

**USO DE LA *MORINGA OLEIFERA* PARA EL MEJORAMIENTO DE
LA CALIDAD DEL AGUA DE UN EFLUENTE DOMÉSTICO
PROVENIENTE DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

MARIELBA MAS Y RUBÍ¹, DAIMARYS MARTINEZ¹,
SEDOLFO CARRASQUERO¹ Y LUIS VARGAS²

¹*Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Facultad de Ingeniería,
Universidad del Zulia, Apartado Postal 526. Maracaibo 4001-A, Venezuela.*

²*Centro de Investigaciones del Agua, Universidad del Zulia, Apartado Postal 526.
Maracaibo 4001-A, Venezuela.*

Correo electrónico: mmyrubi@yahoo.com

Resumen. En esta investigación se estudió la *Moringa oleifera* (Moringaceae) como coagulante para la clarificación de un efluente de un sistema de lagunas de estabilización de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, ubicada en la región zuliana. Su efectividad se determinó mediante la prueba de jarra y los ensayos de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales. Las semillas se colectaron secas y enteras de diversos árboles ubicados en el Municipio Maracaibo, Estado Zulia y previa extracción de grasa, se molieron, secaron y tamizaron. La muestra de agua residual tratada se estudió en dos períodos climatológicos diferentes (período lluvioso y de sequía), los cuales reportaron valores de turbiedad inicial de 75 y 145 NTU, respectivamente. Se utilizó un rango de concentración de 10 hasta 600 mg/L de la solución coagulante de *Moringa oleifera*, obteniéndose valores de dosis óptima de 300 y 480 mg/L para los niveles de turbiedad mencionados y alcanzándose porcentajes de remoción de turbiedad de 95,5% y 89,8%, mientras que para el color se logró remover 80% y 60% respectivamente. Los valores de alcalinidad y pH no se vieron afectados con la aplicación de la solución coagulante. *Recibido: 04 Marzo 2011, aceptado: 26 Mayo 2011.*

Palabras clave. Coagulación, coagulantes naturales, *Moringa oleifera*, lagunas de estabilización, aguas residuales.

USE OF *MORINGA OLEIFERA* FOR IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF THE WATER OF THE EFFLUENT COMING FROM THE STABILIZATION PONDS

Abstract. *Moringa oleifera* (Moringaceae) was studied a coagulant for the clarification of effluent from a stabilization ponds system of a treatment plant for domestic wastewater, located in Zulia State. Its effectiveness was determined by jar test and testing for turbidity, color, pH, total alkalinity, suspended solids and dissolved solids. The seeds were collected, ground, dried and sieved. The samples of treated wastewater were studied in two different climatic periods (rainy and drought season), which reported initial turbidity of 75 and 145 NTU respectively. It used a concentration range of 10 to 600 mg/L of *Moringa oleifera* coagulant solution. The optimal dose of coagulant solution was 300 and 480 mg/L for turbidity levels reaching above and turbidity removal percentage of 95.5% and 89.8%, while for the color removal was achieved 80 % and 60% respectively. The alkalinity and pH values were not affected by the application of the coagulant solution. *Received: 04 March 2011, accepted: 26 May 2011.*

Key words. Coagulation, natural coagulants, *Moringa oleifera*, stabilization ponds, wastewater.

INTRODUCCIÓN

El aumento constante de las aguas residuales producidas por las comunidades urbanas y las industrias, plantea problemas potenciales para la salud y el medio ambiente. La tendencia actual en el desarrollo de tecnologías de depuración en plantas de tratamiento se orienta en la utilización de métodos seguros e inocuos, para mejorar la calidad de estas aguas y disminuir el volumen de su vertido (Braatz y Kandiah 2004), constituyendo un recurso hidráulico importante en zonas con alta densidad de población.

