
EFFECTO DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) LAM COMO COAGULANTE NATURAL, EN UN AGUA RESIDUAL DE ORIGEN AGROINDUSTRIAL.

Recibido: 19/04/2017

Aceptado: 03/06/2017

Jhonny Palmero*, José Lías**

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.
UNELLEZ. Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social- Barinas-Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la semilla de Moringa como coagulante natural, en un agua residual de origen agroindustrial. El estudio de la eficiencia se realizó haciendo uso de la prueba de jarra y los ensayos de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos. Las semillas se colectaron secas y enteras de diversos arboles ubicado en el Municipio Barinas Estado Barinas, y previa extracción de grasa, se secaron, molieron y tamizaron. El agua residual cruda reportó una turbidez inicial de 1826 NTU. Se utilizó un intervalo de concentración de 10 a 30 mg/L de la solución coagulante de *Moringa oleífera* LAM, obteniéndose un valor de dosis óptima de 15 mg/L para el valor de turbiedad mencionado y alcanzando un porcentaje de remoción de turbiedad de 92%, mientras que para el color se logró remover el 69%. Los valores de alcalinidad y pH no se vieron afectados con la aplicación de la solución coagulante.

Palabras Clave: Coagulación, coagulantes naturales, *Moringa oleífera*, aguas residuales.

EFFECT OF MORINGA'S SEED (*Moringa oleífera*) LAM AS COAGULATING NATIVE, IN A RESIDUAL WATER OF AGROINDUSTRIAL ORIGIN.

ABSTRACT

Is evaluated the effect of the seed of *Moringa oleífera* as coagulant, in a wáter residual of origin agroindustrial. The efficiency study performed using jar test and trials of turbidity, color, pH, total alkalinity, total dissolved solids and total suspended solids. The sedes were dried and whole of different tres located in the Barinas State Barinas municipality, prior fat extraction, they were dried they were ground and they sifted. Raw wastewater reporte dan initial 18926 turbidity NTU. In the range of concentration of 10 to 30 mg/L of coagulant solution of *Moringa oleífera*, obtaining a value of optimal dose of 15 mg/L for the turbidity value mentioned and reaching a percentage of removal of turbidity of 92%, while for the color was achieved to remove 69% were used. Alkalinity and pH values were not affect with the application of coagulant solution.

Key words: Natural coagulants, Coagulation, wastewater, *Moringa oleífera*

INTRODUCCIÓN

La problemática de las aguas residuales es un tema de abordar de gran importancia que ha venido repercutiendo desde hace tiempo en nuestras vidas y en el medio donde nos desarrollamos, ya que es un agua que posee una elevada carga contaminante, además de un alto contenido en materia orgánica difíciles de tratar. Para remover las altas cargas orgánicas existen sistemas de tratamientos físico-químicos que intentan adecuarse para este tipo de efluentes. Entre los procesos más empleados tenemos la coagulación y floculación, la cual influye en la remoción de partículas suspendidas y coloidales donde su parámetro operacional más importante es la turbidez y el color.

Es así que día tras día se busca desarrollar e implementar nuevas tecnologías con las cuales se puedan llevar a cabo estos procesos de forma más económica, eficiente y amigable con el medio ambiente. La clarificación del agua, ha sido siempre considerada una de las etapas más relevante del tratamiento, por ello se le ha dado mucha importancia a los agentes coagulantes utilizados, ya que sin ellos, esta fase fundamental no sería posible. En la actualidad los coagulantes preferidos siguen siendo las sales minerales de hierro y aluminio, sin embargo, los polielectrólitos orgánicos sintéticos cada día adquieren mayor importancia. Vale la pena anotar que estos reactivos deben ser dosificados con mucho cuidado porque en exceso pueden llegar a ser nocivo para la salud.

