

## **TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIAL EMPLEANDO COMO COAGULANTE ALMIDÓN DE SEMILLA DE MANGO (MANGIFERA INDICA L. VARIEDAD CRIOLLA)**

Blanca Romero Guzmán<sup>1</sup>, Juana Huamán Malla<sup>2</sup>, Nino Castro Mandujano<sup>2</sup>

1) Departamento de Química, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Av. Juan XXIII, N° 339, Lambayeque, Perú. Correo electrónico: blaneco@hotmail.com

2) Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM. Av. Germán Amezaga 375, Cercado de Lima, Lima, Perú. Correo electrónico: jhuamanm@unmsm.edu.pe, ocastrom@unmsm.edu.pe

*Recibido: Agosto de 2021; Aceptado: Diciembre de 2021*

### **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia del almidón de la semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L. variedad criolla) en comparación con el sulfato de aluminio como coagulantes en la remoción de la turbidez del agua del canal "Las Mercedes", ubicadas a 2 km del Distrito de Pomalca, Chiclayo–Perú. Las semillas del mango fueron caracterizadas mediante un análisis proximal y FTIR, también se determinó compuestos fenólicos, amilosa y amilopectina; luego, se realizó la extracción del almidón y se prepararon las soluciones coagulantes a diferentes concentraciones (10, 20, 30, 40 y 50 mg·L<sup>-1</sup>). Finalmente, se aplicó el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, empleando el método de Jarras, midiéndose la turbidez y el pH. Los resultados muestran que el almidón técnico de la semilla de mango criollo removió el 72% de turbidez con una dosis de 30 mg·L<sup>-1</sup> alcanzando 4,87 ± 0,185 UNT, el cual cumple la Norma Sanitaria Peruana (D.S. N° 031–2010) y el sulfato de aluminio removió 87,64% de turbidez con una dosis de 20 mg·L<sup>-1</sup>, alcanzando 2,14 ± 0,145 UNT.

**Palabras clave:** remoción, *Mangifera indica*, almidón, floculación.

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the efficiency of the starch of the seed of Creole mango criollo (*Mangifera indica* L. creole variety) in comparison with the aluminum sulfate as coagulants in the removal of the turbidity of the water of the channel "Las Mercedes", located at 2 km from the District of Pomalca, Chiclayo–Peru. Mango seeds were characterized by proximal analysis and FTIR, phenolic compounds, amylose and amylopectin were also determined; then, starch extraction was carried out and coagulant solutions were prepared at different concentrations (10, 20, 30, 40 and 50 mg·L<sup>-1</sup>). Finally, the coagulation, flocculation and sedimentation process was applied, using the jar method, measuring the turbidity and pH. The results show that the technical starch of the mango creole seed removed 72% of turbidity with a dose of 30 mg / L reaching 4.87 ± 0.185 UNT, which complies with the Peruvian Sanitary Standard (DS N ° 031–2010) and the Aluminum sulfate removed 87.64% of turbidity with a dose of 20 mg/L, reaching 2.14 ± 0.145 UNT.

**Keywords:** removal, *Mangifera indica*, starch, flocculation.

### **INTRODUCCIÓN**

El mango es una de las 15 frutas más comercializadas en estado fresco en el mundo, cerca de 800.000 Tm. En el 2004, las exportaciones del mango totalizaron 840.241 toneladas lo que representa un aumento del 5%, tras el incremento del 41% logrado el 2003. En la región de América–Latina y el Caribe siguió la mayor exportadora de mango fresco representando más del 50% del total mundial en 2004 [1].

El crecimiento de la población, desarrollo de las ciudades, avance de la industria, agricultura y otras actividades; han ocasionado un aumento en la demanda de agua potable. En la actualidad, la falta de agua segura para el consumo humano es la principal y más urgente

problema relacionados con la salud. 785 millones de personas carecen de un servicio básico de agua potable, incluidos 144 millones de personas que dependen del agua superficial [2]