Existen varios tipos de procesos fisicoquímicos que se han empleado con éxito en los tratamientos de aguas residuales, tales como los de coagulación-floculación. Dentro de las fases de tratamiento de efluentes, la clarificación forma parte de la etapa final del proceso, lo que conlleva a la remoción de un alto porcentaje de sólidos suspendidos. Para lograr la clarificación del agua es necesaria la utilización de algún agente coagulante que elimine un porcentaje importante de partículas en suspensión, siendo actualmente el más utilizado el Sulfato de Aluminio ($\text{Al}(\text{SO}_4)_3$), sin embargo, algunos estudios han demostrado que el residual de aluminio en las aguas puede inducir enfermedades neurológicas tales como el mal de Alzheimer, síndromes de demencia y

disminución de la capacidad motora y mental (Crapper *et al.* 1991, Campos *et al.* 2003).

Por esta razón, en la presente investigación se estudió la eficiencia de la semilla *Moringa oleifera* como coagulante orgánico en el mejoramiento de la calidad del efluente proveniente de un sistema de lagunas de estabilización ubicada en el Estado Zulia, siendo esta semilla abundante en la región, de fácil cultivo, crecimiento rápido y eficiente como coagulante en el tratamiento de aguas residuales en otros países, tal como lo refieren Kalogo *et al.* (2001); Broin *et al.* (2002); Ghebremichael y Hutman (2004); Kumasi *et al.* (2005); Madrona *et al.* (2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

PROCESAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LA SEMILLA MORINGA OLEIFERA

Las semillas de *Moringa oleifera* se recolectaron secas y enteras de diversos árboles ubicados en el Municipio Maracaibo, Estado Zulia; 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 89RPM, 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 PROVENIENTE DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Se realizó la determinación de parámetros fisicoquímicos al agua cruda proveniente de la planta de tratamiento objeto de estudio, midiendo los siguientes parámetros fisicoquímicos: Color aparente (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

Se prepararon dos suspensiones de solución coagulante pesando 5,00 y 10,00 g de polvo desgrasado de la semilla *Moringa oleífera*; el sistema Soxhlet fue el utilizado en la eliminación de grasa de las semillas. (Normas Covenin 1981) Las soluciones preparadas se aforaron a 1.000 mL con agua destilada hervida, obteniendo dos soluciones madre de 5.000 y 10.000 ppm, respectivamente. Las soluciones fueron agitadas durante dos horas en un agitador magnético, para obtener una mezcla homogénea. A partir de estas soluciones, se obtuvo por dilución el rango de concentraciones ensayadas (10 hasta 600 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 rango de concentración de 10 a 600 mg/L para las soluciones madres de 5.000 mg/L y de 10.000 mg/L. Los ensayos exploratorios se aplicaron para los valores de turbiedad inicial de 75,00 y 145,00 NTU, con un mezclado rápido a 100 rpm, durante 1 min y un mezclado lento a 30 rpm, durante 30 min para determinar la dosis óptima de coagulante. Los parámetros fisicoquímicos, de cada una de las muestras se determinaron antes y después del tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA SEMILLA *MORINGA OLEIFERA*

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

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

Parámetro	%
Humedad	6,20
Grasas	36,00
Cenizas (semillas sin grasa)	5,20
Cenizas (semillas con grasa)	5,60

Se realizó la prueba de solubilidad a las soluciones madre preparadas 5.000 y 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 las soluciones coagulantes.

Tipo de sólidos	Muestra de 5.000 ppm	Muestra de 10.000 ppm
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	2.334	4.927
Sólidos disueltos totales (mg/L)	2.666	5.073

Las concentraciones reales de las soluciones coagulantes preparadas fueron de 2.666 y 5.073 ppm, lo que representa un porcentaje de solubilidad de 53,34 y 50,73 % para las soluciones de 5.000 y 10.000 ppm. Este valor de solubilidad fue superior al obtenido por Ndabigengesere y Subba (1998) quienes reportaron un porcentaje de solubilidad en *M. oleifera* 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 PROVENIENTE DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

La caracterización del agua residual cruda proveniente del sistema de lagunas de estabilización se presenta en la Tabla 3. Se observa que los valores medios de cada uno de los parámetros fisicoquímicos presentaron diferencias entre los dos períodos climatológicos muestreados.

Tabla 3. Caracterización del agua residual cruda proveniente del sistema de lagunas de estabilización durante la época de sequía.

