

504

Junio de 2019
Gerencia Técnica /
Programa de Investigación Científica
Fondo Nacional del Café



Extractos vegetales para el tratamiento de las aguas residuales del café

En Cenicafé se han desarrollado sistemas biológicos para el tratamiento de las aguas residuales del café, que permiten cumplir con la normativa ambiental vigente y disminuir los impactos negativos ocasionados por la disposición final de los vertimientos. Dentro de las alternativas para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café está la utilización de procesos fisicoquímicos conocidos con el nombre de coagulación, utilizando sustancias obtenidas de diferentes órganos de diversas especies de plantas (Figura 1).

Avances Técnicos
Cenicafé





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autor

Laura Vanessa Quintero Yepes

Asistente de Investigación

<https://orcid.org/0000-0002-9982-7790>

Nelson Rodríguez Valencia

Investigador Científico III

<https://orcid.org/0000-0003-0897-4013>

Disciplina de Poscosecha

Centro Nacional de Investigaciones

de Café - Cenicafé

Manizales, Caldas, Colombia

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafé

Diagramación

Óscar Jaime Loaiza Echeverri

Imprenta

ISSN - 0120 - 0178

ISSN - 2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia

Tel. (6) 8500707

A.A. 2427 Manizales

www.cenicafe.org

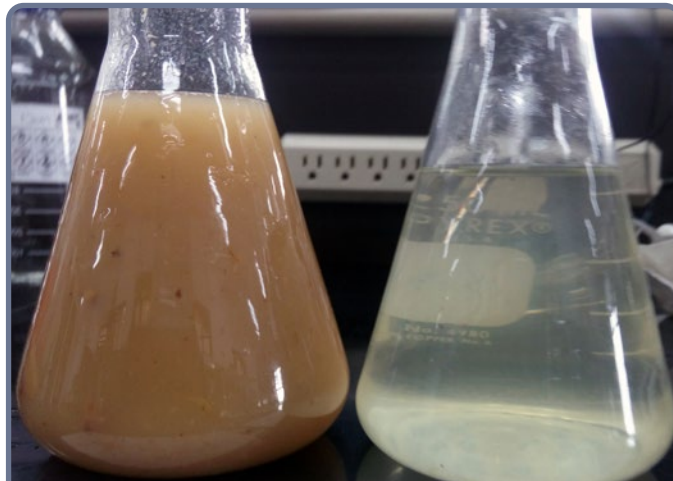


Figura 1. Aspecto del agua residual del café antes y después del tratamiento con extractos de plantas.

Por lo anterior, es necesario generar otro tipo de alternativas para el tratamiento del agua residual del café, que le permita al productor reducir los tiempos de proceso y de mantenimiento en las plantas de tratamiento, al igual que el cumplimiento con la normativa ambiental vigente.

Una de estas alternativas es la utilización de procesos fisicoquímicos conocidos con el nombre de “coagulación-floculación”, utilizando sustancias obtenidas de diferentes órganos de diversas especies de plantas, las cuales ejercen un papel similar al de los compuestos químicos utilizados para este fin.

El proceso fisicoquímico de coagulación-floculación

La **coagulación** es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales (sustancias presentes en las aguas residuales del café), que se produce al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas. Las partículas desestabilizadas se unen formando gránulos que sedimentan fácilmente (Cárdenas, 2000; Vargas y Romero, 2006).

Los coagulantes naturales pueden tener rendimientos iguales o superiores a los compuestos químicos comerciales, además de tener un valor agregado relacionado con sus características de biodegradabilidad, que los convierte en una alternativa viable desde el punto de vista económico y ambiental (Nieto y Orellana, 2011).

La mayoría de los coagulantes naturales se obtienen de semillas, hojas, tallos, raíces y frutos de diversas especies vegetales (Pritchard et al., 2010). Dos especies vegetales que se están utilizando para el tratamiento de agua son moringa (*Moringa oleifera*) y piñón (*Jatropha curcas*).

