

Determinación de la fertilización en la producción y calidad del aceite de piñon (*Jatropha curcas* L.)

Determination of fertilization in the production and quality of piñon oil (*Jatropha curcas* L.)

Camilo José Iguarán Díaz^{1*}, Roberto Cabrales Rodríguez², José Luís Marrugo Negrete³

Recibido para publicación: Mayo 14 de 2018 - Aceptado para publicación: Noviembre 23 de 2018

RESUMEN

El Piñon es un árbol que crece en todo tipo de suelo, es resistente a la sequía y tiene propiedades medicinales. Las semillas tienen alto contenido de aceite el cual es apto para la producción de biodiesel. El Piñon en la región Caribe, colombiana es plantado en las cercas vivas conociéndose poco el manejo agronómico como cultivo; por lo cual se planteó la necesidad de evaluar el comportamiento agronómico, la capacidad de producción y calidad de aceite de cuatro ecotipos de piñon en el departamento de Córdoba, Colombia. Se utilizaron los ecotipos CPB-1 (Brasil), CPM-6 (México), Astréa (Colombia) y Barranca (Colombia), bajo diferentes dosis de fertilización, en un diseño de bloques al azar, con parcelas divididas con tres repeticiones. En el tratamiento A se fertilizó con 50 g de urea por planta, el tratamiento B 50g de urea más 50 g de P₂O₅ y el tratamiento C 50 g de urea más 50 g de KCl y un testigo (tratamiento D). El análisis estadístico mostró que hay diferencias significativas entre los ecotipos y tratamientos, se determinó que el Ecotipo Brasil bajo el tratamiento B fue el de mejores resultados en cuanto a rendimiento (3932,6 Kg ha⁻¹). En cuanto a la calidad de los aceites para la producción de Biodiesel, todos los tratamientos presentaron muy buenos resultados, con índices de acidez y Yodo bajos, y altos índice de saponificación. Por lo tanto se recomienda establecer el ecotipo Brasil fertilizado con 64 g urea + 109 g DAP, para la zona del Sinú medio.

Palabras clave: *Jatropha curcas* L., ecotipos, dosis de fertilización, rendimiento en semilla, parámetros de cantidad y calidad de aceites.

ABSTRACT

The Piñon is a tree that grows on all types of soil, is resistant to drought and has medicinal properties. The seeds have high oil content which is suitable for the production of biodiesel. The Piñon in the Caribbean, Colombian region is planted in live fences with little knowledge of agronomic management as a crop; Therefore, the need to evaluate the agronomic behavior, production capacity and oil quality of four pinion ecotypes in the department of Córdoba, Colombia was raised. The ecotypes CPB-1 (Brazil), CPM-6 (Mexico), Astréa (Colombia) and Barranca (Colombia) were used, under different fertilization doses, in a randomized block design, with divided plots with three replications. In treatment A was fertilized with 50 g of urea per plant, treatment B 50 g of urea plus 50 g of P₂O₅ and treatment C 50 g of urea plus 50 g of KCl and a control (treatment D). The statistical analysis showed that there are significant differences between ecotypes and treatments, it was determined that the Brazil Ecotype under treatment B was the one with the best results in terms of yield (3932.6 Kg ha⁻¹). Regarding the quality of the oils for the production of Biodiesel, all the treatments presented very good results, with low acidity and Iodine indexes, and high saponification index. Therefore it is recommended to establish the fertilized Brazil ecotype with 64 g urea + 109 g DAP, for the zone of the middle Sinú.

Key words: *Jatropha curcas* L., ecotypes, fertilization doses, seed yield, oils quantity and quality parameters.

^{1*} M.Sc. Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia. Tel. 3102358805. *Autor para correspondencia: camilojiguaran@hotmail.com.

² M.Sc. Docente. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia. Tel. 3008021519 E-mail: rcabrales2009@hotmail.com.

³ Ph.D. Docente. Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia. Tel. 3233016454. E-mail: jlmarrugon@yahoo.com.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es consecuencia de una externalidad negativa global originada por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, sin un costo económico explícito en la gran mayoría de los países. De acuerdo con información del World Resources Institute (WRI, 2015) los países de la región de América Latina y el Caribe contribuyeron en 2010 con 3.257 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_2e), representando el 8% de las emisiones totales de GEI globales (CEPAL, 2015).