Por otra parte, existen productos coagulantes de origen natural como las semillas de *Moringa oleifera* que presentan propiedades deseables para el proceso de clarificación del agua y pueden constituir alternativas viables para reemplazar de manera parcial o total el uso de los coagulantes inorgánicos considerándose la semilla de *Moringa Oleifera* como coagulante primario en dicho tratamiento. En este orden de idea, los coagulantes naturales constituyen una opción factible porque son usualmente más seguros para la salud, traen beneficios económicos para los países productores, además de constituirse en una alternativa ambientalmente correcta.

En este sentido, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo general Evaluar el efecto de la semilla de Moringa (*Moringa oleifera Lam*) como coagulante natural, en un agua residual de origen agroindustrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento y caracterización de la semilla de *Moringa oleifera*.

Las semillas de *Moringa oleifera* se recolectaron secas y enteras de diversos árboles ubicados en el Municipio Barinas, Estado Barinas; las mismas se preservaron y almacenaron en sacos de fique, para la posterior extracción de las vainas y eliminación de la cáscara.

Las semillas secas y sin cáscaras se pulverizaron finamente en un molino eléctrico Modelo 4-E GRINDIN MILL 89 RPM, hasta obtener una harina de color blanca amarillenta, de aspecto bastante grasoso; almacenándose en frascos de color ámbar, para su preservación y posterior uso.

Se caracterizó parcialmente la semilla procesada siguiendo las normas venezolanas para productos de cereales y leguminosas, Humedad (1.553-80), Cenizas (1783-81) y Grasas (1785-81). (Normas Covenin 1980, Normas Covenin 1981).

Caracterización del agua residual de origen agroindustrial.

Se realizó la determinación de parámetros fisicoquímicos al agua residual cruda proveniente de la planta de alimentos objeto de estudio, midiendo los siguientes parámetros fisicoquímicos: Color (2.120B), pH (4.500-H+ B), turbidez (2.130 B), alcalinidad (2.320 B), sólidos suspendidos totales (2.540 D), sólidos disueltos (2.540 C) y sólidos totales (2.540 B), siguiendo los procedimientos establecidos en el método estándar para el análisis de aguas y efluentes (APHA-AWWA-WEF 2005).

Preparación de la solución coagulante con Semilla de *Moringa oleifera*

Se preparó una suspensión de solución coagulante pesando 10,00 gr de polvo de las semillas de *Moringa oleifera* previamente desgrasado con tratamiento de extracción a reflujo continuo con éter de petróleo en un sistema soxhlet (Norma Covenin 1785-81). La solución preparada fue aforada a 1000 mL con agua destilada, obteniendo una solución patrón de 10.000 ppm. Luego fue sometida a agitación fuerte por dos horas con un agitador magnético, para una mayor homogenización de la misma, y a partir de esta se obtuvo por dilución una solución de 1000 ppm, de donde se obtuvo el intervalo de concentraciones ensayadas (10 hasta 30 mg/L).

Estudio de la efectividad de las semillas como coagulante

La efectividad de las semillas como coagulante se determinó a través de la prueba de Jarra mediante ensayos exploratorios en un intervalo de concentración de 10 a 30 mg/L para la solución patrón de 10.000 mg/L. Los ensayos exploratorios se aplicaron para los valores de turbiedad inicial de 1826 NTU, con un mezclado rápido a 100 rpm, durante 1 min y un mezclado lento a 20 rpm, durante 20 min para determinar la dosis óptima de coagulante. Los parámetros fisicoquímicos, de cada una de las muestras se determinaron antes y después del tratamiento.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización de la semilla *Moringa oleifera*

Los parámetros determinados en la caracterización de la semilla de *Moringa oleifera*, se muestran en la Tabla 1. Los valores obtenidos para las grasas y aceites fueron muy similares a los reportados por Folkard y Sutherland (1996) y Mendoza et al. (2000), quienes reportaron que las semillas de *Moringa oleifera* poseían un 40 % de su peso en grasas y aceites, los cuales no poseen propiedades coagulantes y dejan residuos lípidos en el agua tratada.