Diferentes estudios han encontrado que las semillas de *M. oleifera* pueden emplearse en los procesos de tratamiento de agua, debido a que presentan gran concentración de una proteína cuyas propiedades

Moringa oleifera

Es un árbol caducifolio, de la familia *Moringaceae*, cuyo nombre común es moringa. Es una planta de crecimiento rápido, con raíces tuberosas y gruesas, hojas de color verde claro, floración abundante, con frutos en cápsulas alargadas y colgantes, que contienen semillas oscuras (Figura 2). La moringa es originaria del Norte de la India y se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y América Latina. Tolerancia un amplio rango de condiciones climáticas y de suelo, crece en lugares con precipitación desde los 250 hasta los 3.000 mm. Esta planta es utilizada como alimento proteínico para bovinos, cerdos, aves y peces; y en África la utilizan para la nutrición infantil (Gutiérrez y Mera, 2014; Asensi et al., 2017). En Colombia, se cultiva en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba, Casanare, Meta, Nariño, Santander, Tolima y Valle del Cauca, entre otros.



Figura 2. Árbol de *Moringa oleifera*.

floculantes la hacen ideal para la eliminación de la turbidez del agua (Navarro, 2015).

La moringa ha sido evaluada para el tratamiento de aguas superficiales con fines de potabilización, y aguas residuales domésticas y agroindustriales con fines de cumplimiento de la normativa ambiental vigente, encontrando remociones superiores al 80% en parámetros como la turbidez, el color y bacterias patógenas (Pritchard et al., 2010; Hernández y Castro, 2014). En aguas residuales del café se ha encontrado como dosis óptima de aplicación de moringa 6,6 g L⁻¹ de agua residual, obteniendo remociones del 80% en sólidos suspendidos (SST) y turbidez (Gutiérrez y Mera, 2014; Mera-Alegria et al., 2016).

Se han realizado diferentes estudios en los cuales se demuestra que la semilla de piñón o jatropa y la torta prensada después de la extracción del aceite presenta un agente coagulante activo que

Jatropha curcas

Conocida comúnmente como piñón, es un arbusto, de la familia Euphorbiaceae, originario de América, pero ampliamente cultivado en países de Asia y África; se adapta fácilmente a zonas áridas, semiáridas y de alta pluviosidad, además, es atacado por pocas plagas y enfermedades (Figura 3). Es productivo en suelos de baja fertilidad y en terrenos baldíos permite recuperar nutrientes, restaurar y rehabilitar suelos afectados por la erosión y mejorar la captura de carbono por el suelo (Pabón et al., 2012). En Colombia se reporta su presencia en la Costa Atlántica, Antioquia, Meta, Santander, Valle del Cauca y Vichada. Las semillas de *J. curcas* contienen aceite que se puede transformar en biodiésel.



Figura 3. Árbol de *Jatropha curcas* sembrado en Cenicafé.

puede usarse para el tratamiento de las aguas residuales (Abidin et al., 2011; Makkar et al., 1997), pero no se conocen trabajos de investigación en el tratamiento de aguas residuales del café.

Este avance técnico tiene como objetivo presentar alternativas para el tratamiento de las aguas residuales del café, diferentes a los sistemas

de tratamiento biológico, con el fin de reducir los tiempos de proceso y el volumen de las unidades que conforman las plantas de tratamiento.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el tratamiento de las aguas residuales del café empleando extractos vegetales provenientes de *M. oleifera* y *J. curcas*.

Acondicionamiento del agua residual del café antes de la aplicación de los extractos vegetales

El extracto de *M. oleifera* es activo a pH básico, entre 7 y 9 (Okuda et al., 2001), por esto es necesario acondicionar el pH del agua residual cuando no esté en este rango. Para el caso de las aguas residuales del café el acondicionamiento debe realizarse agregando 4 g de hidróxido de calcio (cal hidratada) por litro de agua residual generada en el lavado del grano, y agitar hasta que se observe cambio de color (Figura 4), lo cual indica que el pH del agua residual alcanzó el rango óptimo para agregar el extracto vegetal (Cenicafé, 2016).