Además es una realidad que todos aquellos productos derivados de fuentes fósiles tienen un período acotado en el tiempo de la humanidad. El petróleo, principal materia prima utilizada para la elaboración de combustibles, no escapa a esta situación. Hechos como las diferentes crisis que se han producido en los últimos 50 años (provocando fluctuaciones en el precio del barril de crudo); y la disponibilidad del recurso radicada en pocos países, han incentivado en el hombre la búsqueda de nuevas fuentes de combustibles (IEA, 2008).

Con los precios del petróleo cercanos a los niveles más altos en la historia y pocos combustibles alternativos para el transporte, Brasil, la Unión Europea, Estados Unidos y otros países, han apoyado activamente la producción de biocombustibles líquidos (etanol y biodiesel). Los impactos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles son ampliamente debatidos. Como fuente de energía renovable, los biocombustibles pueden ayudar a mitigar el cambio climático y reducir la dependencia del petróleo en el sector del transporte. También pueden ofrecer importantes mercados nuevos para los productores agrícolas, que podrían estimular el crecimiento rural y los ingresos agrícolas. En el lado negativo, se encuentran los riesgos ambientales y el alza en los precios de los alimentos. Estos

impactos, que dependen del tipo de material cultivado (materia prima), el proceso de producción y los cambios en el uso de la tierra, tienen que ser cuidadosamente evaluados antes de extender el apoyo público a los programas de biocombustibles de gran escala.

En lo que respecta a siembra de especies vegetales para extracción de Biodiesel, la *Jatropha curcas* L., aparece como una opción muy viable para el Departamento de Córdoba ya que este cultivo se adapta a las condiciones agroclimatológicas del departamento y no competiría con terrenos aptos para otros cultivos, puesto que sobrevive y crece en zonas relativamente marginales para la agricultura tradicional y además serviría para recuperar zonas degradadas como las de minería.

Jatropha curcas L., conocida en México como piñoncillo, es una especie productora de aceite, la cual ha recibido gran atención en recientes años al ser utilizada como fuente para la elaboración de biodiesel debido que sus semillas llegan a producir de 46 a 64% de aceite. Sin embargo, la producción de *Jatropha* ha demostrado limitado éxito debido al heterogéneo rendimiento de semillas y contenido de aceite (Pequeño-Granado, 2015).

Las lagunas de conocimiento actuales sobre los impactos y el potencial de las plantaciones de *Jatropha curcas* hacen que su cultivo sea potencialmente insostenible (Achten *et al.*, 2010). Sin embargo, de acuerdo con el pensamiento científico actual, un uso correcto y adecuado de *Jatropha curcas* L. a nivel local, respaldado por estudios adicionales, podría ser una buena solución en términos de mejora de los servicios energéticos, mitigación de los problemas ambientales y generación de ingresos, generando actividades en los países en desarrollo. Sus peculiares características permiten una fácil integración de las plantaciones de *Jatropha curcas* L. en la economía rural de las comunidades campesinas. Las iniciativas

comunitarias sobre la plantación de *Jatropha curcas* L. podrían contribuir positivamente a los medios de vida rurales, si se basan en pequeñas plantaciones en tierras marginales o en sistemas agroforestales intercalados con el objetivo de producir biocombustibles y otros subproductos (FAO, 2009).

Debido a que la *Jatropha curcas* L. es una planta sin domesticación y por el desconocimiento del comportamiento en condiciones locales, se crea la necesidad de realizar una investigación coherente que permita generar información para reducir los riesgos de la inversión a escala empresarial.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico, la capacidad de producción y calidad de aceite de cuatro ecotipos de piñón (*Jatropha curcas* L.), bajo cuatro dosis de fertilización para la producción de biodiesel en el departamento de Córdoba.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en la Ciudad de Montería en el Km 3 vía Cereté, en los predios de la Universidad de Córdoba, zona media del Valle del Sinú, situado a 8° 52' Latitud Norte y 76° 58' Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich, con una altura de 15 msnm, humedad relativa media del 83% y precipitación anual de 1200 mm. Según la clasificación de Martonne la zona presenta un clima semi-húmedo (Palencia *et al.*, 2006). La fase experimental tuvo una duración de dieciocho meses. Esta investigación inició en el segundo periodo del 2014 y se extendió hasta el 2017.

