

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN POLÍMERO NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF A NATURAL POLYMER IN THE TREATMENT OF DOMESTIC WASTE WATER.

Ma. Martha Sandoval Arreola¹
Lizeth Navarrete Teodoro²
J. Ismael Olais Pineda³
Gerardo Ortiz Rodríguez⁴

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es estudiar la eficiencia del coagulante natural obtenido a partir de semillas de Moringa oleifera para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico provenientes del cárcamo de llegada a la planta de tratamiento número 1 ubicada en la Cd. Lázaro Cárdenas Mich. Las semillas se sometieron a un proceso de secado, molienda, extracción de grasa y tamizado para obtener el coagulante en polvo. La simulación del proceso de clarificación se realizó empleando un equipo de prueba de jarras y la turbiedad fue la variable de respuesta seleccionada para evaluar la calidad del agua obtenida. Se usó como referencia un coagulante sintético preparado con sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) utilizando la misma dosificación. Las muestras de agua residual se tomaron durante el periodo de sequía reportando valores iniciales de 135 NTU. Se utilizaron concentraciones desde 2500 a 500 mg de coagulante por Litro de agua tratada, tomando como dosis óptima el valor de 500 mg/L. La calidad del agua lograda con el coagulante de moringa fue superior a la del coagulante sintético. La remoción lograda con el primero fue de $91.10\% \pm 3.84$ mientras que con dosis similares para el coagulante sintético se logró una remoción de $83.89\% \pm 1.13$, El coagulante natural de moringa ofrece una alternativa económica de uso en el tratamiento de aguas que podría adaptarse en zonas rurales.

Palabras Clave: Semillas de moringa, tratamiento de agua residual, coagulante natural.

Fecha de recepción: 06 de julio, 2018.

Fecha de aceptación: 29 de agosto, 2018.

¹ La M.C. Ma. Martha Sandoval Arreola es Profesora de la carrera de Ingeniería Química en el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, Mich. Perteneciente al Tecnológico Nacional de México. sandoval_129@live.com

² Lizeth Navarrete Teodoro es alumna del noveno semestre de la carrera de Ingeniería Química

³ Ismael Olais Pineda Es alumno del noveno semestre de la carrera de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas Mich. ismael.olaisp@gmail.com

⁴ El M.C. Gerardo Ortiz Rodríguez es profesor de la carrera de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas Mich. Perteneciente al Tecnológico Nacional de México.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to study the efficiency of the natural coagulant obtained from *Moringa oleifera* seeds for the treatment of domestic wastewater of the arrival station from the treatment plant number 1 located in Cd. Lázaro Cárdenas Mich. The seeds were subjected to a drying, grinding, fat extraction and sieving process to obtain the coagulant powder. The simulation of the clarification process was carried out using a jar test equipment and the turbidity was the response variable selected to evaluate the quality of the water obtained. A synthetic coagulant prepared with Aluminum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), sulfate was used as a reference using the same dosage. Residual water samples were taken during the dry period reporting initial values of 135 NTU. Concentrations from 2500 to 500 mg of coagulant/ liter of treated water, of the moringa coagulant were used, taking as an optimal dose the value of 500 mg / L for the initial turbidity level. The water quality achieved with the moringa coagulant was superior to that of the synthetic coagulant. The removal achieved with the former was $91.10\% \pm 3.84$ while with similar doses for the synthetic coagulant a removal of $83.89\% \pm 1.13$ was achieved. The natural moringa coagulant offers an economical alternative for water treatment that could be adapted in rural areas.

Keywords: *Moringa seeds*, wastewater treatment, natural coagulant.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales domésticas son un producto de las actividades cotidianas del hombre que requieren ser tratadas antes de ser descargadas en ríos, lagos o lagunas debido a que contienen contaminantes orgánicos, biológicos y químicos según su origen: doméstico, industrial o agrícola. Con el fin de mantener un control en las descargas de aguas residuales se han implementado normas que establecen los límites máximos permitidos para descargar a un cuerpo receptor, dependiendo del uso posterior que se le vaya a dar. Estos límites vienen establecidos en la norma oficial mexicana NOM-ECOL-1996.

Para cumplir con los parámetros establecidos las aguas residuales se someten a diferentes tipos de tratamientos fisicoquímicos y bacteriológicos que pueden ser: flotación por aire, coagulación-floculación, adsorción con carbón activado, cloración, oxidación intensiva entre otros. Los procesos fisicoquímicos del tipo coagulación-floculación se utilizan para la remoción de partículas suspendidas y coloidales y uno sus parámetros operacionales más importante es la turbiedad o la absorbancia, que mide de manera indirecta la concentración de partículas. La coagulación desestabiliza al coloide, mientras que la floculación los aglomera formando flóculos que tienden a precipitar y así obtener un agua clarificada.