Tabla 1. Caracterización parcial de la semilla *Moringa oleifera*.

Parámetros	%
Humedad	6,80
Grasas y Aceites	37,0
Cenizas con grasas y aceites	5,90
Cenizas sin grasas y aceites	5,50

Se efectuó la prueba de solubilidad de la solución patrón preparada de 10.000 ppm de *Moringa oleifera*, con la finalidad de estimar la cantidad real de material disuelto que actuó efectivamente como agente coagulante, a partir de la cantidad de materia remanente. Estos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Sólidos determinados a la solución patrón coagulante.

Tipo de sólidos	Muestra (10.000 ppm)
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	4875
Sólidos disueltos totales (mg/L)	5125

La concentración real de la solución coagulante preparada fue de 5125 ppm, lo que representa un porcentaje de solubilidad de 51,25%. Este valor de solubilidad fue superior al obtenido por Ndabigengesere y Subba (1998) quienes reportaron un porcentaje de solubilidad en *M. oleífera* del 25 %; sin embargo, fue similar al obtenido por López *et al.* (2008), quienes obtuvieron 51% para otro tipo de semillas (*Leucena leucocephala*), las cuales son también utilizadas como agente coagulante en el tratamiento de aguas.

Caracterización del agua residual de origen agroindustrial.

Los resultados de la caracterización del agua residual industrial cruda, proveniente de la planta de alimentos, se muestran en la Tabla 3, se observa que los valores medios de cada uno de los parámetros fisicoquímicos con excepción del pH, están muy por encima de lo autorizado por la Normativa Venezolana vigente. Es decir, sus concentraciones no cumplen con los rangos o límites máximos de calidad para ser descargados, en forma directa o indirecta a ríos, lagos y embalses.

Tabla 3. Caracterización del agua residual industrial cruda.

Parámetro	Unidades de Expresión	Valor
pH	-----	6,50 ± 0,30
Turbidez	UNT	1826 ± 6,50
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	180,00 ± 7, 30
Sólidos Totales	mg/L	2328 ± 25,30
Sólidos Suspendidos	mg/L	1515 ± 18,20
Sólidos Disuelto	mg/L	813 ± 8,30
Color Real	PT/CO	215

Estudio de la eficiencia de las semillas *Moringa oleífera* como coagulante

El estudio de la eficiencia de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante se realizó haciendo uso de la prueba de jarra, en un intervalo de concentración de 10 a 30 mg/L, estimando la dosis óptima mediante las pruebas de color y turbiedad. En la Figura 1, se observan los diferentes valores de turbiedad y color en función de la concentración de la solución coagulante obtenidas durante las primeras pruebas

exploratorias. El menor valor de turbiedad alcanzado fue de 149 NTU para una dosis de coagulante de 15 mg/L y una turbidez inicial de 1826 NTU. Se observó que los valores de turbiedad tendieron aumentar con el incremento de la concentración de la solución coagulante, esto coincide con lo indicado por Okuda *et al*, (1999) los cuales reportaron en su investigación que el exceso de coagulante afecta al proceso de sedimentación, ya que las diferentes especies químicas cargadas eléctricamente interfieren con este proceso de desestabilización coloidal.

