

# Producción de biodiesel a partir de semillas de *Argemone pleiacantha* Greene

## Biodiesel production from *Argemone pleiacantha* Greene seeds

Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Elena del Carmen Villarreal-Ornelas<sup>2</sup>,  
Ignacio Sánchez-Cohen<sup>3</sup>, Miguel Agustín Velásquez-Valle<sup>4</sup>,  
Mali Nay BuendíaTamariz<sup>5</sup>

---

Trejo-Calzada, R; Villarreal-Ornelas, E; Sánchez-Cohen, I; Velásquez-Valle, M; Buendía-Tamariz, M. Producción de biodiesel a partir de semillas de *Argemone pleiacantha* Greene. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. XIII CLIA. Abril 2019. Pág 109-114.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4268>

- 1 Doctor en Agronomía. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México. Correo electrónico: rtrejo@chapingo.uruza.edu.mx
- 2 Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México. Correo electrónico: vioe\_07@hotmail.com
- 3 Doctor en Agronomía. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. México. Correo electrónico: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx
- 4 Doctor en Agronomía. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. México. Correo electrónico: velasquez.agustin@inifap.gob.mx
- 5 Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. México. Correo electrónico: mali.buendia@hotmail.com



## Palabras clave

Biocombustibles; transesterificación; zonas áridas; recursos naturales.

## Resumen

La producción de biodiesel como alternativa a los combustibles fósiles enfrenta la dificultad de contar con materia prima suficiente y que no compita con la producción de alimentos. *Argemone* spp. es un género de plantas no comestibles que se desarrollan en suelos pobres y condiciones de sequía. Estas plantas son consideradas como malezas y por lo tanto indeseables, pero estudios recientes revelan que sus semillas tienen un alto contenido de aceite, el cual potencialmente se puede emplear para la producción de biodiesel. Sin embargo, aún son escasos los trabajos sobre el rendimiento y calidad de biodiesel que puede producirse a partir de ese aceite. El objetivo de este estudio fue identificar tratamientos para obtener los mayores rendimientos de biodiesel a partir de aceite de semillas de *Argemone pleiacantha* Greene. Se estableció un experimento con diseño de factorial completo 2x2x2 y tres repeticiones. Los factores de variación fueron la relación metanol/aceite (6:1 y 6.5:1 mol:mol), tipo de catalizador (KOH y NaOH) y concentración de catalizador (0.5 y 0.75%). Los tres factores variables (catalizadores, concentración y relación molar metanol/aceite) utilizados en el experimento tuvieron efectos significativos en el rendimiento de biodiesel y hubo una interacción significativa entre estas variables ( $p < 0.05$ ). El tratamiento con catalizador KOH al 0.5% y una relación molar metanol/aceite de 6.5 produjo un rendimiento de biodiesel significativamente mayor ( $p < 0.05$ ).

## Keywords

Biofuels; transesterification; arid lands; natural resources.

## Abstract

Biodiesel production as alternative fuel faces the challenge of having enough raw material that is not consumed as a food. *Argemone* is a kind of non-edible plants that grow in poor soils and dry environments. These plants are classified as weeds and therefore as undesirable. However, recent studies show that their seeds have a high oil content. The oil could be used for biodiesel production. Nevertheless, there are only a few studies about the yield and quality of biodiesel produced from *A. pleiacantha* seeds. The aim of this research was to identify the best treatments to obtain the greater yield of biodiesel. An experiment was established under a complete factorial experimental design 2x2x2 with three replications. The variable factors were methanol/oil ratio (6:1 and 6:5 mol:mol), catalyst (KOH and NaOH) and catalyst concentration (0.5 and 0.75%). All three variable factors (catalyst, concentration of catalyst and methanol/oil molar ratio) had significant effects ( $p < 0.05$ ) on the yield of biodiesel and there was a significant interaction among these variables ( $p < 0.05$ ). The treatment with 0.5 % KOH and methanol/oil molar ratio of 6.5 produced a significant higher yield of biodiesel ( $p < 0.05$ ).