Parámetros	Unidad de expresión	Valor durante la época de lluvia (Media DS)	Valor durante la época de sequía (Media DS)
pH	-	7,40 ± 0,28	7,63 ± 0,04
Turbiedad	NTU	145,00 ± 7,78	75,00 ± 2,62
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	92,00 ± 2,83	153,50 ± 0,71
Sólidos totales	mg/L	743,50 ± 27,58	832,00 ± 2,83
Sólidos suspendidos totales	mg/L	183,00 ± 9,90	112,00 ± 2,83
Sólidos disueltos totales	mg/L	560,00 ± 5,66	720,00 ± 14,14

ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE LAS SEMILLAS *MORINGA OLEIFERA* COMO COAGULANTE

El estudio de la eficiencia de las semillas *Moringa oleifera* como coagulante se realizó haciendo uso de la prueba de jarra, en un amplio rango de concentración (10 a 600 mg/L), estimando la dosis óptima mediante las pruebas de color y turbiedad. En la figura 1 se observan los diferentes valores de turbiedad obtenidos en la tercera de las pruebas exploratorias, el menor valor alcanzado fue de 28,50 NTU para una dosis de coagulante de 300 mg/L y para una turbiedad inicial de 145 NTU. El comportamiento observado de disminución de la turbiedad al aumentar la concentración de coagulante, se asemeja al obtenido por Ndabigengesere y Subba (1995). Luego de obtener estos resultados, se realizó otra prueba exploratoria aumentando la dosis de coagulante y bajo la misma concentración de la solución madre (5.000 ppm) para verificar si es posible lograr disminuir la turbiedad a un valor menor al obtenido con la dosis de 300 mg/L.

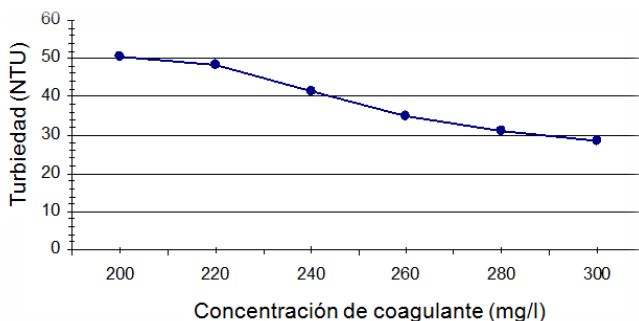


Figura 1. Turbiedad vs. Concentración de *Moringa oleifera* en el tercer ensayo exploratorio para una muestra de turbiedad inicial de 145 NTU utilizando una concentración de 5.000 ppm.

Los resultados de esta prueba muestran a través de la figura 2, que el menor valor de turbiedad obtenido fue de 27,50 NTU para una dosis de 400 mg/L de coagulante. Sin embargo se seleccionó como dosis óptima 300 mg/L, debido a que los valores de turbiedad final obtenidos son muy próximos y para minimizar la dosis de la solución coagulante, con esta dosis fue posible llevar el agua de una turbiedad de 145 a 28,50 NTU, lográndose un porcentaje de remoción del 80,3%.

Al tratar la muestra de 75 NTU, la cual corresponde al período lluvioso, esta presentó un porcentaje de remoción de turbiedad final de 20%, valor que fue mucho menor al de muestra del período de sequía (80,3%), tal como se muestra en la figura 3, resultado de una prueba exploratoria con la misma solución coagulante usada para la muestra anterior, es decir, la concentración de

5.000 ppm, por lo cual la remoción de turbiedad no fue efectiva en este rango de concentración; decidiéndose, preparar la solución coagulante de 10.000 ppm.

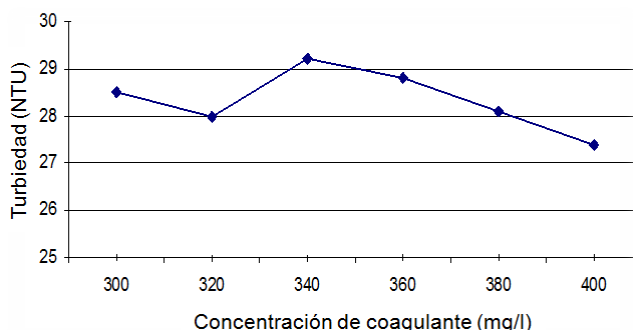


Figura 2. Turbiedad vs. Concentración de *Moringa oleifera* en el cuarto ensayo exploratorio para una muestra de turbiedad inicial de 145 NTU utilizando una concentración de 5.000 ppm.