Variables estudiadas: Ecotipos de *Jatropha curcas* L. (Parcelas principales): Ecotipo Brasil CPB-1 (Origen: Material colectado y evaluado por Embrapa en la región de Quixeramobim, estado Ceará Brasil). Ecotipo

México CPM-6 (Material de *Jatropha* colectado por el Instituto Politécnico Nacional (Ceprobi), México.), Ecotipo Astréa (Origen: Astréa, César. Material nativo), Ecotipo Barranca (Origen: Barrancas, Vichada. Material nativo).

Dosis de fertilización: N = Aplicación de 50 g de N por planta (P/C 109 g urea), N+P = Aplicación de 50 g de N más 50 g de P₂O₅ por planta (P/C 64 g urea + 109 g DAP), N+K = Aplicación de 50 g de N más 50 g de K₂O por planta (P/C 109 g urea + 84 g KCl), T = Testigo absoluto: consiste en la cero aplicación de fuentes de nutrientes para la planta, en este caso la planta crece, se desarrolló y se reproduce con los nutrientes que le aporta el suelo. Las variables que se midieron fueron: Altura media (m), Rendimiento de semilla (Kg ha⁻¹ año), Días a floración, Rendimiento de aceite (%p/p), Índice de Acidez (IA), Índice de Yodo (IY) e Índice de Saponificación (IS)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de la tabla 1 reporta que la altura de las plantas (AP) y los días a floración (DAF) de *Jatropha curcas* L. solo fueron influenciados por el ecotipo ($p \leq 0,01$) esto no coincide con lo reportado por Montenegro (2017) que encontró que el crecimiento de *Jatropha curcas* L. estuvo influenciado por la fertilización con N y la interacción nitrógeno potasio K(N), ni con Banegas (2009) que concluyó que en altura y diámetro de tallo y número de ramas, el nitrógeno es determinante y el fósforo favorece la absorción de nitrógeno. Los resultados coinciden con los reportados por Segura (2010).

La mayor altura o crecimiento fue registrada por el ecotipo Barrancas, que superó en 9,26% al ecotipo Astréa y 28,51% a los ecotipos México y Brasil, los cuales se comportaron similarmente (Tabla 2).

En cuanto a los días a floración, los ecotipos

Brasil y México fueron los más precoces, con un inicio de floración en promedio de 77,66

Tabla 1. Cuadrados medios de la altura de planta (AP) y días a floración (DAF) de cuatro de ecotipos y cuatro tipos de fertilización.

Fuente de variación	gl	AP	DAF
Bloque	2	226,94	116,89*
Ecotipo (A)	3	18962,74**	987,86**
Error (a)	6	437,16	46,67
Fertilización (B)	3	378,74	66,80
Error (b)	6	311,08	17,62
Interacción AB	9	150,30	49,40
Error	18	218,74	21,77
R ²		0,94	0,91
CV (%)		4,73	5,47

gl: Grados de libertad; **: Diferencia significativa al 1%; *: Diferencia significativa al 5%; R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación.

Tabla 2. Valores medios de la altura de planta (AP) y los días a floración (DAF) de plantas en función del ecotipo de *Jatropha curcas*.

Material	AP (cm)	DAF
Brasil	79,25 b	79,25 b
México	76,08 b	76,08 b
Astréa	95,08 a	95,08 a
Barranca	90,75 a	90,75 a

Letras iguales en sentido vertical no difieren estadísticamente, según la prueba de Duncan (p=0,05).

días; mientras que, en Astréa y Barrancas esta etapa comenzó en promedio a los 92,91 días. Los resultados anteriores sugieren que existe un asocio entre la altura de planta y los días a floración, dado que los ecotipos de mayor altura (Astréa y Barrancas) tendieron a retrasar el inicio de esta etapa fenológica, lo que indica que su etapa vegetativa es más prolongada.