Anteriormente los agentes convencionales utilizados en la coagulación-floculación fueron sales metálicas tales como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico, aluminato sódico y el sulfato ferroso. (Lédo *et al.*, 2009). El sulfato de aluminio al disociarse en agua, sufre una serie de reacciones con los iones alcalinos presentes en el agua, formando iones complejos, polímeros e hidróxido de aluminio insoluble, que pueden ser adsorbidos por las partículas coloidales suspendidas en el agua produciendo la desestabilización de las cargas y favoreciendo la sedimentación de las mismas. En la actualidad se utilizan también poli electrolitos que son polímeros orgánicos con carga eléctrica, inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Aunque hoy en día, se usan una gran variedad de poli electrolitos sintéticos que pueden actuar solos o como coadyuvantes para floculación.

Uno de estos procesos que ha sido propuesto en la potabilización y tratamiento de aguas residuales es el uso de semillas de *Moringa oleífera* Lam, como coagulante (Kalogo *et al.*, 2001; Folkard *et al.*, 2001; Broin *et al.* 2002; Ghebremichael y Hutman, 2004; Kumari *et al.*, 2005 y Ghebremichael *et al.*, 2006). Las semillas de moringa presentan un alto contenido de proteínas, Los análisis bioquímicos indican un 40% aproximada de proteínas con un alto contenido en glutamina, arginina y prolina y un total de 60 residuos, (Gassenschmidt *et al.* (1994), por lo que se supone que una fracción de ellas está constituida por proteínas catiónicas activas que neutralizan y precipitan los coloides del agua residual igual que como lo hacen los coagulantes industriales, como el sulfato de aluminio sólo que a menor costo (Foidl *et al.* 2001).

Al respecto existen varias investigaciones: Mas *et al.* (2011), usaron la *Moringa Oleífera* para el mejoramiento de la calidad del agua en un efluente doméstico en lagunas de estabilización de la región Zuliana. En este estudio se utilizó un rango de concentración de 100 hasta 600 mg/L de la solución coagulante de moringa, obteniéndose valores de dosis óptima de 300 y 480 mg/L para los niveles de turbiedad inicial de 75 y 145 NTU y con porcentajes de remoción de turbiedad de 95.5% y 89.8% mientras que para el color se logró remover 80% y 60% respectivamente.

Por otro lado, Ledo *et al.* (2009), Realizaron un estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de moringa para la depuración de aguas con baja turbiedad, las muestras del agua fueron tomadas de la Laguna de Jiqui en Brasil, en todas las dosis usadas encontraron que la eficiencia de los extractos de moringa son un poco inferiores (del 74 al 88%) a las eficiencias del sulfato de aluminio (del 80 al 85%), mientras que Yarahmadi *et al.* (2009), compararon la eficiencia del coagulante obtenido a partir de las semillas de moringa con poli cloruros encontrando que en aguas de alta turbiedad el coagulante de moringa obtuvo una mayor eficiencia de remoción (99.4%) mientras que en aguas de baja turbiedad la eficiencia de remoción fue menor (55%), resultados que coinciden con los obtenidos por Ledo *et al.* (2009). En este contexto la presente investigación busca evaluar la eficiencia de remoción del extracto crudo obtenido de las semillas de moringa en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de aguas residuales constituye un proceso necesario para combatir la contaminación de ríos, mares y lagos sobre todo en las regiones rurales donde es más difícil la instalación de plantas de tratamiento de aguas. Según estadística de la CONAGUA (2009), en el año 2007 en Michoacán, solo fue posible tratar el 31.9% del agua residual total colectada por la red de alcantarillado, donde sólo el 2% corresponde al área rural.

Aunque ha habido avances importantes en los últimos años, la cobertura de saneamiento es insuficiente para cumplir con las disposiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales; por lo que se tienen severos problemas de contaminación en varios ríos y cuerpos de agua de la entidad (CONAGUA, 2009). En Lázaro Cárdenas se tienen 3 plantas de tratamiento de aguas que trabajan con el sistema de lodos activados, descargando en el Río Balsas y la ubicada en las Guacamayas que descarga en el arroyo el Barco.