Tratamiento de las aguas residuales del café con semillas de *M. oleifera* y *J. curcas*

En Cenicafé se evaluó el efecto de las semillas de las especies vegetales *M. oleifera* y *J. curcas* (Figura 5) sobre las aguas residuales provenientes del lavado del grano, utilizando la tecnología del tanque tina, con una concentración de carga orgánica contaminante de 25.000 mg L⁻¹ medida como Demanda Química de Oxígeno (DQO).



Figura 4. Acondicionamiento del agua residual del café.

Para las evaluaciones se realizaron dos tipos de acondicionamiento a las semillas:

1. Descascarado, secado a 30°C y molienda (Figura 6) y con un proceso de extracción con sal común, utilizando el extracto líquido para el tratamiento (Figura 7).
2. Para la obtención del extracto líquido se licuaron 5 g de la semilla seca y molida en 100 mL de una solución con 5,8 g de sal común, y se filtró la muestra (Abidin et al., 2013).

Para *M. oleifera* se encontró que la forma más adecuada de utilizar la semilla es realizando los procesos de descascarado, secado y molienda, mientras que para *J. curcas* se recomienda la extracción con sal común.

Adición de los coagulantes naturales al agua residual del café

Para el caso de la semilla de *M. oleifera* se encontró que la metodología apropiada de aplicación del coagulante fue:

1. Adición de hidróxido de calcio al agua residual del café.
2. Seguido de 5 min. de agitación.
3. Adición de la semilla seca y molida de *M. oleifera* (5 g L⁻¹ de agua residual del café).

Bajo estas condiciones se presentó la mayor eliminación de la carga orgánica (Figura 8).

Con *J. curcas*, debe aplicarse al mismo tiempo el extracto y el hidróxido de calcio sobre el



Figura 5. Aspecto de las semillas de a. *M. oleifera* y b. *J. curcas*.



Figura 6. Aspecto de las semillas descascaradas a. *J. curcas*, b. *M. oleifera* y c. molidas.

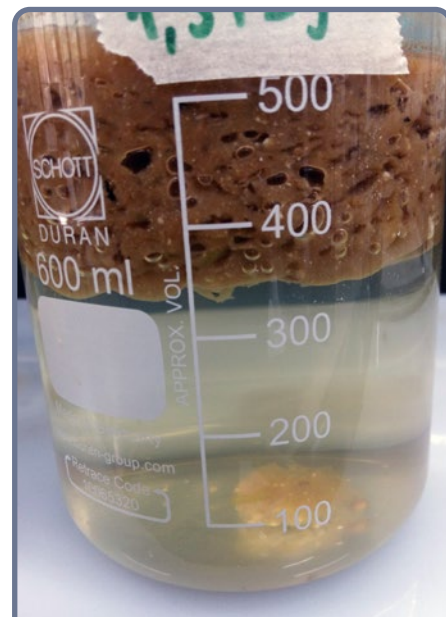


Figura 8. Aspecto del agua residual del café tratada con *M. oleifera*.



Figura 7. Extracción del compuesto coagulante de *J. curcas*. a. Molienda; b., Extracción líquida con sal; c. Muestra filtrada.



Figura 9. Aspecto del agua residual del café tratada con *J. curcas*.

agua residual de café, para obtener el valor de pH exigido por la normativa ambiental vigente y un precipitado de fácil separación. La dosis óptima del extracto de *J. curcas* fue de 50 mL L⁻¹ de agua residual del café (Figura 9).

Una vez agregado el coagulante natural, tanto en el caso de *M. oleifera* como de *J. curcas*, debe dejarse en reposo el agua residual del café durante 24 horas, para asegurar la separación del material contaminado. Posteriormente, se realiza su pos tratamiento o su reúso, considerando las

exigencias de la normativa ambiental vigente. El material sólido separado, material flotante o precipitado, debe disponerse solo o mezclado con la pulpa de café en el procesador de pulpa, para su transformación en abono orgánico (Figura 10).