En el tratamiento del agua para consumo humano es necesario la potabilización que consta de diferentes procesos, entre ellos la coagulación que consiste en adicionar sustancias químicas siendo el más utilizado, el sulfato de aluminio [3], debido a su alta efectividad para la remoción de la turbidez, pero, que puede ser fácilmente asimilado por el hombre, con potenciales consecuencias negativas a la salud humana. Varias investigaciones han demostrado las asociaciones entre la exposición al aluminio residual presente en el agua potable y el riesgo de deterioro cognitivo, demencia y enfermedad de *Alzheimer*, enfermedades del sistema nervioso [4, 5]. Por lo que es necesario buscar alternativas de coagulantes que se pueden obtener de animales, microorganismos y también de plantas [6]; así, *Moscozo* en su investigación del 2016, usa el almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación–floculación en sistemas de tratamiento de agua para potabilización en *Guatemala* [7].

Las investigaciones de *Martínez* [8], realizó con extracto de las semillas de mango variedad manzana, en el proceso de potabilización de aguas de diversos niveles de turbidez inicial, trabajo con muestras simuladas. Para sus análisis, usó el ensayo de jarras para simular el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, y determinar la efectividad de una solución coagulante preparada con el extracto de semillas de mango, y compararla con la correspondiente al coagulante químico. El extracto de semillas de mango disminuyó los valores de turbidez inicial a valores iguales o menores que los establecidos por las normas de calidad del agua de *Venezuela* (5 UNT), en aguas de alta y media turbidez, representando porcentajes de remoción superiores al 90% [8].

En el ámbito mundial existe interés por la conservación del medio ambiente y el aprovechamiento de residuos generados en los procesos agroindustriales, tal es el caso del mango criolla (*Mangifera indica L variedad criolla*), fruta estacional de verano de la zona norte del *Perú*, con generación de residuos: cáscara y semilla (endocarpio y almendra, representa aproximadamente el 18% del fruto), siendo esta última rica en carbohidratos [9], la cual no se aprovecha por desconocimiento y forma parte de los residuos orgánicos arrojados al suelo y cuerpos de agua contaminando el ambiente.

El principal objetivo de este trabajo de investigación es obtener almidón de la almendra de mango de la variedad criollo y utilizarlo como coagulante frente al sulfato de aluminio, en la remoción de la turbidez del agua de un canal.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

**La muestra.** Para el trabajo experimental de la remoción de la turbidez del agua, la muestra problema, el efluente fue muestreado del canal “*Las Mercedes*” ubicada 2 km del *Distrito de*

Pomalca–Chiclayo, Departamento de Lambayeque–Perú.

**Preparación del coagulante.** Los frutos de mango (*Mangifera indica L.*), fueron obtenidos del mercado “Modelo” en *Lambayeque – Perú*, durante la etapa de cosecha en el mes enero 2020, su semilla fue removida, se separó el endocarpio y la almendra. Luego, las almendras fueron secadas a 40°C en una estufa durante 48 horas, después, cortadas en pequeños trozos, molidas, tamizadas en malla N° 100 y almacenada a 20°C hasta el día de su uso.

**Caracterización de la almendra de mango criollo.** Los análisis que se realizaron para caracterizar la almendra del mango criollo son los siguientes:

a) **Análisis proximal.** Se realizó la determinación del porcentaje de la humedad, porcentaje de cenizas, porcentaje de proteína, contenido de carbohidratos, todos estos análisis según la metodología de la AOAC y la *Farmacopea Brasilera* [10, 11]

b) **Identificación de los grupos funcionales.** Para identificar los grupos funcionales de la almendra, se realizó el análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de *Fourier* (FTIR), el equipo fue un espectrofotómetro infrarrojo *Perkin Elmer*, así de esta forma comprobar la presencia de los grupos O–H.

c) **Determinación de compuestos fenólicos.** La determinación de fenoles se realizó mediante la técnica de *Folin–Ciocalteau*, la cual se basa en la propiedad de los fenoles de reaccionar frente a agentes oxidantes. Este reactivo contiene molibdato y tungstato sódico que, al reaccionar con los compuestos fenólicos presentes, forman complejos fosfomolíbdico–fosfatungstico. En medio básico la transferencia de electrones reduce estos complejos a óxidos de tungsteno ( $W_8 O_{23}$ ) y molibdeno ( $Mo_8 O_{23}$ ), cromógenos de color azul intenso que son proporcionales a la cantidad de grupos fenólicos presentes en la molécula de interés. La lectura de la absorbancia del complejo se realizó a 760 nm en un espectrofotómetro ultravioleta – visible. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico (patrón) [12].