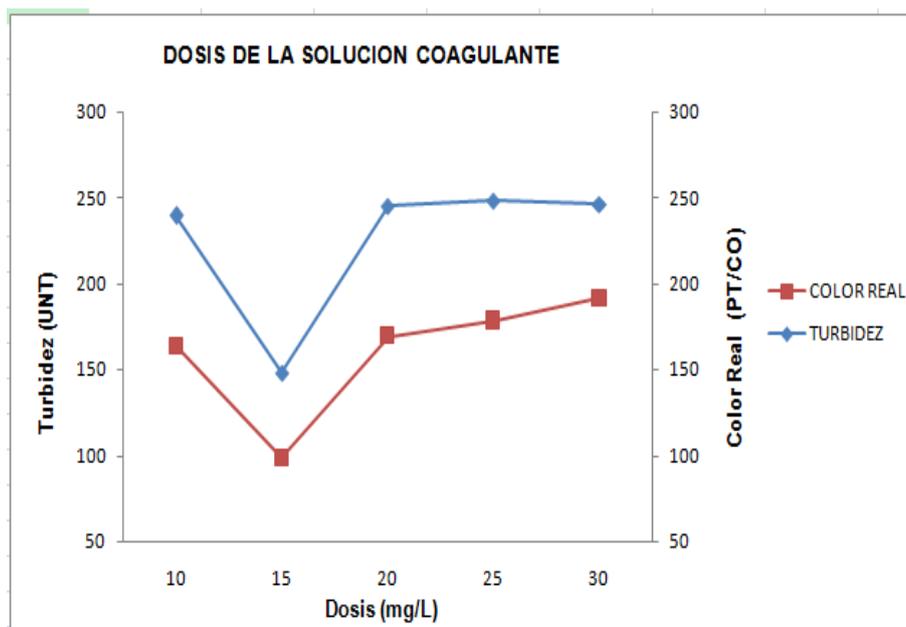
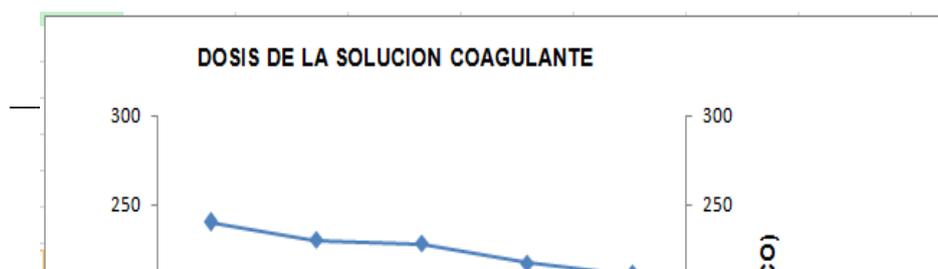


Figura 1. Turbidez y color Vs Concentración de *Moringa oleífera*

Luego de obtener estos resultados, se procedió a realizar otra prueba exploratoria con la finalidad de verificar si era posible lograr disminuir la turbidez a un menor valor al obtenido con la dosis de 15 mg/L. Los resultados de esta prueba se muestran a través de la figura 2, la cual indica los diferentes valores de turbidez utilizando un rango de concentración de la solución coagulante de 10 a 14mg/L. El mayor valor reportado de turbidez fue 240 mg/L, mientras que el menor valor fue 210 mg/L; es decir, ocurrió una disminución de la turbidez en este rango señalado. Se pudo detectar que al aumentar la dosis de la solución coagulante después de los 10 mg/L, hasta alcanzar los 15 mg/L ocurrió una disminución de la turbidez. Lo que permite inferir que en la medida que aumenta la dosis en este rango (10-15 mg/L) disminuye la turbidez (Figura 2).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Figura 2. Turbidez y color Vs Concentración de *Moringa oleifera*

Efecto de la *moringa oleifera* en el agua residual tratada

El efecto de la semilla *Moringa oleifera* se determinó mediante la remoción de los parámetros: turbiedad, color, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, pH y alcalinidad para la dosis óptima de solución coagulante, la cual fue de 15 mg/L a partir de una solución patrón de 10.000 ppm y una turbidez inicial de 1826 NTU. La Tabla 4 muestra los valores de turbiedad antes y después del tratamiento del agua residual cruda, con la dosis óptima de la solución coagulante de *Moringa oleifera*; así como los porcentajes de remoción obtenidos durante el tratamiento.

Se alcanzó un porcentaje de remoción del 92% luego de sedimentada la muestra (turbidez decantada). Es importante señalar que no se realizó la determinación de la turbidez después de filtrada la muestra (turbidez filtrada), lo que posiblemente indicaría que la turbidez presente en el agua decantada se deba a partículas suspendidas que no sedimentaron.

