

Evaluación de la remoción de los cloruros presentes en aguas asociadas

Yaqueline Quintero-Guerrero¹

María Daniela Pulido-Osorio²

Resumen

El agua es sin duda alguna el recurso más importante de nuestra vida y de las actividades que desarrollamos. En la industria petrolera es común encontrar aguas asociadas, las cuales se componen de una mezcla importante de hidrocarburos, gases y cloruros los cuales dificultan su procesamiento. Con el objetivo de evaluar las concentraciones de remoción del ion cloruro en muestras tomadas de la Batería Central de Ecopetrol ubicada en el municipio de Yaguara-Huila se realizaron ensayos utilizando semilla de *Moringa oleifera* y un producto comercial denominado Ultra-floc en diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que las concentraciones de 130 mL del extracto de moringa (M130) y la concentración de 13 mL del producto comercial Ultra-floc (U13) fueron las más efectivas a la hora de remover los cloruros en las muestras de agua analizadas.

Palabras Claves: aguas asociadas, floc, moringa, floculación, coagulación.

Abstract

Water is undoubtedly the most important resource of our life and the activities we develop. In the oil industry, it is common to find associated waters, which are composed of an important mixture of hydrocarbons, gases and

1 Ingeniera Química, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: yaquelinquintero@gmail.com.

2 Ingeniera Ambiental, marketing digital, e-mail: Daniela.pulido8@hotmail.com.

chlorides, which make their processing difficult. In order to evaluate the concentrations of chloride ion removal in samples taken from the Ecopetrol Central Battery located in the municipality of Yaguara-Huila, two tests were performed using *Moringa oleifera* seed and a commercial product called Ultra-floc. The results indicate that for the samples U13 and M130 the removal of chlorides is the most effective, being clear that the concentrations are based on the same proportion with the established products.

Keywords: associated waters, floc, moringa, flocculation, and coagulation.

Introducción

Las aguas industriales, son aguas contaminadas con diferentes sustancias tóxicas nocivas para la salud humana, compuestas por químicos y metales pesados (Gil, 2012). Actualmente, en los procesos ya sea de mejoramiento o reutilización de la misma industria se presentan inconvenientes por estas sustancias, como en el caso de los cloruros, debido a que este ion forma sales en general muy solubles y suele estar asociado al ion Na^+ , especialmente en aguas muy salinas (Gil, 2012).

El contenido de cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial, a partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado y pueden llegar a ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interface

óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural (Rigola, 1990).

Actualmente las industrias y empresas encargadas en la potabilización de aguas para consumo humano buscan la disminución de la presencia de este tipo de ion y otros contaminantes ya estudiados y determinados. Entre los diferentes compuestos químicos que se utilizan comúnmente en el tratamiento de aguas residuales está el sulfato de aluminio, el cual ha demostrado ser un buen coagulante y floculante en cuanto a la remoción de turbidez, sin embargo el aluminio residual en el agua de consumo humano puede ser nocivo para la salud ya que afecta gravemente el sistema nervioso central (Reyes, 2016).

Por estas razones, hay una creciente búsqueda de polímeros naturales en el tratamiento de aguas asociadas,

uno de estos coagulantes naturales proviene de la semilla del árbol tropical *Moringa oleifera* (moringa), una planta perteneciente a la familia Moringaceae, compuesta de un solo género (moringa) y 14 especies (Pritchard *et al.*, 2010). En relación con los agentes químicos coagulantes / floculantes, el uso de *Moringa* presenta grandes ventajas, como la biodegradabilidad, el bajo índice de producción de lodo residual y la baja toxicidad (Kawamura, 1991).

La moringa, es proveniente de un árbol caducifolio. El cual presenta rápido crecimiento, unos 3 m en su primer año logrando llegar a 5 m en condiciones ideales. El adulto llega a los 10 o 12 m de altura máxima. Tiene ramas colgantes quebradizas, con corteza suberosa, hojas color verde claro, compuestas, tripinadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchos folíolos pequeños de 1,3 a 2 cm de largo por 0,6 a 0,3 cm de ancho. Florece a los siete meses de su plantación.