a) **Fenoles totales (FT).** Preparación de la muestra. Se pesó 10 g de harina de almendra fue mezclada con 200 mL de agua, llevándose a ebullición por 60 minutos, enfriada y filtrada constituyendo el extracto, 1,5 mL del extracto fue mezclado con 0,5 mL del reactivo *Folin–Ciocalteu* (1N) y 1 mL de solución acuosa al 10% en peso de  $Na_2 CO_3$ . La mezcla fue incubada por 2 horas en un cuarto oscuro a temperatura de 25°C. La absorbancia fue medida a 760 nm contra un blanco usando un espectrofotómetro UV/VIS (*Hewlett Packard 8453*) [12]. Ácido gálico con concentraciones de 0,1 mg/L, fue usado como estándar y para construir la curva de calibración. El resultado fue expresado en equivalentes de ácido gálico (EAG) en mg/100 g de muestra seca.

b) **Fenoles residuales (FR).** 1,5 mL del extracto fue mezclado con los reactivos anteriormente descritos y se añadió solución de gelatina al 25% para garantizar el secuestro de taninos. Luego, se realizan las mediciones igual que el caso anterior.

**c) Taninos.** Para la determinación de taninos, se realizó la diferencia de FT y FR, las cuales son expresado en mg de ácido támico/100g de muestra seca [13].

**Extracción del almidón.** Las almendras de mango seleccionadas fueron lavadas, cortadas en trozos pequeños y colocados en una licuadora adicionando agua destilada en una relación agua–almendra (3:1), luego filtrada y sedimentada por 5 horas, eliminando el sobrenadante, obteniendo una pasta húmeda, la cual fue secada en una estufa a 40°C durante 48 horas y reducida el tamaño de las partículas del almidón mediante un mortero.

**Caracterización del almidón.** Para la caracterización del almidón se realizó los siguientes análisis:

**a) Prueba cualitativa con solución de Lugol.** Para este análisis cualitativo se aplicó la metodología de la referencia para el almidón. El cual nos indica que el análisis positivo, nos indica para la prueba de *Lugol*, una coloración azul oscura [14].

**b) Contenido de amilosa y amilopectina.** Para el análisis de estos dos carbohidratos (la amilosa y amilopectina), contenidos en el almidón. Ambas se componen de cadenas largas de moléculas de glucosa, para su determinación cuantitativa se realizó con la aplicación de la metodología de la referencia [15].

**Preparación de las soluciones coagulantes.** Se utilizó dos fiolas de 100 mL limpios y secos, a uno de ellos se añadió 1 g de almidón de almendra de mango y al otro, 1 g de sulfato de aluminio tipo A:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{ H}_2\text{O}$ , enrasadas con agua destilada, agitando continuamente (soluciones madre con concentraciones de 10.000 mg/L), a partir de las cuales se utilizó de 1 a 5 mL para tener concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L.

**Muestreo del efluente.** El agua residual, se recolectó en el canal llamado: “*Las Mercedes*” (alimentador de la *Laguna Boro*); las muestras de agua se tomaron en envases plásticos de polietileno de 20 L, por triplicado, la recolección se realizó a nivel de la superficie del canal y en la parte media. El área de muestreo se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: S 6°46' 57.17'' y O 79° 45'02.90''.

**Remoción de turbidez: Método de Jarras.** En el equipo de *Jarras* marca VELP, a cada uno de los vasos de precipitados se colocó las muestras de agua (1 L), luego se determinó la turbidez inicial. Después, se le añadió la dosis de coagulante de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L, (por triplicado) estableciéndose 5 minutos para la coagulación a 100 rpm, 20 minutos adicional para la floculación a 50 rpm y posteriormente la sedimentación [16]. Después de la sedimentación, se extrajo un volumen de 10 mL de la parte sobrenadante hasta una profundidad de 5 cm de la superficie del líquido, para evaluar la concentración de la turbidez y pH.