El porcentaje de remoción de turbidez, obtenido en esta investigación puede ser comprado con los reportados por Muyibi y col, (2002), quienes evaluaron el efecto de la extracción del aceite de la semilla de *Moringa Oleifera* para la coagulación de aguas de ríos con niveles de turbidez de 56 y 451 UNT, alcanzando porcentaje de remoción de 87 y 98%, respectivamente. De igual forma, Ndabigengesere y col, (1995), obtuvieron porcentajes de remoción similares a la presente investigación (91%), al usar semillas de *Moringa Oleifera* en el tratamiento de aguas; logrando disminuir la turbidez de 105 NTU hasta valores de 10 NTU. Por otro lado, Flokard y Sutherland (1996) reportaron para niveles de turbidez de 400 NTU, valores de remoción del 97 %.

Tabla 4. Valores de Turbiedad y porcentajes de remoción obtenidos durante el tratamiento del agua residual, con la dosis óptima de solución coagulante.

Turbiedad Inicial (NTU)	Dosis óptima (mg/L)	Turbidez Final Decantada (NTU)	% Remoción
1826	15	149	92

La Tabla 5 muestra, los valores de color inicial del agua cruda, las dosis óptimas de solución coagulante utilizadas y los valores de color obtenidos después de tratar las aguas con dichas dosis óptimas de *Moringa oleifera*. Los resultados obtenidos son muy similares a los reportado por Bhuptawat y col, (2007), quienes obtuvieron una disminución del color del 70%, pero para aguas naturales con color inicial de 50 UC.

Tabla 5. Valores de color antes y después del tratamiento con la dosis óptima de *Moringa oleifera*.

Color Inicial (UC)	Dosis óptima mg/L	Color final decantado (UC)	% Remoción
215	15	67	69

Los resultados presentados en la Tabla 6 evidencian que tanto el pH como la alcalinidad total no presentaron variación apreciable después de realizar el tratamiento con semillas de *Moringa oleifera*. Ndabigengesere y Suba (1998) reportaron que las semillas *Moringa oleifera* no afectan significativamente los valores de pH y alcalinidad, los cuales permanecieron casi constantes (7,60 unidades de pH y 53 mgCaCO₃/L respectivamente); lo que indica que la alcalinidad provee la capacidad de amortiguación necesaria del pH y dicho comportamiento pueda ser debido a la precipitación de productos insolubles de la reacción que ocurre entre el coagulante natural y los iones presentes en el agua (López *et al.* 2008). Pritchard *et al.* 2010 demostraron que el rendimiento coagulante de la *Moringa oleifera* no es sensible a las fluctuaciones del pH

cuando las condiciones se encuentren dentro del rango óptimo de pH (7,00-8,00 unidades).

Tabla 6. Valores de pH y Alcalinidad medidos al agua antes y después del tratamiento con la dosis óptima de *Moringa oleifera*.

Turbiedad Inicial NTU	Dosis Óptima mg/L	pH		Alcalinidad Total (mgCaCO ₃ /L)	
		inicial	Final (Decantado)	inicial	Final (Decantado)
1826	15	6,5	6,27	180	160

En la tabla 7, se muestran los valores de los sólidos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales antes y después del tratamiento con *Moringa oleifera*. Se puede observar que los sólidos disueltos totales disminuyeron en un 46% alcanzando un valor de 438 mg/L, el cual está por debajo de los exigidos por la Norma de Calidad del Agua para uso agropecuario, que establece un límite máximo de 3000 mg/L (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 1995). Mientras que los sólidos suspendidos totales disminuyeron en un 84%, detectándose valores de 241 mg/L. Los cuales están por debajo de los exigidos por la Norma de Calidad del Agua para ser descargas a redes cloacales y que establece un límite máximo de 400 mg/L (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 1995).

Tabla 7. Valores de los sólidos antes y después del tratamiento con *Moringa Oleifera*.