Rendimiento y calidad de aceite: El análisis de varianza indica que el rendimiento de *Jatropha curcas* L. fue influenciado (p≤0,01) por los ecotipos, el tipo de fertilización y la interacción de estos factores (Tabla 3) Coincide con lo reportado por Montenegro (2017) y Abha Tikoo (2013). En los ecotipos Brasil y México los máximos rendimientos se obtuvieron con la mezcla de N+P y N+K, mientras que el resto de los ecotipos no respondieron a la fertilización química (Tabla 4). En el ecotipo Brasil, el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de N+P, superando

en 6,50% los valores de N+K. Por otra parte, los ecotipos Brasil y México tendieron a ser los de mayor rendimiento cuando se aplicaron los distintos fertilizantes químicos, superando en promedio 37,45% a los valores registrados por los ecotipos Astréa y Barrancas (Tabla 4).

El Porcentaje peso a peso (%p/p) fue influenciado por el ecotipo, el tipo de fertilización y la interacción de estos factores (p≤0,01-0,05), tal como se muestra en la tabla 3. Coincide con lo reportado por Montenegro (2017), y Abha y Yadav (2013) que encontraron que el contenido de aceite de semilla de *Jatropha* aumentó significativamente debido a la aplicación de riego, nitrógeno y potasio, no coincide Araiza y Alcaraz-Meléndez (2015) quien es encontraron %p/p de aceite superiores al 52%.

En el ecotipo Brasil, los máximos valores se registraron con la fertilización con N y la mezcla de N+P, superando en 9,14% los valores del testigo. En México, la respuesta de la fertilización química fue similar, superando en promedio 7,47% al testigo. En el ecotipo Astréa, los máximos valores de % p/p se obtuvieron con la aplicación de N, que superó en 7,46% al testigo y 13,44% a la fertilización con las mezclas de N+P y N+K (Tabla 5).

Finalmente, en el ecotipo Barrancas, los máximos valores se obtuvieron en el testigo y

Tabla 3. Cuadrados medios del rendimiento y los parámetros de calidad de aceite de *Jatropha curcas*: % p/p, índice de ácidos (IA), índice de Yodo (IY) e índice de saponificación (IS), en función de cuatro ecotipos y cuatro tipos de fertilización.

Fuente de variación	Rendimiento	Parámetros calidad de aceite			
		% p/p	IA	IY	
Bloque	0,01	2,79	0,05	1,24	1,01
Ecotipo (A)	3,11**	111,87**	4,64**	13,96**	8,60
Error (a)	0,06	4,33	0,04	0,12	1,06
Fertilización (B)	1,84**	5,06*	0,02	11,68**	0,56
Error (b)	0,02	0,71	0,01	5,18	6,81
Interacción AB	0,32**	10,94**	0,50**	3,50	3,13
Error	0,08	1,07	0,03	1,50	3,18
R ²	0,93	0,96	0,97	0,90	0,74
CV (%)	10,96	2,85	1,65	1,22	

** : Diferencias significativas al 1%; * : Diferencias significativas al 5%; R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación.

Tabla 4. Efecto de la fertilización en la calidad de aceite: % p/p e índice de acidez IA, de cuatro genotipos de *Jatropha* y valores medios del índice de Yodo (IY) en función del material y el tipo de fertilización química.

Variable	Material	Fertilización			Ecotipo	IY	
		Testigo	N	N+P			N+K
% p/p	Brasil	34,73 b B	37,35 a B	38,46 a A	36,26 ab B	Brasil	101,68 a
	México	37,23 b A	40,26 a A	39,93 a A	39,84 a A	México	99,69 c
	Astréa	37,42 b A	40,21 a A	35,29 c B	35,60 c B	Astréa	98,53 d
	Barrancas	33,42 a B	30,94 b C	30,20 b	33,66 a C	Barranca	100,34 b
IA	Brasil	10,27 b C	11,11 a A	10,97 a A	10,53 b A	Testigo	101,06 a
	México	10,95 b A	10,23 c BC	10,21 c B	11,31 a B	N	99,48 a
	Astréa	9,57 a D	9,43 ab C	9,24 b C	9,45 a C	N+P	101,02 a
		10,64 a B	10,51 b B	10,85 a A	10,34 b A	N+K	98,60 a
Promedios	con letras iguales	en sentido horizontal			dentro de cada ortogonales	de cada variable (F, p≤0,05).	

en la mezcla de N+K, los cuales superaron en 9,72% a los valores de N y N+P (Tabla 4). En cuanto a los fertilizantes químicos, el ecotipo México fue quien tendió a presentar la mejor respuesta, seguido del genotipo Astréa (Tabla 4).