**Análisis estadístico.** Para el tratamiento de los datos de los diferentes análisis se utilizó el software estadístico *IBM SPSS versión 24* para determinar la diferencia significativa entre los

coagulantes almidón de almendra de mango (1) y sulfato de aluminio (2) estableciendo valores de significación < 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de la almendra de mango criollo de Lambayeque.** El peso promedio de las almendras de mango fueron 8,04% del peso total del fruto (133,48 g). En la Figura 1A, tenemos la foto del mango criollo de *Lambayeque*, en la Figura 1B, esta la semilla, en la Figura 1.C esta la semilla molida y en la Figura 1.D está el sólido de almidón de la almendra. Este almidón aislado, podríamos decir que es de grado técnico ya que no ha sido purificado, es de color ligeramente marrón por sus componentes adicionalmente como el tanino. En la Figura C, se muestra la harina de la almendra de mango y en la Tabla 1 su composición, reportado los cálculos en base húmeda (b.h.) con valores bastante cercanos a lo obtenido por Correa [9], con mango criollo de *Chulucanas*, Perú y Kuhiyop–2020 con mango del estado de *Kaduna* en *Nigeria* [16]. El color de la harina de la almendra se debe a la presencia de taninos con un contenido de 616 mg/100g de almendra de mango



A



B



C



D

Figura 1. A. Mango criollo (*Mangifera indica L* variedad criolla). B. Almendras de Mango Criollo, con Escutelo. C. Harina de Almendra. D. Almidón de la Almendra

**Caracterización del almidón de almendra de mango (AAM).** En la Figura 1D, se muestra AAM de *Lambayeque*, cuyo color es marrón oscuro por la presencia de taninos, y sobre todo las pruebas cualitativas, de la acidez y de dar color verde al hacer la prueba con cloruro de férrico. En

la Tabla 2, se muestra la composición de almidón. Los resultados son similares a 25,26% de amilosa y 74,74% de amilopectina para AAM, variedad *Tommy Atkins* de la ciudad de *Paraíba, Brazil* [17]; pero difiere del contenido de amilosa de AAM de tres cultivares indios,  $3,89 \pm 0,70\%$  variedad *chausa*;  $42,13 \pm 0,77\%$  variedad *safeda* y  $43,56 \pm 0,72\%$  variedad *Dusherri* [18].

Tabla 1. Análisis Proximal de la Almendra de Mango Criollo (AMC)

Parámetros	Promedio (%)
Grasa	2,10
Humedad	9,05
Ceniza	1,60
Proteína	3,99
Fibra	2,75
Carbohidratos	80,51

Tabla 2. Composición del Almidón de Almendra de Mango

Componentes	Porcentaje (%)
Amilosa	$29,7 \pm 0,2$
Amilopectina	$70,3 \pm 0,2$

**Identificación de grupos funcionales en el almidón de la almendra de mango (AAM).** El espectro infrarrojo del A.A.M. presenta picos a  $3.280\text{ cm}^{-1}$  y  $1.644\text{cm}^{-1}$  que se deben a la vibración y estiramiento de los grupos OH. La amplia banda que aparece a 3.280 es debida al enlace de hidrógeno de los grupos O–H presentes en la molécula de almidón [17]. Las bandas a  $2.916$  y  $2.849\text{ cm}^{-1}$  es característica del estiramiento C–H en glucosa, estos valores similares a los FTIR reportado por *Bharti* [18] de A.A.M. de cultivares indios; también se observa la banda a  $2.900\text{--}3.000\text{cm}^{-1}$  esto es debido al estiramiento C–H, comparable al análisis de *Ferreira* para A.A.M, variedad *Tommy Atkins* proveniente de la ciudad de *Paraíba, Brazil* con banda de  $2.930\text{ cm}^{-1}$  [19]. Todo esto nos indica que el almidón (que además contiene taninos por la pruebas cualitativas), nos indican que tiene grupos OH, C–O; pero no hay carbonilos C = O; esto significa que el grupo OH son los que podrían intervenir en las interacciones.