Turbidez Inicial (UNT)	ST (mg/L)		SDT (mg/L)		SST (mg/L)	
	Inicial	Decantado	Inicial	Decantado	Inicial	Decantado
1826	2328,33	680	812	438	1515	241

CONCLUSIONES

El rango de concentración de *Moringa oleifera* estudiado permitió alcanzar un porcentaje de remoción de turbiedad de 92 % para un valor de turbiedad inicial de 1826

NTU, utilizando como dosis óptima de coagulante 15 mg/L, y un porcentaje de remoción de color del agua tratada de 69 %.

Los valores de sólidos disueltos totales y pH permanecieron dentro de los rangos establecidos por las Normas de Calidad del agua destinadas a usos agropecuarios, según decreto 883 de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela 1995; después de aplicado el tratamiento. De igual forma, los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales también permanecieron dentro de los rangos establecidos por la misma gaceta para aguas a ser descargas a redes cloacales.

REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA-AWWA-WEF). 2005. In: Clesceri L., A. Greenberg, A. Eaton (ed). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition. American Public Health Association, Washintong D.C. I-55 pp.
- Bhuptawat H., G. Folkard Y S. Chaudhari. 2007. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleífera* seed coagulant. Journal of Hazardous Materials. 142 (2) 477-482.
- Folkard G. y J. Sutherland. (1996). “*Moringa oleífera un árbol con enormes potencialidades*”. Agroforestry 8(3): 5-8.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela (1995). “Normas para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua de vertidos líquidos”. N° 5021. Venezuela.
- López Y., A. Díaz, L. Vargas, G. Mas Y Rubí, G. Colina, B. Sulbarán Y J. Peña. 2008. Eficiencia de las semillas *Leucaena Leucocephala* y *Albizia Lebbeck* en el proceso de coagulación del agua. Bol. Centro Invest. Biol. 42(1) :1-20
- Mendoza I., N. Fernández, G. Ettiene Y A. Díaz. 2000. Uso de la *Moringa oleífera* como coagulante en la potabilización de las aguas. Rev. Técnica. 8(2): 235-242.
- Muyibi S., Megath J., Megath M., Tan Kok L. and Lam Hong L. (2002). “*Effects of oil extraction from Moringa Oleifera sedes on coagulation of turbid water*”. Environ. Studies. Vol 59, No. 12, 243-254.
- Ndabigengesere A. and subba N. (1998). “*Quality of wáter treated by coagulation using Moringa oleífera seed*”. Wat. Res. Vol. 32, N° 3, 781-79.
- Ndabigengesere A., S. Narasiah Y S. Talbot. 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using *Moringa oleifera*. Water Research: 29 (2): 703-710.
- Normas COVENIN. 1980. 1553-80 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de grasas. COVENIN N°. 1553-80.

Normas COVENIN. 1981. 1783-81 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de cenizas. COVENIN N°. 1783-81.

Normas COVENIN. 1981. 1785-81 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de grasas. COVENIN N°. 1785-81.

Okuda T, Baes A, Nishijima W. and Okada M. (1999). “*Improvement of extration method of coagulation active components from Moringa Oleífera seeds*”. Wáter Research. Vol. 33, No. 5, 3373-78.

Pritchard M., T. Craven, T. Mkandawire, A. Edmondson Y J. O’Neil. 2010. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleífera* in drinking water purification. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. Volumen 35: 791-797.

* Programa Ciencias del Agro y del Mar. Subprograma Ingeniería Agroindustrial. PhD. Doctor en Estudios Ambientales. MSc. Ingeniería Agroindustrial. Ingeniero Agroindustrial. Profesor Asociado de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora Unellez. Investigador Nivel "B" MPPEUCT.

** Unidad de Laboratorio, Unellez. Laboratorio de Productos Naturales. MSc. en Química Aplicada. Mención: Química Orgánica. Licdo. Química. Correo: jliasdiaz@gmail.com