Características fisicoquímicas del agua residual del café después del tratamiento

En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de las variables fisicoquímicas exigidas en la

normativa ambiental vigente para vertimientos, y evaluadas en el agua residual tratada con los dos extractos naturales.



Figura 10. Formación del precipitado y del material flotante después del tratamiento, **a.** *M. oleifera*, **b.** *J. curcas*.

Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS sobre reúso de aguas residuales tratadas. Para descargar las aguas a cuerpos de agua superficial o al suelo es necesario realizar un postratamiento, por lo que se recomienda utilizar tecnologías que involucren el uso de vegetación, como lo son los humedales artificiales y los filtros verdes.

Una de las grandes ventajas de la utilización de los extractos naturales para el tratamiento de las aguas residuales del café, es la generación de lodos biodegradables compuestos por la materia orgánica presente en el agua residual y el extracto utilizado de las plantas, los cuales podrían adicionarse al procesador de pulpa para ser composteados en mezclas con la misma o con otros materiales orgánicos generados en la finca para la producción de abono.

El tratamiento del agua residual del café con extractos naturales permite reducir la contaminación orgánica en los efluentes obtenidos y generar un agua con unas características de calidad que facilitan su reúso en otras actividades en la finca, como la producción de pasturas, el cultivo de árboles maderables y plantas de jardín, entre otras, siendo necesario cumplir con lo dispuesto en la Resolución 1207 del 2014 del Ministerio de

Para la utilización de extractos naturales como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales se recomienda tener en cuenta la disponibilidad y el costo del material vegetal utilizado para la generación de los extractos, las exigencias de los diferentes sellos certificadores y los requisitos legales ambientales tanto nacionales como locales.

Tabla 1. Promedio de las características fisicoquímicas del agua residual.

Tipo de agua	Agua residual del beneficio del café	Agua tratada con <i>Moringa oleifera</i>	Agua tratada con <i>Jatropha curcas</i>	Resolución 631 - Vertimientos a cuerpos de agua	Decreto 1076 - Vertimientos al suelo
pH (und)	3,65	5,68	5,11	5 a 9	5 a 9
DQO (ppm)	25.000	5.773	7.332	3.000	N/A
SST (ppm)	5.200	407	642	800	N/A
Grasas y aceites (ppm)	7,84	21,0	67,0	30	N/A
Fósforo (ppm)	12,20	0,99	0,79	N/A	N/A
Nitrógeno (ppm)	472,00	84,47	18,67	N/A	N/A
Remoción DQO (%)	N/A	76,9	70,7	N/A	>80%
Remoción SST (%)	N/A	92,2	87,7	N/A	>80%

Pasos para el tratamiento con *M. oleifera*



Agua residual del café proveniente del tanque tina



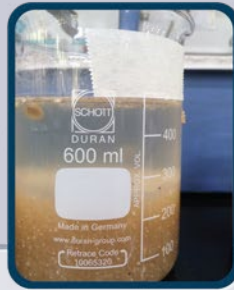
Adición de 4 kg de hidróxido de calcio por 1 m³ de agua residual generada



Agitación durante 5 minutos



Separación del agua residual tratada y del material sólido



Sedimentación durante 24 horas



Adición de 5 kg de semilla de moringa seca y molida por 1 m³ de agua residual generada

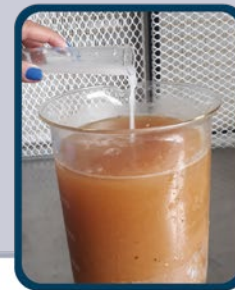
Pasos para el tratamiento con *J. curcas*