El Índice de Acidez (IA) fue influenciado ($p \leq 0,01$) por el ecotipo y la interacción de este último factor con el tipo de fertilización (Tabla 3). En el ecotipo Brasil, el mayor IA se obtuvo con la aplicación de N y la mezcla de N+P, siendo superior en 6,15% a los valores del testigo y la mezcla de N+K (Tabla 4). En cuanto al resto de los ecotipos, estos no mostraron una respuesta clara, ya que no superaron estadísticamente al testigo (Tabla 4). Aunque se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores se encuentran dentro del intervalo recomendado (< 3 % en masa) para la obtención de biodiesel. Coincide con Montenegro (2017), no coincide con lo reportado por Araiza y Alcaraz-Meléndez (2015).

El Índice de Yodo (IY) respondió ($p \leq 0,01$) a los efectos independientes del ecotipo y el tipo de fertilización. El ecotipo Brasil fue el de mayor IY, superando en 1,34, 2,00 y 3,20% a los valores registrados por los ecotipos Barrancas, México y Astréa, respectivamente (Tabla 5). En cuanto a la fertilización química, no hubo diferencias entre los fertilizantes, a pesar de que el análisis de varianza reportó diferencias significativas, las diferencias entre las medias no superaron los valores críticos de la prueba

de Duncan (Tabla 3 y Tabla 5). No coincide con lo reportado por Araiza Araiza y Alcaraz-Meléndez (2015), que no encontró diferencias significativas en las muestras analizadas.

El Índice de Saponificación (IS) del aceite de *Jatropha curcas* no fue influenciado ($p > 0,05$) por el genotipo y el tipo de fertilización (Tabla 3).

CONCLUSIONES

En la variable rendimiento de semillas (Kg ha^{-1} año), el ecotipo Brasil presentó el mayor rendimiento con $3932,6 \text{ Kg ha}^{-1}$ año, y el de menor rendimiento fue el ecotipo Barranca con $1915,0 \text{ Kg ha}^{-1}$ año, igualmente en el porcentaje de aceite por kilogramo de semilla (%p/p), donde los ecotipos Brasil cuando se fertilizó con N+P, al igual que México que respondió a los tres tipos de fertilización y Astréa cuando se fertilizó solo con N. los valores de los %p/p oscilaron en el rango de 30 a 40% de aceite por gramo de semilla.

Los valores promedios para la calidad de los aceites obtenidos, los índices de acidez de los 4 ecotipos estuvieron en el rango de 0,9 y 0,11% (g ácido oléico/100 g de aceite), aunque se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores se encuentran dentro del intervalo recomendado ($< 3\%$ en masa) para la obtención de biodiesel. los valores promedios obtenidos para los índices de yodo de los 4 ecotipos estuvieron en el

rango de 98,5 a 101,5 g/100 g y se presentaron diferencias significativas en las muestras analizadas. De acuerdo a estos valores, los aceites analizados se clasifican como “no secantes” ($IY < 110$ g l2/100 g aceite), es decir, que han reaccionado poco o nada con el oxígeno del aire para formar peróxidos.

Los valores promedios para los índices de saponificación de los 4 ecotipos están en el rango de 190,3 y 195,1 KOH/g de aceite. Este parámetro es directamente proporcional a la masa molecular media de los ácidos grasos presentes en el aceite, por lo tanto no tiene relevancia alguna en el proceso de producción del biodiesel.