Las flores son fragantes, de color blanco o blanco crema, de 2,5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, de 30 a 120 cm de largo por 1,8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en 3 partes cuando se secan; cada una contiene aproximadamente veinte semillas incrustadas en la médula. Las semillas son de color marrón oscuro, con tres alas (Duke, 1987). Es originaria del subcontinente indio, Actualmente está ampliamente distribuida por los trópicos donde ha sido introducida por su carácter

ornamental. Muy recientemente, este árbol está captando una enorme atención y su cultivo se está generalizando con rapidez (Sánchez-Martín *et al.*, 2010).

Estudios anteriores se han centrado principalmente en la eficiencia de las semillas de *Moringa oleifera* como coagulante, pero existe la necesidad de una evaluación sistemática de la calidad del agua tratada con el extracto de las semillas de esta especie. El propósito del presente estudio es, por lo tanto, fue examinar la concentración de cloruros en aguas asociadas utilizando semillas de *Moringa oleifera* y compararlas con el producto comercial denominado Ultra-floc.

Materiales y métodos

Toma de muestras: Las muestras de aguas asociadas fueron tomadas de la batería central de Ecopetrol “Los manguitos” ubicada en el municipio de Yaguará-Huila. Estas aguas son provenientes de los procesos de inyección de yacimientos de hidrocarburos y se caracterizan por presentar un olor sulfurado y color amarillo-marrón con material particulado (grasa) y leve turbidez.

Preparación de las soluciones: La preparación de la solución de *Moringa oleifera* (MO) al 0,1% se realizó tomando semillas de MO de cultivos naturales encontrados en el casco urbano de la ciudad de Neiva en un pequeño cultivo manejado

por profesores de la Universidad Surcolombiana. Para la preparación de la dosis del polielectrolito *Moringa oleifera* (MO) se requirió 25 gramos de semilla las cuales fueron peladas y trituradas hasta obtener un polvo fino color crema. El polvo fino (250 mg) se disolvió en 1000 ml de agua destilada. El producto químico comercial utilizado denominado Ultra-floc, fue suministrado por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P, el cual fue preparado a una concentración del 1% con agua destilada.

Montaje test de jarras: Las pruebas en jarras (Phipps & Bird, PB-900, Fisher Scientific) se realizaron en vasos de precipitado con capacidad de 500 mL, en donde a 100 mL de agua asociada se le agrego las soluciones anteriormente preparadas en diferentes volúmenes: La solución de *M. oleifera* a 20, 50, 100 y 130 mL y la solución de Ultra-floc a 2, 5, 10 y 13 mL con tres réplicas cada una. El equipo se configuró para un proceso secuencial que involucraba una agitación de 1 min a 100-200 rpm, luego de una agitación de 20-30 rpm durante 10 min. Posteriormente, las muestras descansaron durante 15 min. en donde fue monitoreado el pH. Las muestras fueron almacenadas por 7 días dando lugar a que el proceso de contacto entre los productos y el contenido de cloruros de cada una de las muestras reaccionara.

Determinación del pH y cloruros: La determinación del pH de cada

una de las muestras se realizó con un pH metro marca HANNA HI 9811-5.

El análisis de los cloruros en cada uno de las muestras se realizado por el método Morh, utilizando como patrón una solución de AgNO_3 (nitrato de plata) de concentración conocida y como indicador el K_2CrO_4 (cromato de potasio) y aplicando las siguientes formulas:

Formula de Tillman:

$$\frac{mg}{l} CL = v \cdot b \cdot \frac{(A - B) * N_{AgNO3} * 35450}{V}$$

Donde,

A: Muestra en mL

B: Blanco en mL

N_{AgNO3} : 0.0141

V: Volumen de la Muestra mL

Constante: 35450

Resultados

Los valores de pH en las muestras que se trataron con la solución de *M. oleifera* estuvieron entre 6,5 y 6,7 y las tratadas con el producto comercial Ultra-floc entre 6,6 y 6,7 (Figura 1). Los análisis estadísticos no mostraron un efecto del volumen de la solución de *M. oleifera* sobre el pH ($P > 0.05$).