**Calidad del agua del canal “Las Mercedes” alimentador de las Lagunas Boró, Pomalca, Chiclayo.** La Tabla 3, muestra los valores de calidad del agua del canal “Las Mercedes” objeto de estudio, el cual presentó una turbidez 17,35 UNT a una temperatura de  $24^\circ\text{C}$  y pH de 7,50. Según el Decreto Supremo N° 031–2010–SA se establece que el agua destinada para el consumo humano en

el Perú debe cumplir con parámetros fisicoquímicos específicos, tales como pH entre 6,5 – 8,5 y turbidez de 5 UNT; por lo tanto, el agua recolectada de dicho canal no cumplió con los requisitos de turbidez.

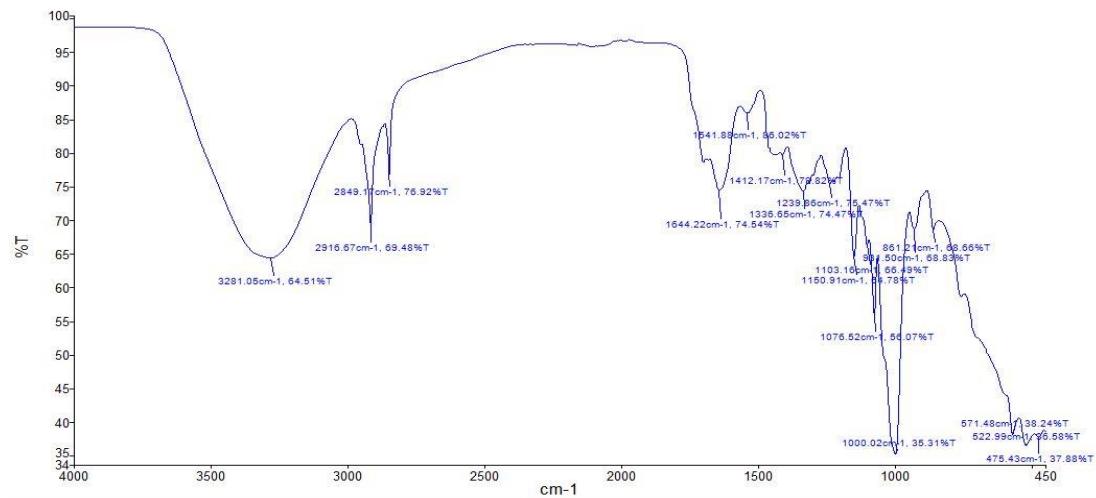


Figura 2. Espectro FTIR de almidón de almendra de mango. Condiciones iniciales del agua del canal “*Las Mercedes*” (Enero2020)

Tabla 3

Temperatura (°C)	24,00 ± 0,2
Turbidez (UNT)	17,35 ± 0,1
pH	7,50 ± 0,01
Conductividad (uS/cm)	272,00 ± 5,0
STD (mg/L)	392,00 ± 8,0

**Turbidez y pH residual.** La Tabla 4, muestra que 30 mg/L de (A.A.M + taninos) logra una turbidez residual de 4,87 UNT acorde con lo establecido en el *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú, Decreto Supremo N° 031–2010–SA* de 5 UNT, además los taninos al tener propiedades anti microbianas [13] le confiere mejora en la calidad del agua, y una dosis de 20 mg/L de sulfato de aluminio, una turbidez residual de 2,14 UNT. Por ser el sulfato de aluminio una sustancia nociva para la salud humana [6] se debe emplear la menor dosis, que también puede ser 10 mg/l, con lo cual cumple con el valor de turbidez establecida en el *Decreto Supremo N° 031–2010–SA*.

La Figura 4, se observa que con el A.A.M. los valores de pH del agua del canal “*Las Mercedes*” estuvieron dentro del intervalo de 6,5–7,5 (*D, S. N° 031–2010–SA*), en cambio con el *S.A* el pH del agua disminuyó de forma significativa con una tendencia a la acidez.