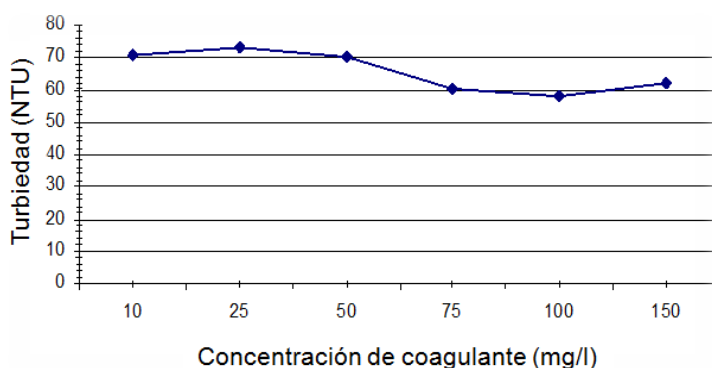


Figura 3. Turbiedad vs. Concentración de *Moringa oleifera* en el primer ensayo exploratorio para una muestra de turbiedad inicial de 75 NTU utilizando una concentración de 5.000 ppm.

La figura 4 muestra que la turbiedad alcanzó valores más bajos a los obtenidos en el primer ensayo exploratorio, los cuales están comprendidos entre 34 y 29 NTU para las concentraciones de 400 y 500 ppm. Se utilizaron concentraciones de coagulante mayor a las de esta prueba exploratoria, con la finalidad de verificar si se podía remover mayor cantidad de turbiedad, encontrándose que este valor no varió notablemente, siendo 480 ppm la dosis óptima de solución coagulante, por obtener un valor de turbiedad 29,30 NTU utilizando una dosis relativamente baja, en comparación a las usadas posteriormente (Figura 5).

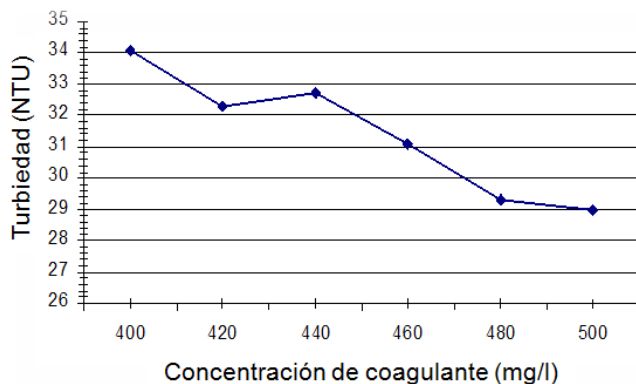


Figura 4. Turbiedad vs. Concentración de *Moringa oleifera* finalizada la tercera prueba de jarra exploratoria para una muestra de 75 NTU utilizando una concentración de 10.000 mg/L.

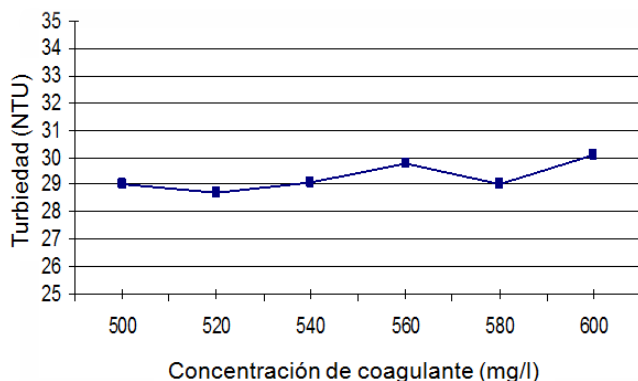


Figura 5. Turbiedad vs. Concentración de *Moringa oleifera* finalizada la cuarta prueba de jarra exploratoria para una muestra de turbiedad inicial de 75 NTU utilizando una concentración de 10.000 ppm.