Con relación a la concentración de cloruros los valores estuvieron en 3423,9 y 8493,1 mg/L para las

muestras tratadas con la solución de *M. oleifera* y de 1274,6 y 6522,9 mg/L para las muestras tratadas con el producto comercial Ultra-floc (Figura 2).

Los análisis estadísticos mostraron que hubo una diferencia significativa sobre el efecto del volumen de la solución de *M. oleifera* sobre la concentración de cloruros al igual que de la solución del Ultra-floc ($P < 0,05$).

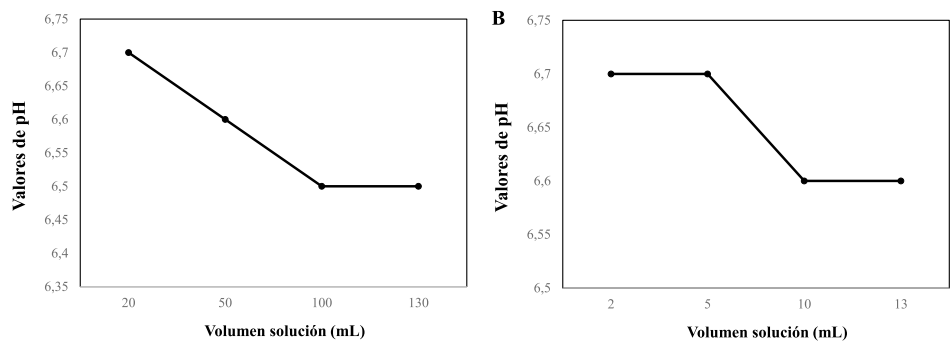


Figura 1. Valores de pH de las muestras tratadas con A) *M. oleifera* y B) Ultra-floc a diferentes concentraciones.

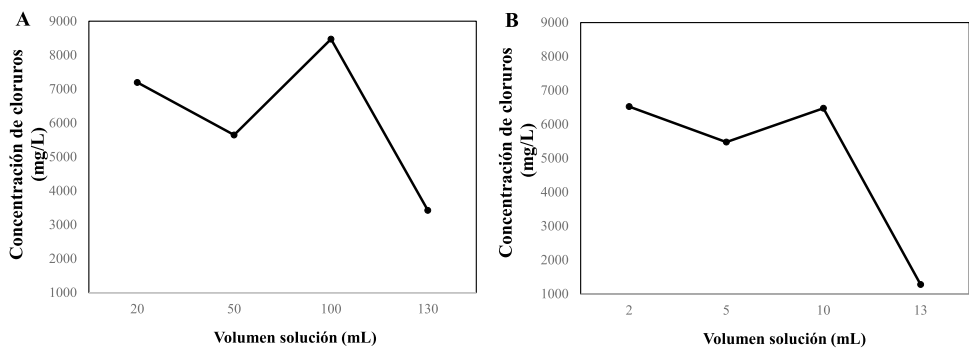


Figura 2. Concentración de cloruros en mg/L de las muestras tratadas con A) *M. oleifera* y B) Ultra-floc a diferentes concentraciones.

Discusión

Las muestras que mejor presentaron resultados en cuanto a la remoción de cloruros son las que contenían un volumen de 13 mL y 130 mL de ultra-floc y moringa respectivamente, sin embargo la muestra que contenía 5 mL y 50 mL presentaron también una disminución considerable a diferencia de su límite superior e inferior, lo cual permite inferir que la concentración no podría ser la única variable a considerar en la remoción de cloruros para las aguas asociadas en este caso.

Los resultados obtenidos indican que la semilla de *Moringa oleifera* está compuesta principalmente por proteínas tipo globulinas y albúminas que representan el 53% y el 44% del total de proteínas de la semilla, respectivamente. Razón por la cual tanto la albúmina como la globulina presentan un alto potencial de coagulante y tienen un impacto positivo en la eliminación de parámetros como el color y la turbidez de las aguas asociadas (Alves-Baptista *et al.*, 2017).