## Introducción

La necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con el fin de limitar el calentamiento global y el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles se ha convertido en prioridad para la investigación sobre fuentes alternativas de energía. Entre estas alternativas se encuentran los biocombustibles para motores de combustión interna. Durante los últimos años, la investigación

sobre biocombustibles se ha dirigido principalmente a explorar combustibles a partir de aceites de plantas: es decir, ésteres metílicos de ácidos grasos de aceites de semillas [1].

Los aceites de semillas constituyen el 70% de la producción mundial de aceites y son una alternativa que da respuesta al agotamiento de los combustibles fósiles y a los efectos contaminantes del medio ambiente [2]. La relativa sencillez y versatilidad de los procesos físicos (fraccionamiento) o químicos (hidrogenación o transesterificación), usados por separado o en combinación permiten modificar las propiedades de los aceites vegetales para hacerlos particularmente indicados para ser transformados en biodiesel (BD) [3].

Los aceites grasos comestibles derivados de colza, soja, palma, coco y girasol, entre otros, han sido utilizados ampliamente como materia prima para producir biodiesel de primera generación [4]. Sin embargo, la producción de BD a partir de aceites comestibles es controversial, pues algunas organizaciones no gubernamentales y movimientos sociales señalan que la fabricación de biocombustibles a partir de materias primas comestibles es la causa principal del aumento en los precios de los alimentos [1].

Por otro lado, algunos cultivos oleaginosos no compiten con los alimentos, por ejemplo, *Ricinus communis*, *Jatropha curcas*, *Pongamia pinnata* entre otros aceites de cultivos no comestibles, los cuales son llamados productores de BD de segunda generación [5]. Es imperante explorar otras especies vegetales que no compitan con la producción de alimentos y que preferentemente tengan características de adaptación a condiciones adversas, entre ellas el déficit hídrico.

En este contexto, *Argemone* spp. es un género de plantas no comestibles que han sido consideradas como malezas y no compete con cultivos convencionales. A pesar de que este género no ha sido ampliamente estudiado, se sabe que el aceite obtenido a partir de sus semillas presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados [6]. Sin embargo, aún no hay suficientes estudios sobre las características del aceite y el rendimiento de biodiesel al emplearlo como materia prima. El objetivo de este estudio fue identificar tratamientos para obtener los mayores rendimientos de biodiesel a partir de semillas de *A. pleiakantha* Greene

## Materiales y métodos

El estudio se llevó cabo en los laboratorios Agua-Suelo-Planta y de Biotecnología de la Universidad Autónoma Chapingo – URUZA. Las semillas de *A. pleiakantha* se recolectaron en el ejido San Isidro del municipio de Mapimí, Durango, México, con coordenadas 25° 51'23.5" N y 103°45'56.7".

Previo a la extracción de aceite, se determinó el porcentaje de humedad en las semillas por método gravimétrico. La extracción de aceite se llevó a cabo mediante el método soxhlet empleando hexano como disolvente en muestras de 10 g de semilla. El aceite obtenido fue empleado para determinar algunas de sus características físicas y químicas, entre ellas: perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases, viscosidad cinemática con un viscosímetro capilar, densidad con areómetro de vidrio, índice de acidez de acuerdo con la norma [7] UNE EN 14104:2003, índice de saponificación de acuerdo con la norma [8] NMX-F-174-SCFI-2014 e índice de peróxido con base en la norma [9] NMX-F-154-SCFI-2010.

Para evaluar la producción de biodiesel a partir del aceite de semillas de *A. pleiakantha* se estableció un experimento con un diseño experimental factorial con tres repeticiones. Los factores y sus niveles fueron: catalizador (KOH y NaOH), concentración de catalizador (0.5 y 0.75%) y relación metanol aceite (6:1 y 6.5:1). La variable dependiente fue el rendimiento de biodiesel.

La reacción de transesterificación se llevó tomando como base la metodología presentada por [10], con un tiempo de una hora de reacción a 65°C. La mezcla de biodiesel y glicerina obtenidos en el proceso de transesterificación se transfirió a un embudo de separación y se dejó en reposo durante 24 horas para así tener una buena separación de fases. El biodiesel obtenido se colocó en una parrilla de calentamiento para lograr la evaporación completa del metanol; posteriormente, tres lavados con agua destilada se realizaron a una temperatura de 45 °C, hasta observar que el agua del lavado fuera transparente. La determinación del rendimiento de biodiesel se calculó con el cociente de la cantidad de biodiesel puro obtenido entre la cantidad de aceite.

