

Evaluación de extractos de semillas de *Moringa oleífera* en la descontaminación de aguas residuales de Fitomás

Sandra Isabel Fanego-Hernández^{1, 2*}, Annabellis Remedios-Gandol¹, Sara Mendoza-Ferrer¹, Caridad Curbelo-Hernández² y Georgina Michelena-Álvarez¹

1. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
Vía Blanca No. 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana. Cuba.

2. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría
Calle 114, No. 11901, Marianao. La Habana, Cuba

* sandra.fanego@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

En este estudio se evalúan los extractos de semillas de *Moringa oleífera* como floculante para el pretratamiento de aguas residuales que resultan de la producción del bioestimulante Fitomás, antes de verterla hacia la red de alcantarillados. La extracción eficiente de sustancia(s) activa(s) que provoca(n) el fenómeno de floculación, es crucial para que la dosis a aplicar sea mínima y su acción floculante máxima. El objetivo de este trabajo fue determinar las condiciones óptimas de extracción del floculante de las semillas de *Moringa oleífera*, para obtener mayor concentración del principio activo y evaluar su efectividad floculante en aguas residuales de la planta de Fitomás. Las mejores condiciones de extracción se logran con 30 gramos de semilla y 30 minutos de agitación. Se alcanza la mayor efectividad del floculante con una dosis de 30 mL y una agitación de 30 minutos, a una velocidad de 40 min⁻¹.

Palabras clave: floculantes, *Moringa oleífera*, Fitomás, aguas residuales.

ABSTRACT

In this study is evaluated *Moringa oleifera* seed extracts as a flocculant to pretreatment of Fitomás waste water production before discharge into the sewage system. The efficient extraction of the active substance(s) that cause flocculation phenomenon is crucial so that the dose applied is minimal and its flocculant action is maximized. Therefore, this step is a decisive point in the process of obtaining a natural flocculant, hence one of the goal of this work is to determine the best conditions for the extraction of the flocculant from *Moringa oleifera* seeds, in order to obtain a higher concentration of the active principle and to evaluate its flocculant affectivity in wastewater from the Fitomás plant. The best extraction conditions are obtained with 30 g of seeds and 30 min of agitation. The highest effectiveness of the flocculant is reached for the 30 ml dose with an agitation of 30 min at speed of 40 min⁻¹.

key words: flocculants, *Moringa oleifera*, Fitomás, wastewater.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones para la obtención de floculantes naturales, cada vez son más numerosas y responden a la necesidad de eliminar o, al menos disminuir el empleo de los floculantes químicos, que pueden ser nocivos para la salud humana y contribuir a la contaminación ambiental. Con este fin, las semillas de *Moringa oleífera* se encuentran entre las materias primas, de origen natural, que

más atención se les ha prestado. Ellas han sido empleadas en el tratamiento de aguas residuales del proceso de beneficio del café, con turbidez mayor a 2000 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) y aguas provenientes del pelado químico de vegetales con 91.5 UNT, con resultados positivos (1). También se han empleado en el tratamiento de aguas superficiales y se demostró que dicho compuesto orgánico puede reemplazar los compuestos metálicos, normalmente utilizados como floculantes (2). En Cuba, además, se estudió el tratamiento de las aguas residuales provenientes de una planta municipal con este floculante y se obtuvo una reducción de más del 90 %, respecto a la Demanda Química (DQO) del agua inicial y la turbidez se redujo en 60.2 % (4).

En el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) se vierten aguas residuales provenientes de la planta de producción de Fitomás hacia una cisterna de residuales. Aquí, una parte de los sólidos insolubles sedimentan, pero gran parte quedan en suspensión.

En el año 2017, el diagnóstico ambiental que se realizó a la producción de Fitomás, recomendó el establecimiento de tratamiento o pretratamiento de los residuales líquidos (5) y una oportunidad fue estudiar los extractos de semillas de *Moringa oleífera* como floculante natural, para el pretratamiento de estas aguas que se han de verter posteriormente hacia la red de alcantarillados.

Este trabajo persigue el objetivo de determinar las condiciones óptimas para la extracción del floculante de las semillas *Moringa oleífera*, con el fin de maximizar su concentración, así como, evaluar su actividad como floculante, en aguas residuales de la planta de Fitomás.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de *Moringa oleífera* procedentes de la Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación (ECTI) Sierra Maestra, las que se adquirieron como torta prensada dos veces, para la extracción de aceite.