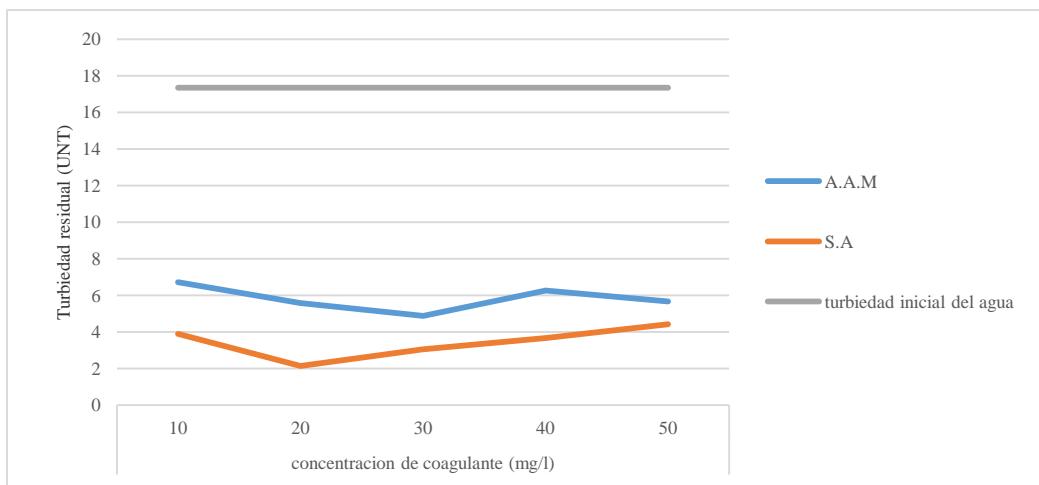


Figura 3. Variación de la Turbidez Residual en función de la concentración.

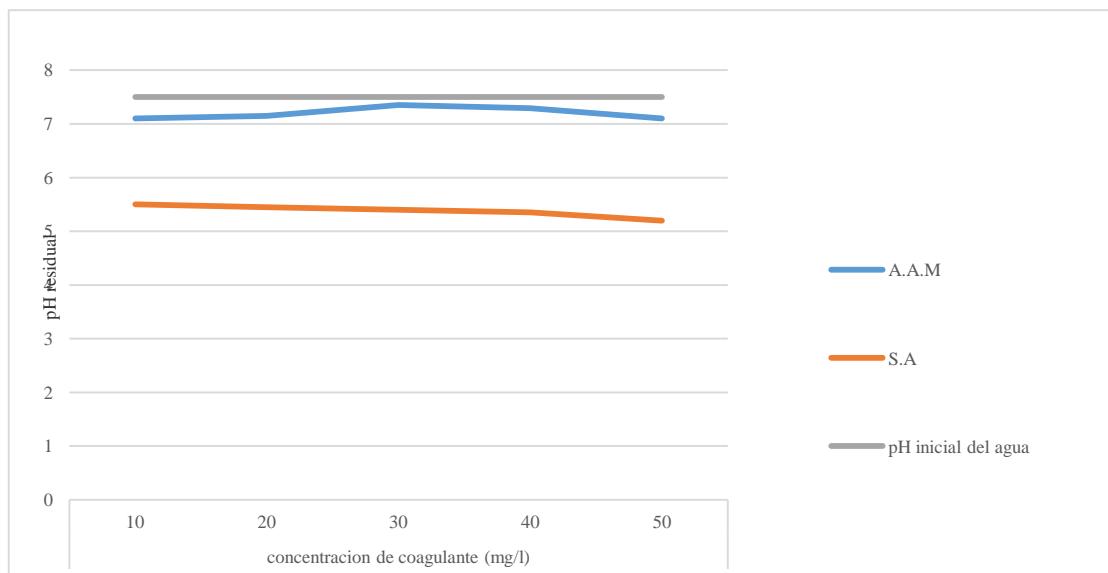


Figura 4. Variación del pH Residual respecto a la concentración.

**Remoción de turbidez.** La Figura 5 muestra que el 72,12% de turbidez fue removido con una dosis de 30 mg/L de (AAM + taninos ), en comparación con 87,64% de S.A. con una dosis de 20 mg/L estos valores son cercanos a lo obtenido por *Martínez* [9] , con semillas de mango del estado de *Zulia, Venezuela* , como coagulante de agua turbia sintética, una concentración de 15 mg/L remueve el 83,7% y 15 mg/L de sulfato de aluminio remueve el 88,0% de turbidez, pero que difiere de *Kuyiyop*, con 90% de remoción de turbidez con semillas de mango del estado de *Kaduna, Nigeria* [16].