Las semillas de moringa presentan una alternativa económica, eficaz y sin riesgos para la salud de la población consumidora para el tratamiento de aguas residuales con la ventaja de que no altera las propiedades del agua tratada (Ledo *et al.* 2009). Considerando que Michoacán ya es líder nacional en producción de la moringa, ya que cuenta con más de 30 hectáreas registradas de este cultivo en diversos municipios del estado, siendo Apatzingán y Múgica los municipios pioneros en la producción de moringa con 12 hectáreas sembradas (Huelgo, M. F., 2017), los beneficios que se tendrían con

la viabilidad de uso de este coagulante impactarían tanto en el desarrollo económico del campo michoacano como en el sector salud de la población.

METODOLOGÍA

Materiales

Las semillas de *Moringa Oleífera* usadas se obtuvieron de árboles de la región. Las muestras de agua residual que se usó en el experimento fueron tomadas en el cárcamo de llegada de la planta no. 1 de la ciudad de Lázaro Cárdenas que colecta aguas de uso residencial principalmente, cuyo efluente de descarga está dirigido al río Balsas.

Métodos experimentales

Toma de muestra de agua residual

La toma de muestra se apegó a la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-1996, para el caso en estudio, se tomaron 4 muestras simples diarias tomadas durante un periodo de una semana, se prepararon muestras compuestas de acuerdo con la tabla 1. Considerando de 8 hasta 12 horas el proceso generador de la descarga.

TABLA 1. Frecuencia de muestreo

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Número de muestras simples	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \frac{Qi}{Qt} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

VMSi = Volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = Volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Qi = Caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Qt = Qi hasta Qn, litros por segundo.

Extracción del coagulante de moringa.

La obtención del extracto crudo a partir de semillas de *Moringa Oleífera* se realizó siguiendo la recomendación de Okuda *et al.* (2001), bajo el siguiente procedimiento: las semillas se secaron durante 24 h. en una estufa Felissa^{MR} se les retiraron las alas y la cáscara para dejar al descubierto el endospermo blanquecino. Ya mondadas, se pulverizaron en un triturador manual Robot cuope^{MR} de acero inoxidable. El polvo obtenido se colocó en los filtros del extractor Soxhlet^{MR}. Se procedió a la extracción del aceite utilizando 200 mL de ciclohexano como disolvente por cada 30 g. de polvo seco de semillas, por un tiempo aproximado de 4 h. Terminada la extracción, el residuo sólido contenido en el filtro se secó a 104 °C durante 24 h. para eliminar cualquier rastro de disolvente. El residuo seco, se molió en un mortero de porcelana para darle uniformidad al grano y se guardaron a temperatura ambiente en frascos herméticamente sellados de vidrio para su posterior utilización.

En las Figuras 1 y 2 se observan las semillas de moringa y la extracción del aceite por el método soxhlet



Figura 1. Semillas de *Moringa Oleífera*



Figura 2. Semillas de *Moringa oleífera* sin cáscara



Preparación de la solución madre de Moringa en NaCl 1N.

Para la extracción del coagulante se disuelven 10 g de polvo seco en un 1L de solución de NaCl 1N se agita durante 10min con la ayuda de una parrilla con agitador magnético a 60 RPM. Se filtra con bomba de vacío y se almacena en refrigeración (Figura 3). Esta es solución madre del extracto de moringa en cloruro de sodio con una concentración de 10,000 mgL⁻¹, La solución de sulfato de aluminio se preparó usando 2 g. de Al₂(SO₄)₃ en 1 L de agua destilada.



Figura 3: Preparación de la solución madre de moringa.

Determinación de la dosis óptima mediante la prueba de jarras

Para determinar la dosis óptima de coagulante de moringa en aguas residuales domésticas se realizaron dos corridas utilizando la solución de moringa preparada previamente se agregó un litro de agua en cada una de las cuatro vasos del equipo de prueba de jarras, agregando 100, 150, 200 y 250 mL de extracto crudo de moringa y se se procedió al mezclado usando la propuesta de Okuda *et al.* (2001), una mezcla rápida a 150 rpm durante 1 min., una mezcla lenta a 30 rpm por 30 min y se dejó sedimentar 30 min. Se midieron los valores finales de turbiedad. La prueba se repitió usando ahora las dosis de 500, 700, 800 y 900 mL. Empleando 2 repeticiones para fines estadísticos. La dosis óptima seleccionada, fue aquella que proporcionó los mejores resultados de remoción de turbiedad con respecto a lo que marca la normatividad.