Se utilizó agua residual de la cisterna donde vierte la planta de producción de Fitomás, se colectó el volumen necesario el mismo día, para evitar variaciones en su característica.

Se realizaron dos series de experimentos: la primera para determinar las mejores condiciones de extracción del agente floculante presente en las semillas de *Moringa oleífera*; la segunda para decidir la mejor dosis del floculante, obtenido según las condiciones establecidas. Para el estudio se empleó como extrayente una disolución de cloruro de calcio (0.5 mol/L).

Para estudiar el comportamiento de los parámetros se empleó un diseño experimental factorial multinivel, aleatorizado.

Para la primera serie de experimentos se establecieron como factores la masa de semillas de moringa triturada a cuatro niveles y el tiempo de agitación a dos niveles. Las variables respuesta fueron: Concentración de proteína (CPROT) y Brix refractométrico (BRIX).

La segunda serie de experimentos consistió en una prueba de jarras, en vasos de precipitados de un litro, que se agitaron individualmente, a una velocidad constante de 40 min⁻¹ (6, 7). Los factores para el diseño experimental que se tuvieron en cuenta fueron: el tiempo de agitación a tres niveles y la dosis del floculante de semillas de moringa a 4 niveles. Las variables respuesta fueron: la conductividad, turbidez y tiempo de sedimentación.

Para la determinación de la concentración de proteínas se empleó el método Bradford, con albúmina de suero bovino (BSA) como estándar proteico, ya que es económica y de fácil disponibilidad. Las mediciones para este método se realizaron en un espectrofotómetro a 595 nm, entre 2 y 60 minutos después de preparada la muestra (8).

El programa estadístico empleado para el estudio fue Statgraphics Centurion XVII.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los valores de concentración de proteína total y brix en los extractos de moringa. Diseño experimental. Primera serie de experimentos

Del diseño experimental factorial multinivel aplicado a los resultados de la primera serie de experimentos, se obtuvo del análisis de varianzas, que la masa de semillas influye en la variabilidad de la concentración de proteínas, en los extractos floculantes con un 95 % de confiabilidad, de ahí que el modelo estadístico ajustado explique el 96.3 % de la variabilidad. En la ecuación de regresión ajustada al modelo, se puede observar que el factor de mayor peso es la masa de semilla (MSEM) lo que indica que, a mayor masa de semillas empleadas para la elaboración del floculante, mayor será la concentración de proteínas. Por tanto, el mejor experimento en este caso, es cuando se utilizan 30 gramos de semilla. Este resultado se corrobora en el diagrama de Pareto (figura. 1) en el que la MSEM es la variable que tiene mayor efecto sobre la concentración de proteínas, de manera proporcional.

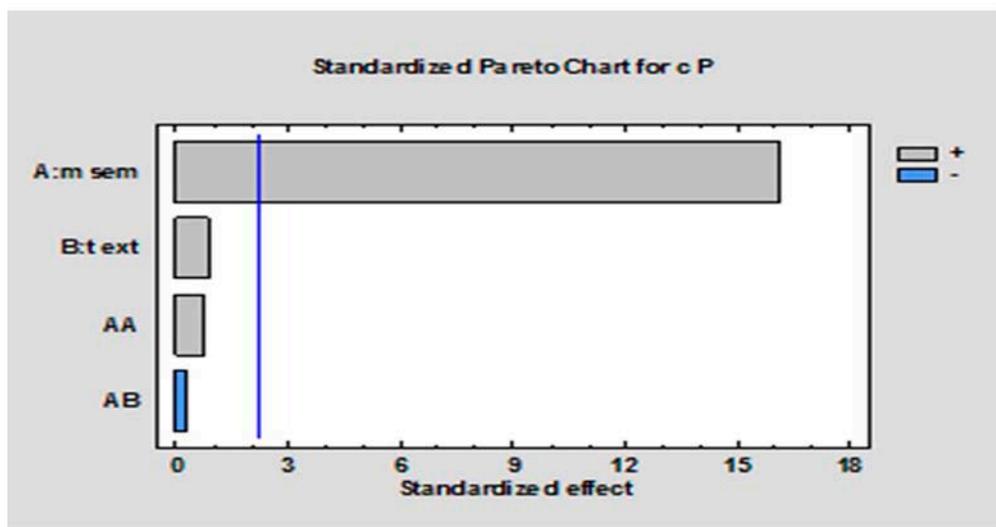


Figura 1. Variable independiente que modifica la concentración de proteína.