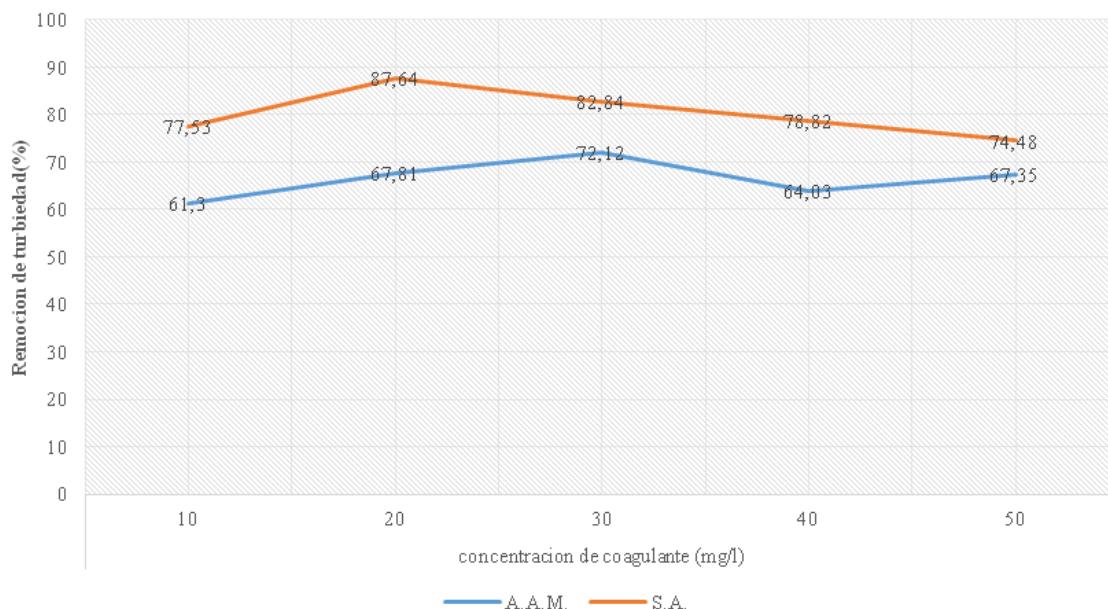


Figura 5. Efecto de la concentración de coagulante (AAM y SA) en la Remoción de Turbidez

Con respecto al análisis estadístico, se obtuvo un grado de significancia  $< 0,05$  por el cual la concentración del almidón de almendra de mango y sulfato de aluminio como coagulantes influyen en el porcentaje de remoción de turbidez del agua del canal “*Las Mercedes*”. Se observa que el valor de turbidez al usar el sulfato de aluminio SA es ligeramente mejor respecto al almidón de almendra de mango AAM, además, los dos cumplen la norma (turbidez es menor de 5 UNT), pero, como esta agua será usado en agua potable, ya habría un problema al usar el SA, así, de esta manera, el AAM, es lo más apropiado por ser ecológico, natural, no genera residuos tóxicos. Por otro lado, los residuos sólidos de extraer el almidón, se puede usar en compost y/o como abono.

Los resultados de la presente investigación muestran al AAM almidón de almendra de mango como una alternativa de coagulante natural de bajo costo, sin efectos nocivos para el ser humano y que podría ser usada con éxito en el tratamiento de agua de zonas rurales, abriendo la posibilidad de evaluar otros residuos orgánicos.

Otros estudios que han usado las semillas del mango pero de otras variedades de mango, nosotros hemos usado el mango criollo (*Mangifera indica L.* variedad criolla), de esto no hay estudios como agente floculante; además, otras investigaciones lo han usado como coagulante, pero emplearon a efluente simulado y con extracto acuoso de las semillas; mientras que nuestra investigación se empleó el almidón técnico extraído de las semillas y el efluente son aguas reales de un canal, las cuales pueden ser usado como agua potable.