Agua residual del café proveniente del tanque tina



Adición de 4 kg de hidróxido de calcio por 1 m³ de agua residual generada



Adición de 50 L del extracto líquido por 1 m³ de agua residual generada



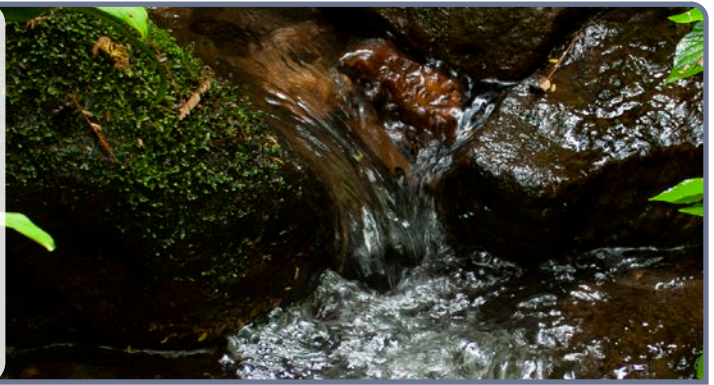
Separación del agua residual tratada y del material sólido



Sedimentación durante 24 horas

Señor caficultor

Cenicafé ha desarrollado alternativas para el tratamiento de las aguas residuales del café que permiten cumplir con la normativa ambiental vigente y proteger los recursos naturales.



Literatura citada

- ABIDIN, Z.Z., ISMAIL, N., YUNUS, R., AHAMAD, I.S., IDRIS, A. (2011). A preliminary study on *Jatropha curcas* as coagulant in wastewater treatment. *Environ. Technol.* 32 (9), 971-977.
- ABIDIN, Z. Z., SHAMSUDIN, N. S. M., MADEHI, N., & SOBRI, S. (2013). Optimization of a method to extract the active coagulant agent from *Jatropha curcas* seeds for use in turbidity removal. *Industrial Crops and Products*, 41, 319-323.
- ASENSI, G. D., VILLADIEGO, A. M. D., & GASPAS, R. B. (2017). *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2).
- CÁRDENAS, Y., A (2000). Tratamiento de agua coagulación y floculación. SEDAPAL Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico. Lima, Perú. 44p.
- CENICAFÉ- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ (2016). Informe Anual Cenicafé 2016. Manizales, Caldas. 132 p.
- GUTIÉRREZ S., M.L; MERA A, C.F (2014) Evaluación del efecto Coagulante y floculante de la semilla de *Moringa oleifera* como alternativa de manejo de aguas residuales en sistemas integrados de producción agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencia Agropecuarias. (Popayán, Colombia) 90 p.
- HERNÁNDEZ M., J.L, CASTRO V., A.F (2014) Determinación de la eficiencia de la semilla de *Moringa oleifera* (mo) utilizada como sustancia coagulante en el proceso de coagulación/floculación de las aguas residuales de la central de sacrificio de la ciudad de Popayán, departamento del cauca. (Popayán, Colombia) 103 p.
- MAKKAR, H.P.S., BECKER, K., SPORER, F., WINK, M. (1997). Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.* 45, 3152-3157.
- MERA-ALEGRIA, C. F., GUTIÉRREZ-SALAMANCA, M. L., MONTES-ROJAS, C. O. N. S. U. E. L. O., & PAZ-CONCHA, J. P. (2016). Efecto de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 100-109
- NAVARRO, G. P. (2015). *Moringa oleifera*: Un aliado en la lucha contra la desnutrición. *Acción Contra el Hambre: ACF International*. Madrid, 36.
- NIETO C.R; ORELLANA V.P. (2011). Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. (Trabajo de grado), Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales: Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. 1-132.
- OKUDA, T., BAES, A. U., NISHIJIMA, W., & OKADA, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water research*, 35(2), 405-410 .p.
- PABÓN, L. C., & HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(2), 194-209.
- PRITCHARD, M., CRAVEN, T., MKANDAWIRE, T., EDMONDSON, A. S., & O'NEILL, J. G. (2010). A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water—An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(13), 798-805.
- VARGAS C., M; ROMERO E., L.G. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. (19-4). Costa Rica.41 p.

