluminio- tiene mayor remoción con un pH de 6, con una concentración de 10 mg/L y aplicando en aguas turbias con valores altos. Según los trabajos realizados por Anuradha, (2006) y de Mishra, (2006), donde emplearon el mucilago extraído de las semillas de tamarindo para evaluar la eficiencia en la remoción de fosfatos y sulfatos, en la cual alcanzaron un 73%- 75% como máxima remoción trabajando con pH ácido, y de la misma manera, en el trabajo realizado por **Gurdián & Coto (2011)**, obtuvieron que la semilla de tamarindo tiene mejor desempeño de remoción en pH ácido dando como resultados una remoción del 75 al 85%. 4.7. Comparación de Sulfato de Aluminio y coagulante obtenido de semillas de tamarindo En esta sección se procede a comparar la remoción que ocasiona el coagulante natural obtenido de semillas de tamarindo, en las mejores condiciones de pH y de concentración, en relación al coagulante comercial sulfato de aluminio, para evaluar cuál es el mejor. Para hacer la comparación se realizó un diseño completamente al azar en donde se tomó un factor de entrada – coagulantes-, el mismo que tiene dos niveles los cuales son:

coagulante natural (obtenido de semillas de tamarindo) y coagulante comercial (sulfato de aluminio), con una variable de salida el porcentaje de remoción, considerando para cada uno de los coagulantes las mejores condiciones en donde han tenido el mayor rendimiento, los cuales son en una concentración de 10 mg/L y un pH 6, los mismos que van a actuar en el agua turbia sintética ya preparada a una turbiedad de 190 FTU. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y se plantearon las siguientes hipótesis: H0= El porcentaje de remoción de turbidez del coagulante natural es igual al porcentaje de coagulante comercial (sulfato de aluminio). H1= El porcentaje de remoción de turbidez de coagulante natural es diferente al porcentaje del coagulante comercial, (Sandoval, et al., 2017).

**Tabla 4.** ANOVA de comparación de porcentaje de remoción

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
‡ Remoción	6	0.99	0.99	0.62	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	160.17	1	160.17	480.50	<0.0001
Remoción	160.17	1	160.17	480.50	<0.0001
Error	1.33	4	0.33		
Total	161.50	5			

**Elaborado por:** Grupo investigador

A través de los resultados de la tabla se determina el valor de p, menor a 0.05, con lo cual se deduce que se rechaza a la hipótesis de igualdad de varianzas (H<sub>0</sub>) aceptando la alternativa, en la cual se establece que existe diferencia en los porcentajes de remoción de turbidez al usar el coagulante comercial sulfato de aluminio y el coagulante natural obtenido de semilla de tamarindo. Se realizó la prueba de Tukey para definir si existió un mayor porcentaje de remoción.

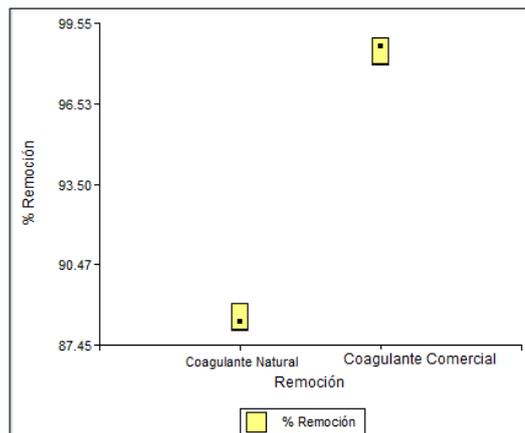
**Tabla 5.** Test de Tukey de acuerdo al porcentaje de remoción

<i>Alfa=0.05</i>		<i>DMS=1.30883</i>	
<i>Error: 0.33</i>		<i>gl:4</i>	
Factor	Medias	n	Agrupación
<b>Remoción C.N.</b>	88.33	3	A
<b>Remoción C.C</b>	98.67	3	B

**Elaborado por:** Grupo investigador

Se presenta según la prueba de Tukey que el porcentaje de remoción del coagulante natural (C.N.) y del coagulante comercial (C.C.) son diferentes ya que se evidencia que las medias no comparten la misma letra (Tabla 5), con esto se corrobora que el mayor porcentaje de remoción es al aplicar el coagulante comercial (sulfato de aluminio).