## CONCLUSIONES

Se determinó los parámetros de calidad del agua del canal “*Las Mercedes*” como la turbidez (17,35 UNT), pH (7,50), conductividad (272  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), STD (392 mg/L), los cuales superaron la

norma sanitaria peruana en cuanto al valor de turbidez que es máximo de 5 UNT

Se evaluó el almidón técnico aislado de la almendra de mango criollo (*Mangifera indica L.* variedad criolla), de *Lambayeque* como coagulante–floculante en la clarificación de aguas evidenciando efectividad en la remoción de la turbidez, y poca variación en los niveles de pH. La remoción de turbidez del almidón de almendra de mango criollo fue de 72,12% con una dosis de 30 mg/L, con una turbidez final de 4,87 UNT; en comparación del 87,64 % del sulfato de aluminio con una dosis de 20 mg/L y 2,14 UNT.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ramirez R, Quijada O, Castellano G “Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica L.*)”, *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, **10**(2), 65 (2010)
- [2] World Health Organization (WHO). Drinking water: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (2017).
- [3] Cabrera N “Test of natural coagulants extracted from *Ipomoea incarnata* and *Moringa oleifera* in the purification of industrial wastewater in Cartagena de Indias, *Prospectiva*, **16**(2), 94 (2018)
- [4] Guardián R, Coto J “Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación–floculación de aguas residuales”, *Tecnología en Marcha*, **24** (2), 18 (2011) ISSN 0379–3962.
- [5] Wang Z, Wei X, Yang J, Suo J, Chen J, Liu X, Zhao X ”Chronic exposure to aluminum and risk of Alzheimer’s disease: A meta-analysis”, *Neurosci. Lett.*, **610**, 200 (2016)
- [6] Saravanan J “Wastewater Treatment using Natural Coagulants”, *International J. Civil Eng.*, **4**(3), 40 (2017). DOI: 10.14445/23488352/IJCE–V4I3P109
- [7] Moscozo L “Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación–floculación”. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala (2016)
- [8] Martínez M, Rodriguez C, Martinez U, Marquina C, Carrasquero S, Morris A “El Extracto de Semillas de Mango (*Mangifera indica L.*) como Coagulante Natural en la Potabilización de Aguas”, *Semantic Scholar*, (2017). DOI:10.18687/LACCEI2017.1.1.227
- [9] Correa D, Romero B, León N “Extracción de taninos de semilla de mango criollo (*Mangifera indica L.*) y su aplicación como curtiente”, *J. Agro–Industry Sciences*, **1**, 51 (2019)
- [10] Farmacopeia Brasileira, 5ta edición, Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, Editora Fiocruz, Brasilia, 2010
- [11] Latimer G, AOAC International, Official Methods of Analysis of Aoac International – 20th Edition, (2016)
- [12] Dulf F, Vodnar D, Socaciuc C “Effects of solid-state fermentation with two filamentous fungi on the total phenolic contents, flavonoids, antioxidant activities and lipid fractions of plum fruit (*Prunus domestica L.*) by-products”, *Food Chemistry*, **209**, 27(2016)
- [13] Kurhekar J “Tannins–antimicrobial Chemical Components”, *International J. technology & Science*, **5** (2016)
- [14] NMX-F-374-1983 “Foods–Starch.Qualitative Determination (Lugol Test)”, Method of Test Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.
- [15] Hoover R, Ratnayake W”Determination of total amylose content of starch. Current protocols in food”, Analytical chemistry, E2.3.1–E2.3.5. (2001). <https://doi.org/10.1002/0471142913.fae0203s00>
- [16] Kuhiyop EA, Adie DB, Abubakar UA. “Application of mangifera indica (mango) and phoenix dactylifera (dates) seeds powders as coagulants in wastewater treatment”, *Nigerian J. Techn. (NIJOTECH)*, **39**(1), 269 (2020)
- [17] Fang JM, Fowler PA, Sayers C, Williams PA “The chemical modification of a range of starches under aqueous reaction conditions”, *Carbohydrates Polymers*, **55**(3), 283 (2004)
- [18] Bharti I, Singh S, Saxena DC “Influence of alkali treatment on physicochemical, pasting, morphological and structural properties of mango kernel starches derived from Indian cultivars”, *Int. J. Biological Macromolecules*, **125**, 203 (2019).
- [19] Ferreira S, Araujo T, Souza N, Rodrigues L, Lisboa H, Pasquali M, Trindade G, Rocha A. “Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch”, *J. Agriculture & Food Research*, (2019)