



## VARIABILIDAD GENÉTICA DE *Jatropha curcas* SILVESTRE EN EL NOROESTE DE MÉXICO †

[GENETIC VARIABILITY OF WILD *Jatropha curcas* IN NORTHWEST MEXICO]

Nidia Araiza-Lizarde<sup>1</sup>, Miguel Ángel Angulo-Escalante<sup>3</sup>,  
Teodoro Reynoso-Granados<sup>2</sup>, Pedro Cruz-Hernández<sup>2</sup>,  
Carlos L. Calderón-Vázquez<sup>4</sup> and Lilia Alcaraz-Meléndez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Biotecnología; Programa de Posgrado Maestría en Ciencias Aplicadas. Universidad Politécnica de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México.  
Email: lalcaraz04@cibnor.mx

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.; Departamento Bio Recursos. Carretera Culiacán-El dorado km. 5.5. 80110, Culiacán, Sinaloa, México.

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral de la Región. Boulevard Juan de Dios Bátiz Paredes # 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, México.

\*Corresponding author

### SUMMARY

**Background:** *Jatropha* (*Jatropha curcas*) or physic nut is a potential source for the production of biodiesel as well as its use in the pharmaceutical, agricultural, cosmetic and food industries. Genetic variability is of great importance for future selection of elite plants. **Objective:** Analyze the genetic diversity of wild *Jatropha curcas* in Northwest México. **Methodology:** Young leaves of *J. curcas* were collected in three different ecotypes in Northern of Sinaloa (El Quelite, Estación Dimas and La Campana). Their diversity was analyzed with 5 primers ISSRs. **Results:** The ISSR analysis of 27 *J. curcas* accessions showed an expected heterozygosity (He) and observed heterozygosity (Ho) elevated among in La Campana (He 0.7524, Ho 0.644), Estación Dimas (He 0.7092, Ho 0.5106) and El Quelite (He 0.7956, Ho 0.6660). **Implications:** The analysis of the genetic variability of wild *Jatropha curcas* from Sinaloa contributes to be the bases for possible selection of genetic material. **Conclusions:** The ISSR analysis showed that there is genetic diversity in the wild germplasm of the different regions of Sinaloa, this is important in the selection of plants and the establishment of potential crops for the production of biodiesel, as well as the possibility of improving and identifying new varieties.

**Keywords:** Diversity; genetic; variability; *Jatropha*.

### RESUMEN

**Antecedentes:** *Jatropha* (*Jatropha curcas*) o piñón mexicano, es una fuente potencial para la producción de biodiesel así como su uso en la industria farmacéutica, agrícola, cosmética y alimenticia. La variabilidad genética es de gran importancia para la selección a futuro de plantas Elite. **Objetivo:** Analizar la diversidad genética de *Jatropha curcas* silvestre en el Noroeste de México. **Metodología:** Se colectaron hojas jóvenes de *J. curcas* en tres diferentes ecotipos del Sinaloa (El Quelite, Estación Dimas y La Campana) y se realizó el análisis ISSR empleando 5 primers. **Resultados:** El análisis ISSR de 27 plantas de *J. curcas* mostró una heterocigosidad esperada (He) y heterocigosidad observada (Ho) elevada entre La Campana (He 0.7524, Ho 0.644), Estación Dimas (He 0.7092, Ho 0.5106) y El Quelite (He 0.7956, Ho 0.6660). **Implicaciones:** El análisis de la variabilidad genética de *Jatropha curcas* silvestre de Sinaloa contribuye a ser las bases para posible selección de material genético. **Conclusiones:** El análisis ISSR mostró que existe diversidad genética en el germoplasma silvestre de las diferentes regiones de Sinaloa, esto es importante en la selección de plantas y el establecimiento de cultivos potenciales para la producción de biodiesel, así como la posibilidad de mejorar e identificar nuevas variedades.

**Palabra clave:** Diversidad; variabilidad; genética; *Jatropha*.

† Submitted September 9, 2020 – Accepted January 4, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

## INTRODUCCIÓN

*Jatropha curcas* es una especie que pertenece a la familia Euphorbiaceae, es nativa de México y Centro América (Aminul *et al.*, 2012). Aunque también se puede encontrar en África, Asia y la India (Ye *et al.*, 2009; Araiza *et al.*, 2016).

Las semillas de *Jatropha* (*Jatropha curcas*) tienen un alto contenido de aceite (50 a 60%) en el germen (Ofori *et al.*, 2012) debido a esta característica es una fuente potencial para la obtención de aceite con fines industriales y bioenergéticos. Es una especie que presenta gran número de reportes que evidencian su utilidad en la industria farmacéutica, agrícola, cosmética y alimenticia (Pabón *et al.*, 2012).