La *Moringa oleifera* (MO) se ha investigado en varios estudios debido a su excelente capacidad coagulante, por sí misma (Abdulsalam *et al.*, 2007) o en combinación con otras sustancias químicas (Mahajan & Mehta, 2010). De acuerdo a estos estudios, la capacidad de coagulación de MO aumenta cuando la especie está asociada con otras sustancias

químicas, como lo demuestra su mejor eficiencia en la eliminación de sólidos suspendidos.

Según Okuda *et al.* (2001), los cationes bivalentes se pueden adsorber eléctricamente en el componente activo de MO, que se carga negativamente. En consecuencia, el componente activo de MO puede vincularse a otros componentes solo a través de un catión bivalente. Así, se forma una estructura de red (un material insoluble), y los sólidos suspendidos en la solución se barren a través de un mecanismo conocido como coagulación por barrido.

Para las muestras que presentaron los mejores resultados se podría resaltar que existen dos variables notorias como son las concentraciones de los dos productos usados y el tiempo del proceso de floculación y coagulación, se podría relacionar que este tiempo tuvo incidencia sobre el efecto de dichos productos sobre las muestras, sin embargo es necesario seguir realizando pruebas donde se aumente o disminuya la concentración y se hagan variaciones en los tiempos buscando así una mejor respuesta a este tipo de pruebas.

En cuanto al tratamiento de las aguas asociadas, mucha discusión se ha centrado en el uso de coagulantes naturales, especialmente debido a la baja / no toxicidad presentada por ellos. En este sentido, el uso de un coagulante vegetal como el

extracto acuoso de *Moringa oleifera* es una alternativa muy interesante desde el punto de vista ambiental, especialmente en las regiones donde la planta crece fácilmente (Abdulsalam *et al.*, 2007).

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico del ingeniero químico y especialista Jaime Rojas Puentes, profesor de la Universidad Surcolombiana en la realización de los experimentos, así como a las directivas de Ecopetrol, quienes apoyaron la realización de las tomas de muestras de aguas asociadas.

Referencias Bibliográficas

- Abdulsalam, S., A.A. Gital., I.M. Misau. & M.S. Suleiman. 2007. Water clarification using *Moringa oleifera* seed coagulant: maiduguri raw water as a case study. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5 (1): 302-306.
- Alves-Baptista A.T., M. Oliveira., R. Guttierrez., R. Bergamasco., M. Fernandes., V.A Marquetotti. 2017. Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and Purification Technology*. 180 (8): 114-124
- Duke, J.A. 1987. Hanbook Of Energy. Pardue University.155 pp.
- Gil, M, S. A. 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción limpia. New Uses of Moringa Studied*. ECHO Development Notes, Nor 68.
- Mahajan, S. G. & A.A. Mehta, 2010. Immunosupresive activity of etdanolic extracts of seeds of *Moringa oleifera* Lam. in experimental immune inflammation. *Journal of Etdnopharmacology*. 130: 183-186.
- Pritchard, M., T. Craven., T. Mkandawire., A.S. Edmondson. & J.G.O. Neill. 2010. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth*. 35: 791-797.
- Okuda, T., A.U. Baes., W. Nishijima. & M. Okada. 2001. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water residuals*. 35 (3): 830-834.
- Reyes, E.C.M. 2016. Evaluación de un sistema de tratamiento por coagulación para las aguas del río Medellín, Colombia.111 pp.
- Rigola, M. 1990. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona: Marcambo SA. 160 pp.
- Sánchez-Martín, J.T. T. Craven., A.S. Mkankawire. & J.G.A.

Edmondson. 2010. Comparison of single-step and two step purified coagulants from *Moringa oleifera* seed for turbidity and DOC removal. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 101: 6259-6261

Kawamura, S. 1991. Effectiveness of Natural Polyelectrolytes in Water Treatment. American Water work association. 79: 88-91.