Prueba de comparación del poder coagulante de la moringa

Con la dosis óptima conocida se procedió a realizar las pruebas de jarras para el coagulante de moringa y para coagulante sintético, los tiempos de coagulación, floculación y sedimentación de la prueba de jarras fueron los propuestos por Okuda *et al.* (2001). Al finalizar la prueba, se midieron valores de turbiedad, para evaluar la calidad del agua obtenida. El ensayo con la solución de sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ se efectuó bajo el mismo procedimiento se determinó la turbidez a cada jarra una vez terminada la prueba.



Figura 4. Prueba de jarras

Análisis bacteriológico.

El análisis bacteriológico se realizó con apego a la norma oficial mexicana NOM-112-SSA1-1994. 300 mL de agua residual sin tratar se colocaron en un frasco estéril dentro de una hielera con una bolsa de refrigerante. De igual manera se tomaron 300 mL de agua tratada con el coagulante de moringa y se enviaron al Laboratorio clínico Marie Curie para la determinación de coliformes totales y fecales Las muestras fueron analizadas por triplicado y se tomaron los valores promedio de cada uno de ellos.

RESULTADOS

Eficiencia de las semillas como coagulante. Determinación de dosis óptima,

El estudio de la eficiencia de las semillas *Moringa Oleifera* como coagulante se realizó haciendo uso de la prueba de jarras exploratoria, en un rango de concentración (1000 a 2500 mg/mL), estimando la dosis óptima mediante pruebas de turbiedad. Se observó que la dosis de 1000 mg/mL dio resultados muy por debajo del límite mínimo permisible reportando un valor de 30 NTU. Se realizó una segunda prueba exploratoria disminuyendo la dosis de coagulante a 900, 800, 700 y 500 mg/mL encontrando que se obtuvieron valores menores al obtenido con la dosis de 1000 mg/L.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN POLÍMERO NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

En la figura 7 se muestra el comportamiento de la eficiencia de remoción de soluciones de moringa en diferentes concentraciones, mostrando los límites máximos y mínimos permisibles establecidos en la norma oficial mexicana NOM-ECOL-1996, para aguas que se descargan para uso público, tomando la consideración, que existe una relación lineal entre la turbidez y el análisis gravimétrico.

De acuerdo a los resultados mostrados, cuando se usaron soluciones con concentraciones entre 1500 y 2500, la calidad del agua se encontraba dentro de los parámetros establecidos como control, sin embargo, debido a que el componente activo del extracto de semillas de moringa es una proteína (Ghebremichael *et al.*, 2005; Scaramal *et al.*, 2010; García *et al.*, 2010) y dosis muy altas incrementarían la carga orgánica en el agua tratada, se buscó establecer una dosis menor, por lo que se seleccionó el valor de 500 mg/mL como dosis óptima. La calidad del agua obtenida mejoró de manera considerable, encontrando valores de turbiedad que oscilaron entre 7 a 10 NTU, que están muy por debajo de los mínimos requeridos por la norma. Los resultados reportados muestran coincidencia con los obtenidos por Mas *et al.* (2011), quienes usaron una dosis óptima de 300 a 480 mg/L.

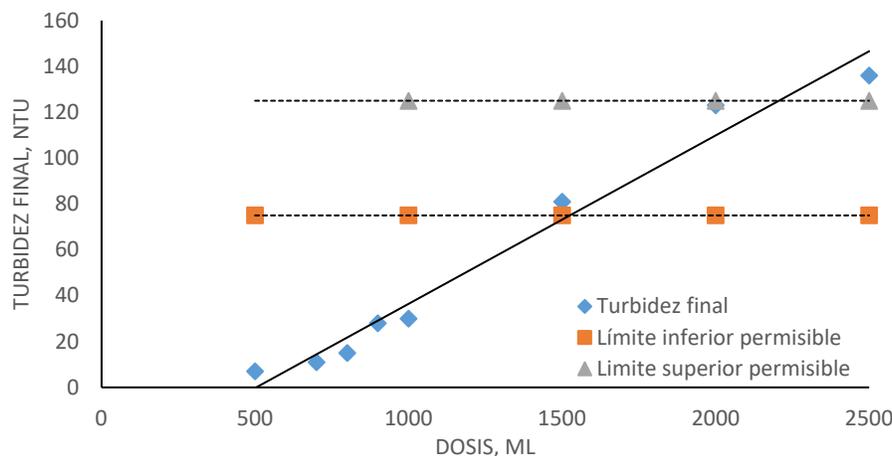


Figura 7. Turbiedad vs. Concentración de coagulante de moringa para una muestra de turbiedad inicial de 135 NTU utilizando una concentración de 10.000 ppm