EFFECTO 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 suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos totales, pH y alcalinidad para la dosis óptima de solución coagulante, la cual fue de 300 mg/L a partir de la solución madre de 5.000 ppm para la muestra de 145 NTU y de 480 mg/L a partir de la solución madre de 10.000 ppm para la muestra de 75 NTU. La tabla 4 muestra los valores de turbiedad antes y después del tratamiento de las aguas crudas, con la dosis óptima de la solución coagulante de *Moringa oleifera*; así como los porcentajes de remoción obtenidos durante el tratamiento.

Se alcanzaron porcentajes de remoción de 80 y 61% luego de sedimentadas las muestras (turbiedad decantada) y de 95,50 y 89,80% después de filtradas (turbiedad filtrada). La turbiedad del agua disminuyó a valores por debajo de 10 NTU después de la filtración; lo que indica que la turbiedad presente en el agua decantada se debe a partículas suspendidas que no sedimentan, pero quedan retenidas en el filtro.

Tabla 4. Valores de Turbiedad y porcentaje de remoción obtenidos durante el tratamiento de las aguas, con la dosis óptima de solución coagulante.

Período climatológico	Turbiedad inicial (NTU)	Dosis óptima (ppm)	Turbiedad final decantada (NTU)	% Remoción	Turbiedad final filtrada (NTU)	% Remoción
Época de sequía	145,00	300,00	28,50	80,30	6,50	95,50
Época lluviosa	75,00	480,00	29,30	61,00	7,70	89,80

En la presente investigación se observa un mayor porcentaje de remoción para un mayor valor de turbiedad inicial. Resultados similares fueron obtenidos por Muyibi *et al.* (2002), quienes alcanzaron porcentajes de remoción de 87 y 98% para niveles de turbiedad inicial de 56 y 451 NTU, respectivamente; utilizando semillas *Moringa oleifera* en la coagulación de aguas de río. Folkard y Sutherland (1996) reportaron para niveles de turbiedad de 400 NTU, valores de remoción del 97 %, durante el tratamiento de aguas de río utilizando *Moringa oleifera*. Resultados similares fueron obtenidos por Morales *et al.* (2008), quienes obtuvieron porcentajes de remoción de turbiedad de 80% en aguas residuales de rastro utilizando semillas de *Moringa oleifera*.

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 ligeramente menores a los reportados por Bhuptawat *et al.* (2007), quienes obtuvieron una disminución del color en un 70 %, pero para aguas naturales con color inicial de 50 UC.

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

Período climatológico	Color inicial (UC)	Dosis óptima (ppm)	Color final decantado (UC)	% Remoción	Color final filtrado (UC)	% Remoción
Época lluviosa	200	480	100	50	50	75
Época de sequía	250	300	100	60	50	80

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

Período climatológico	Turbiedad (NTU)	pH		Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	
		Inicial	Final (Decantado)	Inicial	Final (Decantado)
Época lluviosa	75,00	7,65	7,30	154,00	140,00
Época de sequía	145,00	7,41	7,20	92,00	80,00

En la tabla 7 se puede observar que tanto los sólidos suspendidos totales (SST) como los sólidos disueltos totales (SDT) disminuyeron notablemente y de forma proporcional a como disminuyó la turbiedad luego del tratamiento; se alcanzaron valores de sólidos disueltos totales de 495 y 360 mg/L, los cuales están por debajo de los exigidos por la Normas de Calidad del Agua para usos agropecuarios, es decir 3.000 mg/L (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 1995).

Tabla 7. Valores de los Sólidos antes y después del tratamiento con *Moringa oleifera*.

Período climatológico	Turbiedad inicial (NTU)	ST (mg/L)		SDT (mg/L)		SST (mg/L)	
		Inicial	Decantado	Inicial	Decantado	Inicial	Decantado
Época lluviosa	75	832	550	720	495	112	52
Época de sequía	145	720	440	560	360	165	75

CONCLUSIONES

El rango de concentración de *Moringa oleifera* estudiado permitió alcanzar un porcentaje de remoción de turbiedad de 95,50 y 89,80 % para valores de turbiedad inicial de 145 y 75 NTU, utilizándose como dosis óptima de coagulante 300 y 480 mg/L, respectivamente y un porcentaje de remoción de color de las aguas tratadas, luego de filtradas de 75 y 80 %.