**Figura 10.** graficas de cajas, comparación de porcentaje de remoción entre coagulante natural entre coagulante comercial en condiciones óptimas -10mg/L,pH6.



**Elaborado por:** Grupo investigador

Según los cuadros obtenidos del análisis, obviamente no hay superposición en ambos casos. El 99% de los resultados del material de siembra que viene mejor con los resultados del 89%. Entre dos materiales, sulfato de aluminio comercial, hay una mejor represión detrás de los adhesivos naturales obtenidos de mí. *Carcio et al. (2019)* Al estudiar la eliminación de asesinatos utilizando semillas de Tamarindos, solo como la coagulación, informó que al aplicar el Condado en 2007.6% de la tasa de eliminación con la concentración de 50 mg / l, hermosos sulfatos de aluminio, me he borrado mejor aplicando Centrarse de 10 mg / l en 75 millones de agua, lo que resulta en una eliminación del 96.8% y concluyó que en un país de perforación alto. *Salgado (2018)* lideró su trabajo de investigación al evaluar las semillas de tamarin en el tratamiento de aguas superficiales, donde obtuvieron un impacto de eliminar el 40% al 74% a través de la aplicación de los monos de agua secos. Esto se determina, aunque la coagulación natural no contiene la misma tasa de retiro que los factores comerciales, tienen retiros en el proceso de solicitar un enfoque mínimo y agua turbia.

#### **4. CONSIDERACIONES FINALES**

Las semillas de tamarindo y su extracto acuoso poseen grupos funcionales, aminos y ácidos carboxílicos, presentes en la estructura de las sustancias ácido glutámico y ácido aspártico que se consideran responsables del proceso de coagulación. Puede verse a través de posibles resultados de ZEETA que se obtienen de mí, al menos la concentración es mayor porque se ha demostrado que es una solución congelada natural y tiene un cargo extra atraído. La actividad de los boicots de ME ha eliminado la baja concentración, lo que significa que el enfoque congelado más grande será el valor de eliminar el agua. En comparación con el sulfato de aluminio, la coagulación natural si hay una eliminación aceptable con un valor del 89%. Con respecto al sulfato de aluminio, por un 99%, esta es la mayor remoción de este estudio. Concluyó que las condiciones más óptimas para una buena tasa de retiro, para los materiales de invierno natural, tenían un conjunto de pH 2 y 6 y en congeladores comerciales con pH 6. En comparación con el congelado natural obtenido de las píldoras tintadas tradicionales y el aluminio comercial tradicional, solo se pueden estimar en circunstancias óptimas de 10 mg / l, y a 6 pH en ambos casos, las existencias comerciales son mayores que la tasa de eliminación de los adhesivos naturales después de En el esquema de la caja, la diferencia entre los coágulos de sangre se aplica cuando el agente de invierno es una inhibición más grande de los adhesivos naturales naturalmente.

#### **5. LISTA DE REFERENCIAS**

- Astudillo, W. (2016). Falta de control en la contaminación del agua provocado por los desechos tóxicos de las industrias al Río Machángara y la vulneración de los derechos ambientales. Quito, Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8244/1/TUCE-0013-Ab-428.pd>.
- Bernal, C. A. (2016). Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales (Pearson educación (ed.); Tercera, Vol. 3). Orlando Fernández.
- Bravo Gallardo., M. A. (2017). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. Bogota. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5609/1/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pd>