La distribución de *J. curcas* depende de factores ambientales, geográficos, tipo de suelo o ambiente específico (ecotipo) (Araiza *et al.*, 2015), por otro lado, Vasco-Leal (2017) mencionó que también pueden atribuirse a factores genéticos. En el caso de especies donde no se han identificado marcadores genéticos previamente, la variabilidad genética puede ser determinada mediante el análisis de secuencias cortas repetidas (ISSR) la cual es una técnica que no requiere conocimiento previo del genoma (Sarla *et al.*, 2008). En este sentido, Navarro (2013), analizó el genotipo de 27 accesiones de *J. curcas* provenientes de los estados de Veracruz, Puebla y Morelos, México, empleando los marcadores ISSR; JCPS7, JCT17, JCPS20, JCSSR26 y JCMN292, detectando dos genotipos heterocigotos con los marcadores JPS20 (197 y 217 pb) y JCT17 (195 y 211 pb) los cuales podrían ser empleados para identificar poblaciones silvestres.

Argollo-Marques *et al.* (2013) menciona que para establecer el cultivo comercial de *J. curcas* se requiere el desarrollo de un programa de reproducción genéticamente adecuado. Así como la variabilidad genética de la especie es importante para el éxito de programas de reproducción (Díaz *et al.*, 2017). Las poblaciones silvestres de *J. curcas* representan un potencial de características fenotípicas y genotípicas para la selección de germoplasma con potencial en la industria energética y cosmética.

En el Noroeste de México las investigaciones enfocadas a las poblaciones silvestres de *J. curcas*, son escasas y solamente se han reportado en el Centro y Sur de Sinaloa, en los otros estados del Noroeste de México no se han reportado poblaciones silvestres, aunque si el interés de desarrollar cultivos comerciales. Por lo tanto, hasta ahora no hay reportes sobre la variabilidad genética. El presente estudio tiene el objetivo de evaluar la variabilidad genética de poblaciones silvestres de *Jatropha curcas* de tres ecotipos en el Noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de Material vegetal

Se colectaron hojas jóvenes de 9 plantas de *Jatropha curcas* de diferentes ecotipos del estado de Sinaloa, México: estación Dimas (23° 45' 0.89" N y 106°46'35.6" W), El Quelite (23°31'51.10" N y 106°30'10.70") y La Campana (24°53'52.3" N y 107°27'18.3" W) (Fig. 1). La temperatura promedio de los ecotipos de Estación Dimas, El Quelite y La campana fue de 32.4, 33.6 y 36.7 °C respectivamente, la precipitación media anual fue de 554.2, 556.2 y 342.2 mm. En cada uno de los ecotipos se colocaron hojas meristemáticas en bolsas de plástico con cierre hermético y se trasladaron dentro de un contenedor con hielo, cuidando que la temperatura se mantuviera a 12°C, una vez en el laboratorio del CIIDIR (Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa) se realizó la extracción de ADN.

### Extracción y cuantificación de ADN de *J. curcas*

La extracción de ADN se realizó por el método de CTAB al 2% (Doyle & Doyle, 1987) modificado. En un tubo Eppendorf (1.5 mL) se colocó 0.3 g de tejido fresco macerado con 200 µL de buffer CTAB al 2% (1.4 M NaCl, 10 mM EDTA, 10 mM Tris-HCl pH 8.0, 0.2% β-mercaptoetanol). Se incubó a 60 °C por 15 min. Después, se agregaron 400 µL de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1 v/v) se centrifugó 10 minutos a 13226 x g, y se recuperó el sobrenadante. Se agregaron 15 µL de RNAasa (10 µg/µL) y se incubó por 30 minutos a 37 °C. Posteriormente, se agregaron 400 µL de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1 v/v), se centrifugó por 10 min a 13226 x g y se recuperó el sobrenadante. El ADN se precipitó con 400 µL de isopropanol a -20 °C se centrifugó inmediatamente por 10 min a 13226 x g y se decantó. La pastilla del ADN se lavó con isopropanol al 100%, se centrifugó por 5 min a 13226 x g y finalmente se secó y se resuspendió con 20 µL de agua destilada ultra pura estéril.

### Análisis de variabilidad genética de *J. curcas*

Las muestras de ADN se analizaron con 5 juegos de primers ISSRs (Tabla I). Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en un volumen de 15 µL conteniendo: 15 ng/µL de ADN molde, 5 U/µL de Taq polimerasa (Promega Corporation, U. S. A.), 5X Buffer, 25 mM MgCl<sub>2</sub>, 10 mM dNTPs, 10 µM de primer y agua ultrapura. Las condiciones de amplificación fueron: una desnaturalización inicial de 94 °C x 2 min., 35 ciclos consistentes (94 °C x 30 s) desnaturalización, 52 - 60 °C, adecuada a cada primer x 30 s (temperatura de alineación, Tabla I) 72 °C x 30 s

(extensión), seguido de una extensión final a 72 °C por 5 min. Después de completar la reacción de PCR los productos se conservaron a 4 °C.