## Resultados y discusión

Los tres factores variables: relación metanol/aceite (REA), concentración de catalizador (CC) y catalizador (C) afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) el rendimiento de biodiesel obtenido a partir de las semillas de *A. pleiacantha*. En el caso del factor catalizador, el mayor rendimiento se obtuvo al emplear KOH. Asimismo, el empleo de una REA mayor y una concentración (CC) menor de catalizador provocó un incremento en el rendimiento de biodiesel. Estos efectos permiten identificar una interacción entre los factores variables, la cual fue significativa ( $P < 0.05$ ).

El tratamiento de KOH al 0.5% y una REA de 6.5 fue el que propició el mayor rendimiento (cuadro 1). [10] obtuvieron una transesterificación alta de aceite de palma con una concentración similar y un nivel de REA ligeramente menor al encontrado en este estudio. Por su parte, Meher et al. [11] mencionan que al agregar más alcohol al proceso de transesterificación, la reacción se dirige hacia los productos.

Los resultados muestran también que los valores menores de rendimiento se obtienen en las mayores concentraciones de catalizador (cuadro 1). Esto se debe a que al agregar más catalizador (KOH o NaOH) se favorece una reacción de saponificación en lugar de la transesterificación, añadiéndole también pérdidas en las etapas de separación y lavado del BD obtenido [12]. En estudio realizado por Buendía-Tamariz et al. [13], encontraron que el rendimiento de biodiesel a partir de aceite de pennycress (*Thalpi arvense*) alcanzó su máximo en concentraciones de KOH de 1% pero decreció al incrementar la concentración a 1.25%, cuando se empleó una relación molar metanol:aceite de 6:1 y una temperatura de reacción de 60°C.

En general, los valores de rendimiento de BD para cada tratamiento son menores que los correspondientes a otros estudios en los cuales se utilizaron aceites refinados en lugar de aceites crudos como por ejemplo el que presenta [14], en cuyo caso el rendimiento de biodiesel es de 91.3 % a partir de aceite de palma. Asimismo, Cardeño et al. [15] encontraron que al utilizar aceite de palma refinado hubo un mayor rendimiento en FAME comparándolo con aceite de palma crudo y de higuera. [13] obtuvieron rendimientos de 78% cuando emplearon aceite de carraspique del campo como materia prima. Esto se puede deber a que el índice de acidez en aceites crudos es muy alto y a la presencia de otras sustancias como carotenos, tocoferoles, tocotrienoles y gomas que no reaccionan con el alcohol, pero especialmente a los ácidos grasos libres y agua que consumen parte del catalizador y forman jabones, lo que disminuye el rendimiento de la reacción [16].

**Cuadro 1.** Rendimiento promedio de biodiesel a partir de aceite de semillas de *A. pleiacantha* con el empleo de dos relaciones molares metanol:aceite (REA), dos catalizadores (CAT) y dos concentraciones de catalizador (CC) en la reacción de transesterificación.

Tratamiento	REA mol/mol	CAT	CC %	Rendimiento promedio de biodiesel en porcentaje ( $S_d$ )
1	6	KOH	0.5	67.919 (0.256)
2	6	KOH	0.75	58.631 (0.564)
3	6	NaOH	0.5	66.210 (0.357)
4	6	NaOH	0.75	58.588 (0.075)
5	6.5	KOH	0.5	73.105 (0.569)
6	6.5	KOH	0.75	68.011 (0.271)
7	6.5	NaOH	0.5	69.201 (0.594)
8	6.5	NaOH	0.75	68.138 (0.141)

$S_d$  = desviación estándar.

## Conclusiones

El rendimiento de aceite de las semillas de *A. pleiacantha* fue relativamente alto, con un promedio de 39.8 %.

El tratamiento 5 con KOH al 0.05% y REA de 6.5 propició el rendimiento mayor de biodiesel. El rendimiento de biodiesel aumenta al incrementar la REA en presencia de KOH como catalizador. Sin embargo, el incremento es mayor al emplear una concentración de 0.75 % comparada con la de 0.5%.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo a becarias que participaron en este proyecto.