Para la variable brix, se aprecia que cuando la masa es de 30 gramos y el tiempo de extracción de 15 minutos el brix será mayor. Al analizar el diagrama de Pareto correspondiente, se aprecia que la

MSEM tiene un efecto mayor sobre la concentración de proteínas y la MSEM en su interacción con el tiempo desfavorece el aumento del BRIX.

No obstante, en el análisis estadístico de respuesta optimizada se determinó que, para alcanzar el máximo valor de concentración de proteínas, el tiempo de extracción debe ser máximo; o sea, 30 minutos, así como la masa de semilla empleada que debe ser de 30 gramos.

Medias de concentración de proteína: primera serie de experimentos

De los extractos salinos de semilla de moringa se reportan, en la literatura, concentraciones de proteína de: 5531 mg/L con empleo de disolución de cloruro de calcio como extrayente (9) y 1 0000 mg/L para el cloruro de potasio (10). Las diferencias pueden estar dadas por el medio que se utiliza para la extracción y el método utilizado para determinar la concentración de proteínas. En trabajos anteriores con el método Kjeldahl se sobrestimó la concentración de proteínas. En el presente experimento, con empleo de la disolución de cloruro de calcio, el mayor valor de proteínas obtenido fue 13 773 mg/L.

Análisis del diseño experimental, segunda serie de experimentos

En este caso se escogieron las condiciones en los que el floculante se obtuvo con mayor contenido de proteínas. Las dosis de floculante se aplicaron según las referencias (3, 4).

Conductividad

El análisis de Varianza de la conductividad arrojó que la dosis de floculante y el tiempo de agitación son factores significativos estadísticamente, para un 95 % de confiabilidad

En el gráfico de superficie respuesta estimada se indica que la disminución de la dosis favorece el aumento de conductividad, por lo que se deduce que la conductividad disminuye si la dosis del floculante aumenta, que es lo deseado. Así mismo, para que disminuya la conductividad, el tiempo de agitación debe aumentar.

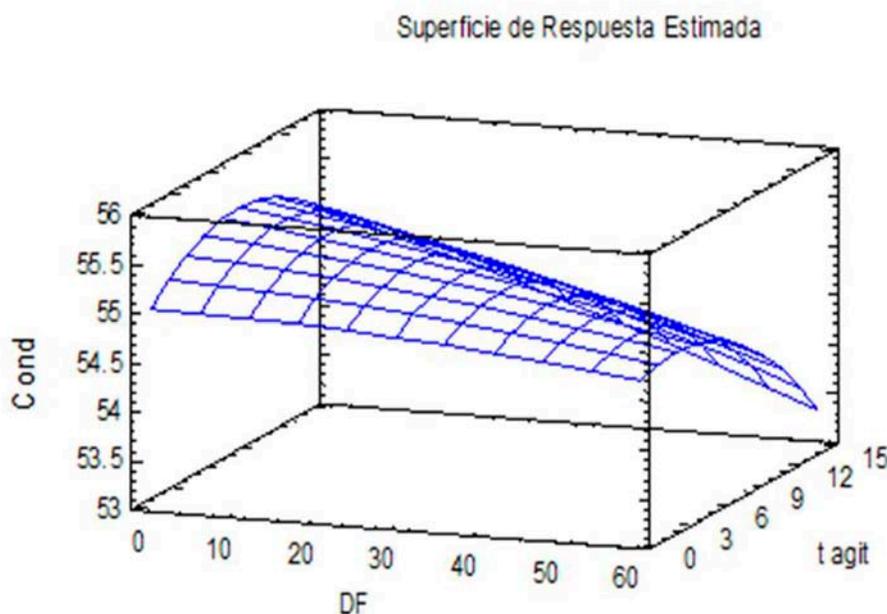


Figura. 2. Análisis de las condiciones óptimas experimentales en las que la conductividad es mínima.

Tiempo de sedimentación

Para el tiempo de sedimentación, el análisis de varianza reportó que el tiempo de agitación es el único factor estadísticamente significativo, para un 95 % de confiabilidad y, en la medida que decrece, disminuye el tiempo de sedimentación.