REFERENCIAS

- Abha, S. y Yadav, N. 2013.** Efecto del riego, nitrógeno y potasio en el rendimiento de semilla y contenido de aceite de *Jatropha curcas* en suelos de textura gruesa del norte de India. p 4-7.
- Achten, W., Verchot, L., Franken, Y., Mathijs, E., Singh, V., Aerts, R. y Muys B. 2008.** *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, p 32.
- AGROIPSA. 2007.** Proyecto: Producción de Biocombustible a partir de *Jatropha curcas*. Tegucigalpa, Honduras. p 33.
- Agudelo, J. 2000.** Fundamentos para un Curso de Motores de Combustión Interna, dado por PEÑA, Diego. Biodiesel, un combustible alternativo para Colombia. p. 2.
- Anaya, A. 2014.** Oleosomas de semillas de *Jatropha curcas* L. como estimadores de diversidad en poblaciones del Sur de México. p 13.
- Araiza, N. y Alcaraz-Meléndez, L. 2015.** Propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de *Jatropha curcas* de poblaciones silvestres en México. p 6.
- Arevalo, L. y Gauggel, 2007.** Línea de Base Biocombustibles en la Amazonía Peruana. IAP-SNV. Iquitos, Tarapoto, Pucallpa. p61.
- Ávila, N. 2007.** La *Jatropha* y el biodiesel en Ecuador. Consejo Empresarial para el Desarrollo Sustentable. Quito. p 22.
- Banegas, C. 2009.** Influencia de la fertilización con N, P y K en el establecimiento en campo de *Jatropha curcas* L. en la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras. Universidad de Zamorano. Honduras. p 6.
- Casotti, W. 2008.** *Jatropha*, perspectivas para la república de Argentina. p 7.
- CATIE. 2006.** Árboles de Centroamérica: *Jatropha curcas* L. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, San José – Costa Rica. p 4.
- Chango, N. 2009.** Análisis de la adopción de *Jatropha curcas* L. a nivel de la pequeña producción en Yoro, Honduras. p 20.
- CONPES. 2008.** Lineamientos de la política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, Rep. No. 3510, Bogotá. p 4.
- Cubas, H. 2007.** *Jatropha Curcas*. Una especie importante para el medio ambiente. Sus potencialidades económicas y producción de biodiesel. p 14.
- David, R. y Heres D. 2015.** El cambio climático y la energía en América Latina, CEPAL. p 9.
- Díaz-Hernández, B. Gabriela, 2013.** Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña. p 10.
- De la Vega, J. 2007.** Agro-Energía. p 5.
- Divakara, B., Upadhyaya, H., Wani, S. y Gowda, C. 2010.** Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy*, 87(3), 732-742.
- Espinal, M. y Ángel, F. 2012.** Composición de la semilla y evaluación de la calidad del aceite y torta desgrasada de tres variedades de piñón (*Jatropha curcas*) (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012). p 23-25.
- Erazo, D. 2007.** *Jatropha curcas*, un cultivo emergente que genera biodiesel, reduce la pobreza y no compite con cultivos alimenticios. Agro crédito: Asesoría y Auditoría Agropecuaria. Honduras. p 30.