## Referencias

- [1] S. Pinzi, L. García, F.J. López- Giménez, M.D. Luque de Castro, G. Dorado & M.P. Dorado. "The ideal Vegetable oil-based biodiesel Composition: A review of Social, Economical and Technical Implications." *Energy & Fuels*, vol. 23, no. 5, pp. 2325-2341, April 2009.
- [2] F. Lafargue-Perez, M. Díaz-Velázquez, N. Barrera-Vaillant, C. Rodríguez Martínez & J. C. Assuncao-Nascimento. "Caracterización físico- química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L." *Tecnología química*. Vol. 32, no. 2, pp.162-165, May-Aug 2012.
- [3] L.C. Fernández-Linares, J. Montiel-Montoya, A. Millá-Oropeza & J.A. Badillo-Corona. (2012). "Producción de biocombustibles a partir de microalgas." *Ra Ximhai*, vol. 8, no.3, pp.101-115, September-December 2012.
- [4] G. Bergsma, B. Kampman, H. Croezen, & M. Sevenster. *Biofuels and their global influence on land availability for agriculture and nature. A first evaluation and a proposal for further acting*. Delft CE. The Netherlands, February 2017.
- [5] B.R. Moser & S.F. Vaughn (2010). "Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel." *Bioresource Technology*, vol.101, no. 2, pp. 646-653, January 2010.



- [6] F. Reveles-Saucedo, R. Rosales-Serna, C. Nava-Berúmen, E. Delgado-Lincón, E. Cuellar-Robles, F. Carrete-Carreón & J. Ríos-Saucedo. "Identificación de especies vegetales con potencial para la producción de biocombustibles líquidos en Durango." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, no. 1, pp. 45-54, Enero-Marzo 2010.
- [7] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Norma UNE-EN 14104:2003. Productos derivados de aceites y grasas; Esteres metílicos de ácidos grasos (FAME); Determinación del índice de acidez. Madrid, España, Septiembre 2003.
- [8] Diario Oficial de la Federación (DOF). Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-109-SCFI-2014, NMX-F-174-SCFI-2014 y NMX-225-SCFI-2014. Secretaría de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355911&fecha=11/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355911&fecha=11/08/2014). Noviembre 2014.
- [9] Diario Oficial de la Federación (DOF). Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-F-009-SCFI-2010, NMX-F-012-SCFI-2010 y NMX-F-154-SCFI-2010. Secretaría de Economía. Estados Unidos Mexicanos. México. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5178029](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5178029). Enero 2011.
- [10] E.C. Zuleta Suárez, J.D. Bonet Oballe, L.C. Díaz Muegue & M.J. Bastidas Barranco. "Optimización del proceso de obtención de biodiesel a partir de aceite de palma y etanol mediante el método de superficie de respuesta". *PROSPECTIVA*, vol. 6, no. 1, pp. 75-80. Enero-Julio 2008.
- [11] L.C. Meher, D. Vidya Sagar & S.N. Naik. "Technical aspects of biodiesel production by transesterification- a review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10 no. 3 pp. 248-268, June 2006.
- [12] M.P. Dorado, E. Ballesteros, F.J. López & M. Mittelbach. "Optimization of alkali-catalyzed transesterification of Brassica carinata oil for biodiesel production." *Energy & Fuels*, vol. 18, no. 1, pp. 77-83, November 2003.
- [13] M.N. Buendía-Tamariz, R. Trejo-Calzada, A. Abiola, A. Pedroza-Sandoval, M.R. Jacobo-Salcedo, M. Reveles-Hernández. "Characterization of Biodiesel Produced from Chicken Fat and Pennycress Oil using Different Concentrations of Basic Catalysts." *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 127-133, June 2015.
- [14] J.E. Murillo Valdés. "Producción de Biodiesel a partir de aceite de palma." *Palmas*, vol. 25, no. 4, pp. 31-42, Noviembre 2004
- [15] F. Cardeño, L. Ríos, & A. Franco. "Producción de Biodiesel de aceite crudo de palma mediante catálisis heterogénea." *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, vol. 51, pp. 81-86, Febrero 2010.
- [16] G. Vicente, M. Martínez & J. Aracil. "Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems." *Bioresource Technology*, vol. 92, no. 3, pp. 297-305, May 2004.