Los valores de sólidos disueltos totales, alcalinidad y pH permanecieron dentro de los valores establecidos por las Normas de Calidad del agua destinada a usos agropecuarios, según decreto 883 de la Gaceta Oficial; después de aplicado el tratamiento y después del proceso de filtración.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), La Universidad del Zulia por el financiamiento de este proyecto y al Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA) de la Facultad de Ingeniería, La Universidad del Zulia.

LITERATURA CITADA

- 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.
- BRAATZ S. Y A. KANDIAH. 2004. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques. (on-line). <http://www.fao.org/docrep/w0312S/w0312s09.htm>. 15.05.2011.
- BROIN M., C. SANTAELLA, S. CUINE, K. KROPP, G. PELTIER, T. JOËT. 2002. Flocculant activity of a recombinant protein from *Moringa oleifera* Lam seeds. Applied Microbiology and Biotechnology, 60: 114 – 119.
- BHUPTAWAT H., G. FOLKARD Y S. CHAUDHARI. 2007. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant Journal of Hazardous Materials. 142 (2) 477-482.
- CAMPOS J., G. COLINA, N. FERNÁNDEZ, G. TORRES, B. SULBARÁN Y G. OJEDA. 2003. Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de *Moringa oleifera* mediante HPLC. Bol. Centro Invest. Biol. 37(1): 35-43.
- CRAPPER D., T. KRUCK, W. LUKIW Y S. KRISHNAN. 1991. Would decreased aluminium ingestion reduce the incidence of Alzheimer's disease. Canadian Med. Assos. J. 147(7):7 93-804.
- FOLKARD G. Y J. SUTHERLAND. 1996. *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades. Agroforestry 8(3): 5 – 8.

- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1995. Normas para la Clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos. No. 5021. 18-12-1995. Venezuela.
- GHEBREMICHAEL K. Y B. HUTMAN. 2004. Alum sludge dewatering using *Moringa oleifera* as a conditioner. *Water, Air and Soil Pollution*, 158: 153 – 167.
- KALOGO Y., S. M'BASSIGUIÉ Y W. VERSTRAETE. 2001. Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract of *Moringa oleifera* seeds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 55: 644 – 651.
- KUMASI P., P. SHARMA, S. SRIVASTAVA Y M. SRIVASTAVA. 2005. Arsenic removal from the aqueous system using plant biomass: a bioremedial approach. *Journal of Indian Microbiology and Biotechnology*, 32: 521 – 526.
- 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
- MADRONA G., G. SERPELLONI, A. VIEIRA, K. CARDOSO Y R. BERGAMASCO. 2010. Study of the Effect of Saline Solution on the Extraction of the *Moringa oleifera* Seed's Active Component for Water Treatment. *Water, Air & Soil Pollution*. 211(4): 409-415.
- MENDOZA I., N. FERNÁNDEZ, G. ETIENE Y A. DÍAZ. 2000. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. *Rev. Técnica*. 8(2): 235-242.
- MORALES F., N. MÉNDEZ Y T. DÁVILA. 2008. Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de *Moringa oleifera* Lam como coagulante. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1): 523 – 529.
- MUYIBI S., J. MEGATH, M. MEGATH, L. TAN KOK Y L. LAM HONG. 2002. Effects of oil extraction from *Moringa oleifera* seeds on coagulation of turbid water. *Environ. Studies*. 59 (12): 243 – 254.
- 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.
- NDABIGENGESERE A. Y N. SUBBA. 1998. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Wat. Res* 32(3): 781-791.
- NORMAS COVENIN. 1980. 1553-80 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de grasas. COVENIN No. 1553-80.
- NORMAS COVENIN. 1981. 1783-81 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de cenizas. COVENIN No. 1783-81.
- NORMAS COVENIN. 1981. 1785-81 Norma Venezolana. Productos cereales y leguminosos. Determinación de grasas. COVENIN No. 1785-81.
- PRITCHARD M., T. CRAVEN, T. MKANDAWIRE, A. EDMONDSON Y J. O'NEIL. 2010. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifer* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. Volumen 35: 791-797.