Al analizar las mejores condiciones experimentales en las que el tiempo de sedimentación es mínimo, se determina que el menor tiempo de agitación se logra cuando la dosis del floculante es máxima (60 mL y el tiempo de agitación es mínimo (3 minutos).

Turbidez

El análisis de varianza realizado para la turbidez arrojó que el tiempo de agitación, la dosis de floculante simple y cuadrática son factores estadísticamente significativos, para un 95 % de confiabilidad.

Además, se obtiene que el tiempo de agitación es el factor más significativo, seguido por la dosis de floculante de moringa simple y cuadrática, para un 95 % de confiabilidad. Igualmente, el tiempo de agitación y la dosis de floculante de moringa en su disminución contribuyen a un aumento de turbidez. Por tanto, con un aumento del tiempo de agitación y dosis de floculante, disminuye la turbidez de las aguas residuales tratadas de Fitomás.

Del análisis de las mejores condiciones experimentales se determina que, para obtener una turbidez mínima de las aguas residuales de Fitomás, el tiempo de agitación debe ser máximo (15 minutos) y la dosis de floculante debe ser máxima (60 mL).

Mejores condiciones experimentales para obtener baja turbidez y conductividad en las aguas residuales de Fitomás, debido al tratamiento con floculante natural de moringa

Para disminuir la conductividad, el tiempo de sedimentación y la turbidez de las aguas residuales de Fitomás, se analiza la optimización de cada una de estas respuestas, para las metas esperadas. De este análisis se obtiene, que un tiempo de agitación de 15 minutos favorece la disminución de la turbidez y la conductividad y la dosis de floculante 48.5 gramos.

Reducción de turbidez

Según el experimento realizado, la turbidez de la muestra de agua residual sin tratar con el floculante de semillas de moringa es 949 UNT. Para las aguas tratadas con floculante de moringa la menor turbidez fue 335 UNT, Por lo que se logra una reducción del 64.7 %, ligeramente mayor que la reportada en artículo publicado en el 2017 por Rondón-Macías *et al.* sobre el tratamiento de aguas residuales, de una planta municipal en Cuba (4). No obstante, las aguas con este nivel de turbidez no cumplen con las normas de vertimiento NC 27:2012 (11).

CONCLUSIONES

- Las mejores condiciones para la extracción del principio activo floculante de las semillas de moringa trituradas fueron: 30 gramos de semilla y 30 minutos de extracción.
- La mejor actividad floculante de los extractos de semillas de moringa en aguas residuales de Fitomás, se obtuvo para la dosis de 30 mL de floculante, con una agitación de 30 minutos, a una velocidad de 40 min⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mera Alegria CF, Gutiérrez Salamanca ML, Montes Rojas C, Paz Concha JP. Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016;14(2):100-9.
2. Cuadro Santana WA, Rodas Haz JE. Alternativa para sustitución de coagulantes metálicos aplicando almidón de yuca y *moringa oleífera* en el tratamiento de aguas superficiales [Tesis de Diploma]. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2019.
3. de Lima NM. Aplicação da *Moringa oleífera* no tratamento de água com turbidez [Tesis de Maestría]. Recife: Universidade Católica de Pernambuco; febrero 2015.
4. Rondón-Macías M, Díaz-Domínguez Y, Rodríguez-Muñoz S, Guerra-Álvarez B, Fernández-Santana E, Tabio-García D. Empleo de semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 2017;38(2):87-101.
5. Islen P, Michelena G, López O, Roget D. INFORME DE TAREA 8.1: Caracterización de los residuales de la producción de FITOMAS. Cuba: Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 2017.
6. Zeas Zeas BL. Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante-floculante en aguas superficiales. [Tesis de diploma]. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2018.

7. Lorenzo-Acosta Y. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. Revista ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 2006; XL(2):10-7.
8. PanReac-AppliChem. Bradford-Solutions for protein determination. PanReac-AppliChem TW Reagents.
9. Gravatim Costa GH, Millena de Freitas C, Quintino Mendes F, Pelegrini Rovoero J, Rossini Mutton MJ. Acrylamide replaced by moringa extract in sugar production. Food Science and Technology. 2018;38(4):591-9.
10. Megat Mohd Noor MJ, Mohamed E, Mohammad T, Ghazali A. Effectiveness of salt-extracted freeze-dried Moringa oleífera as a coagulant. Desalination and Water Treatment. 2014;55:1-7.
11. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado — Especificaciones, (2012).