Calidad del agua residual tratada

La calidad del agua tratada se evaluó considerando la turbiedad como variable de respuesta. Se utilizó la dosis óptima obtenida en las pruebas exploratorias anteriores de 500 mg/L para muestras de agua residual inicial con un valor de turbiedad promedio de 135 NTU. La tabla 2 muestra los valores de turbiedad antes y después del tratamiento de las aguas crudas, con la dosis óptima de la solución coagulante de *Moringa Oleífera*; así como los porcentajes de remoción obtenidos durante el tratamiento.

El valor medio obtenido arrojó una turbiedad final del de 12 NTU, Lo que equivale a una eficiencia de remoción del 91.1% para la turbiedad inicial del agua de 135 NTU, este resultado es similar a los reportados en otras investigaciones (Arnoldsson *et al.* 2008; Yarahmadi *et al.* 2009). Muyibi *et al.* (2002), reportaron porcentajes de remoción de 87 y 98% para niveles de turbiedad inicial de 56 y 451 NTU, respectivamente; utilizando semillas *Moringa oleífera* en la coagulación de aguas de río.

De igual manera Morales *et al.* (2008), obtuvieron porcentajes de remoción de turbiedad de 80% en aguas residuales de rastro utilizando semillas de *Moringa oleífera*. Se puede inferir en base a los resultados que el coagulante de moringa es efectivo en la remoción de turbiedad de aguas residuales domésticas

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN POLÍMERO NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Tabla 2. Valores de Turbiedad y porcentaje de remoción obtenidos durante el tratamiento de las aguas, con la dosis óptima de solución coagulante

No. de jarra	Dosis	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Remoción (%)
1	50mL	135	7	94.81
2	50mL	135	11	91.85
3	50mL	135	18	86.66
4	50mL	135	17	87.40
Media			12	91.10
Desviación estándar			3.79	3.84

Los resultados obtenidos al replicar la prueba con una dosis óptima similar, pero con solución de sulfato de aluminio se muestran en la tabla 3, donde se observan valores más bajos en la eficiencia de remoción, aunque con menor desviación estándar.

Tabla 3. Valores de Turbiedad y porcentaje de remoción obtenidos durante el tratamiento de las aguas, con la dosis óptima de solución de sulfato de aluminio

No. De jarra	Dosis	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Remoción (%)
1	50mL	135	20	85.18
2	50mL	135	22	83.70
3	50mL	135	21	84.44
4	50mL	135	24	82.22
Media			21.75	83.89
Desviación estándar			1.71	1.13

En cuanto al análisis bacteriológico en los resultados mostrados en la tabla 4 no se observó cambio alguno, por lo que es necesario someter al agua a un tratamiento posterior de desinfección para cumplir con los parámetros que se piden en la norma.

Tabla 4. Resultados de análisis bacteriológico

Determinación	Resultado	Unidades	Método de prueba
Coliformes totales iniciales	≥2400	NMP/100 mL	NOM-112-SSA1-1994
Coliformes fecales iniciales	≥2400	NMP/100 mL	NOM-112-SSA1-1994
Coliformes totales finales	≥2400	NMP/100 mL	NOM-112-SSA1-1994
Coliformes fecales finales	≥2400	NMP/100 mL	NOM-112-SSA1-1994

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se estableció como objetivo general evaluar la eficiencia en la remoción de material coloidal en aguas residuales domésticas a partir de un polímero extraído de las semillas de moringa. Los resultados obtenidos comprueban que la hipótesis de la eficiencia de remoción utilizando el coagulante obtenido de las semillas de moringa, constituye una alternativa viable de tratamiento de agua residual doméstica, por lo que se recomienda la continuidad del estudio para su implementación. Se puede decir que el coagulante de moringa resulta efectivo para el tratamiento de aguas residuales de alta turbiedad sin embargo no se confirmó su comportamiento en aguas de baja turbiedad. De igual manera se recomienda el seguimiento del estudio para remoción bacteriológica considerando el parámetro oficial de huevos de helminto