- Campos, J., Colina, G., Fernández, N., Torres, G., Sulbarán, B., & Ojeda, G. (2003). Caracterización del Agente Coagulante Activo de las Semillas de Moringa Oleifera Mediante HPLC. Maracaibo, Venezuela.
- Carrasquero Ferrer, S. J., Montiel Flores, S., Faría Perche, E. D., Ferrer Parra, M. P., Marín, J. C., & Díaz Montiel, A. R. (2017). Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 90–99.
- Carrasquero, S., Martínez, M., Castro, M., López, Y., Díaz, A., & Colina, G. (2019). Remoción de turbidez usando semillas de *Tamarindus indica* como coagulante en la potabilización de aguas (Vol. 4).
- CEPAL. (2011). Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. Diagnóstico de La Información Estadística Del Agua. Retrieved from <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las estadísticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf>.
- EL DIARIO. (6 de enero de 2012). Rentabilidad del tamarindo seduce. pág. <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/216042-rentabilidad-del-tamarindoseduce/>.
- FLACSO. (presidente de la Asamblea Constituyente y asambleísta octubre 2007-julio 2008. de enero-julio de 2007). Ministro de Energía y Minas. Concentración y contaminación del agua (Ecuador). ALAI, América Latina en Movimiento.
- Galindo, G. (2018). “Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo b en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – EMAPA PASCO” granulado tipo b en la planta de tratamiento de agua. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Retrieved from [http://200.60.60.43/bitstream/undac/347/1/TESIS\\_GIANCARLO\\_GALINDO\\_YANTAS1.pdf](http://200.60.60.43/bitstream/undac/347/1/TESIS_GIANCARLO_GALINDO_YANTAS1.pdf).
- Guardado, O., & Hernández, A. (2017). Evaluación de la efectividad de floculantes naturales en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavandería industrial, utilizando el cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*). Universidad del El Salvador.
- Gurdián, R., & Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de coagulación (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales.

- Tecnología en Marcha (Vol. 24). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835564>
- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales. Reduction of water turbidity using natural coagulants.
- Martel, A. B. (2009). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Capítulo 1. Retrieved from [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1\\_tomo1\\_cap1.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1_tomo1_cap1.pdf).
- Monge, P., & Quijano, G. (2002). Estudio técnico económico para optimizar el proceso de recuperación del ácido glutámico a través de torres de resina de intercambio catiónico. Universidad Nacional de Ingeniería. Retrieved from [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1016/3/monge\\_rp.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1016/3/monge_rp.pdf).
- Nader, D., Panunzio, A., Navarro, M., & Hernández, I. (2018). La investigación científica: una función universitaria a considerar en el contexto ecuatoriano. Revista EDUMECENTRO, 10(4), 166–179. <http://www.revedumecentro.sld.cu/index.php/edumc/article/view/1249>.
- Ojeda Báez, L. F. (2012). Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del *Tropaeolum Tuberosum*, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasí de la EPMAPS. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Salgado, M. A. (2018). Evaluación de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la remoción de turbidez de aguas superficiales. Universidad de Sucre. Retrieved from <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/642/1/T581.64 S164.pdf>.
- Sandoval, L., Palacios, L., Piña, M., & Guzmán, L. (2017). Potencial zeta como una herramienta para determinar la aglomeración de las partículas en la reducción del volumen del lodo a disponer. México. Retrieved from <http://elaguapotable.com/POTENCIAL ZETA COMO UNA HERRAMIENTA PARA DETERMINAR LA.pdf>.
- Tenelanda, F., & Muyulema, J. (2013). “Optimización de la unidad de floculación y calidad, microbiológica y fisico-química del agua del sistema de abastecimiento de la Parroquia Sinincay.” Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4751/3/Tesis.pdf>

VIDA SANA. (2019). El Tamarindo: Características y Beneficios. Obtenido de <https://www.vidasanaecuador.com/2014/10/el-tamarindo-caracteristicas-y.html>