- FAO. 2008.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadística sobre agricultura. p 8.
- FAO. 2009.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Educación para la Población Rural (EPR). p 2.
- Renner, A., Zelt, T. y Gerteiser, S. 2008.** Global market study on *Jatropha*. London: Gexsi LLP, 1-30.
- Gómez, J., López, G., Herrera, E., Hernández, M., Martínez Bolaños, M. y Barrera, J. 2016.** Plagas y enfermedades del piñón (*Jatropha Curcas* L.) en el trópico mexicano. p 840.
- Guerrero Jorge, Campuzano Luis F., Rojas Salvador, 2013.** Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. p 8-10.
- Gui, M., Lee, K. and Bhatia, S. 2008.** Feasibility of edible oil vs. nonedible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. p 1646–1653.
- Herrera, J., Ayala, A., Makkar, H., Francis, G. y Becker, K. 2010.** Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research*, 39(3), 396-407.
- IEA. 2008.** International Energy Agency) "Oil prices and market".p 46.
- IICA. 2009.** Red *Jatropha* latinoamericana y caribe, (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR); PROCITROPICOS (Programa Cooperativo de Investigación, Desarrollo e Innovación Agrícola para los Trópicos Sudamericanos). p 21.
- Infinita Renewable. 2015.** Informe Biodiesel. p 3.
- Banco de Desarrollo Mundial. 2008.** Informe sobre el desarrollo mundial, p. 57.
- Legowo, E. 2007.** Development of alternative energy in Indonesia. 5th Asian Petroleum Technology Symposium Jakarta. p 6.
- Leone, A. 2012.** "Biodiesel en Argentina" Informe realizado por Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos; y Agencia de Desarrollo de Inversiones. p 8.
- MADR. 2009.** Políticas y programas misionales en Biocombustibles, Bogotá. p 6.
- Martínez H. J., Martínez A. A.L., Makkar H, Francis G., Becker K. 2010.** Agroclimatic conditions, chemicals and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L. from México. p 396-407.
- Mayorga, L. 2006.** Acerca del Taller Biodiesel y Cooperación en Madrid. p. 105.
- Mendoza, J. 2011.** Estudio de factibilidad para producción de materia prima, extracción artesanal, comercialización de aceite y derivados del piñón *Jatropha curcas*. Universidad de Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta-Manabí-Ecuador. p 16-18.
- Montenegro, O. 2017.** Absorción de macronutrientes por *Jatropha curcas* L. para la producción de Biodiesel en un inceptisol de Colombia. p 71-77 y 86-94.
- Muñoz, M. y Jiménez, E. 2009.** Caracterización morfométrica de cuatro ecotipos de piñón (*Jatropha curcas* L) asociados con teca (*Tectona grandis*). p 16-20.
- OCTAGON S.A. BIOCMBUSTIBLES. 2006.** *Jatropha curcas* su expansión agrícola para la producción de aceite vegetales con fines de comercialización energética. Guatemala. p 42.
- Oliveira, J., Leite, M.; De Souza, B.; Mello, M.; Silva, C.; Rubim, J.; Meneghetti, S.; y Suárez P. 2008.** Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*. p 449-453.
- Pabón, C, y Hernández-Rodríguez, Patricia. 2012.** Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales, Colombia. p 4-10.

- Palencia, G.; Mercado, T., Combatt, E. 2006.** Estudio agroclimático de Córdoba. Graficas del Caribe Ltda. Montería. p 126.
- Parsons, K. 2005.** Jatropha in Africa: fighting the desert & creating wealth. EcoWorld. p 34.
- Parthiban, K.T. Kumar, R.S., Thiyagarajan, P.; Subbulakshmi, V., Vennila, S., Rao. 2009.** Hybrid progenies in Jatropha curcas L. Biores. p 73- 82.
- Pequeño-Granado., Vázquez-Alvarado, R., Santos-Haliscak, J., Luna-Maldonado, A., Moreno-Degollado, G., Iracheta-Donjuan, L. y Ojeda-Zacarías, M. 2015.** Inducción organogénica de Jatropha curcas L. a partir de hojas jóvenes. Polibotánica, (39), 79-89.
- Rijssenbeek, W. 2006.** Jatropha planting manual. In: Jatropha Handbook. First Draft. FACT Foundation. p. 14.
- Riquelme, R. 2017.** Diario el economista (27 de marzo del 2017). p 1.
- Toral Odalys C., Iglesias J.M., 2008.** Jatropha curcas L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. p 7.
- Segura, M. 2010.** Efecto de N, P, K y Mycoral sobre el desarrollo vegetativo en el primer año de Jatropha curcas L. var. Cabo Verde, Zamorano, Honduras. p 4-6.
- Shah, S., Sharma, A. y Gupta, M. 2005.** Extraction of oil from Jatropha curcas L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. Biores. Tech. p. 121-123.
- Sotolongo Pérez, J., Beatón Delgado, P.A., Díaz García, A., Montes de Oca López, S., Del Valle A. y García Pavón, S. 2007.** Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol Jatropha curcas L en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo. Tecnología Química. Vol 27. p 2.
- Toonen, M. 2007.** Genetic improvement in Jatropha expectations and Timespan. Expert seminar on Jatropha curcas L. Agronomy and genetics. FACT Foundation. Wageningen, The Netherlands. p 20.
- Torres, C. 2007.** Jatropha curcas: Desarrollo fisiológico y técnico. p 23.
- Universidad de Antioquia. 2012.** Facultad de Química Farmacéutica, Grasas y Aceites Comestibles. p 3-12