El coagulante obtenido a partir de las semillas de *Moringa Oleífera* presenta un gran potencial para uso rural, donde no se cuenta con la infraestructura ni los recursos económicos suficientes para establecer una planta de tratamiento. Se recomienda incluir una etapa de desinfección al final con cloro, para obtener un agua con la calidad necesaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLDSSON E., BERGMAN M., MATSHINE N. AND PEARSSON M.K. (2008) **Assesment of drinking water treatment using Moringa Oleífera natural coagulant**. *Vatltten* 64:137-150
- BROIN, M., SANTAELLA, C., CUINE, S., KROPP, K., PELTIER, G., AND JOËT, T. (2002). **Flocculant activity of a recombinant protein from Moringa oleifera Lam seeds**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60: 114 – 119.
- CONAGUA. (2009). Programa Hídrico del Estado de Michoacán de Ocampo visión 2030.
- FRANCISCO HUERGO MAURIN, S. D. (2017). SEDRUA.
- FOIDL, N., MAKKAR, H.P.S., AND BECKER, K. (2001). **The potential of Moringa Oleífera for Agricultural and Industrial uses. In: The miracle tree. The multiple attributes of moringa**. L.J. Furglie (Ed). Church World Service, Dakar, Senegal.Pp: 45 – 76
- FOLKARD, G., SOUTHERLAND, J., AND AL-KHALILI, R.S. (2001). **Water clarification using Moringa oleifera seed coagulant. In: The miracle tree. The multiple attributes of moringa**. L.J. Furglie (Ed). Church World Service; Dakar, Senegal. Pp: 29 – 43.
- GARCIA B.F.; ARNAL J.M. ; VERDÚ G.I.(2010) **Purification of a natural coagulant extracted from Moringa Oleífera seeds; isolation and characterization of active compound**. Institute for industrial Radiophysical and inveromental Safety (ISIRYM): Universidad Politécnica de Valencia
- GASSENSCHMIDT U., JANY K. D., TAUSCHER B., NIEBERGALL H. (1995). **Isolation and characterization of a flocculating protein from Moringa oleifera Lam**. *Biochemistry et Biophysics Acta* 1243 (1995) 477-481
- GHEBREMICHAEL, K.A., AND HUTMAN, B. (2004). **Alum sludge dewatering using Moringa oleifera as a conditioner**. *Water, Air and Soil Pollution*, 158: 153 – 167.
- GHEBREMICHAEL, K.A., GUNARATNA, K.R., AND DALHAMMAR, G. (2006). **Single-step ion exchange purification of the coagulant protein from Moringa oleifera seed**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 70: 526 – 532.

- 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.
- LEDO PATRÍCIA G.S., RAQUEL F.S. LIMA, JOÃO B.A. PAULO Y MARCO A.C. DUARTE. (2009). *Estudio comparativo de Sulfato de Aluminio y semillas de moringa oleífera*. Información tecnológica vol. 20 No. 5
- MARIELBA MAS Y RUBÍ, DAIMARYS MARTÍNEZ, SEDOLFO CARRASQUERO. (2011). *Uso de la moringa oleífera para el mejoramiento de la calidad del agua de un efluente doméstico proveniente de laguna de estabilización*. Tesis
- MORALES-AVELINO, FD., Y TAMAYO-DÁVILA, M. (2003). Informe Final del Proyecto “*Aislamiento y selección de microorganismos de la microflora nativa de las aguas residuales generadas en el rastro de la FMVZ*”. SISTPROY, FMVZ-03-021. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Yucatán.
- MUYIBI S.A. Y NOOR, M.J.M.M TAN KOOK LEONG AND LAM HONG LOON (2002). *Effect of oil extraction from moringa oleífera seeds on coagulation of turbid water*. Environ Studies, vol. 59 No. 2, pp. 243-254.
- OKUDA, T., A.U. BAES, W. NISHIJIMA Y M. OKADA (2001). *Improvement of extraction method of coagulation active components from moringa oleifera seed*. Water Research.
- SCARAMAL, M. G.; GUILHERME B.I. ; JURCA, S.V.; DE ABREU, A.F.B., FAGUNDES, K.M. R. AND BERGAMASCO, R. (2013) *Evaluation of extracted de Moringa Oleífera lam seed obtained with NaCl and their effects on wáter treatment*. Acta s. Centiarum. Technology Maringa V. 34 p-289-293. ISSN 1679-92759-236
- YARAHMADI, M., BINA B., MAHMOUDIAN NAMMABADIE M.H AND SHAHSAAVANI A., (2009). *Aplication of moringa oleifer seed extract and polyaluminium chloride in wáter treatment*. World applied Sciences Journal 7 (8): 962-967 ISSN 1818-4952