La verificación preliminar de la amplificación fue realizada en geles de agarosa 2 % teñida con GelRed (Biotium), utilizándose un marcador de 1 Kb ladder (Invitrogen). Finalmente, los geles se analizaron en un sistema Gel Doc (BIORAD, número de serie 765/07029), las imágenes se registraron con el software Quantity One (BIORAD, Hércules, CA, USA). El análisis FST se realizó con el programa Arlequín versión 2.

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis ISSRs a 9 plantas de cada una de las regiones y todas fueron analizadas por triplicado. Se realizó prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y homocedasticidad. El análisis FST se realizó con el programa Arlequín versión 2. El Índice de Shannon (I) y diversidad genética de Nei (He) se obtuvieron con el programa GenAlEx © versión 6.3.

## RESULTADOS

### Diversidad genética de *J. curcas*

La tabla 2 presenta los datos obtenidos en el análisis de ISSR de muestras de *J. curcas* proveniente de tres ecotipos. El promedio de alelos fue similar en las tres regiones, el promedio la heterocigosidad observada (Ho) fue similar en El Quelite y La Campana y la heterocigosidad fue mayor en El Quelite. Se observaron de 172-285 pb (pares de bases) en los

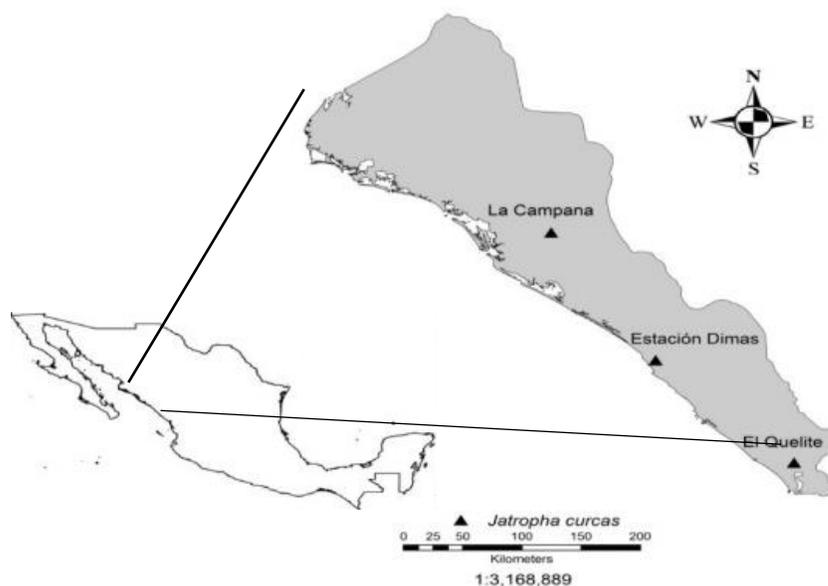
diferentes ecotipos. El promedio del valor PIC fue mayor en El Quelite.

Se realizó un análisis de valores de FST (diferencias alélicas) y se observaron diferencias significativas en las comparaciones pareadas entre ecotipos, siendo las de mayor diferenciación genética entre Estación Dimas y La Campana, seguida de Estación Dimas y el Quelite y las de menor diferencia genética La Campana y el Quelite. El índice de Shannon (I) mostró que el ecotipo de Estación Dimas mostró mayor diversidad genética, seguido de El Quelite y La Campana. El promedio del equilibrio de Hardy-Weinberg fue de =.1388 (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

### Diversidad genética

El análisis ISSR de accesiones de *J. curcas* mostró heterocigosidad esperada Nei (He) entre los de La Campana, Estación Dimas y El Quelite de 0.7524, 0.7092 y 0.7956. Por otro lado, el análisis de FST mostró que existen diferenciación genética entre las regiones de estudio sobre todo el de Estación Dimas fue el que presentó el valor más elevado con respecto a los otros (Tabla 2 y 3). Salvador-Figueroa *et al.* (2015), analizaron poblaciones silvestres de *J. curcas* en Chiapas, reportando un valor FST= 0.087, argumentando una diferenciación genética en las poblaciones. Estos valores reportados por Salvador-Figueroa *et al.* (2015) son menores a los encontrados en el ecotipo Estación Dimas (FST = 0.1034) pero mayores que los encontrados en los ecotipos de El Quelite (FST = 0.0788) y La Campana (FST = 0.0460).



**Figura 1.** Localización de los ecotipos de *J. curcas* en Sinaloa, México (Araiza- Lizarde, *et al.* 2014).

**Tabla 1. Primers para el análisis de ISSR de *J. curcas* y temperaturas de alineamiento (Ta).**

Primer SSR	Secuencia de primers	Repetidos	Ta (°C)	Autor
JCPS7	5'TGTGGAAATTGACACGCTGAAA TCATGGATGCCTTCGACTTAG3'	(TG) <sub>5</sub> -(CT) <sub>6</sub>	55	Mastan <i>et al.</i> , 2011
JCPT17	5'AACAATCCCCATTCTCCTC TCTCTCATTGTTGCGCTGTC3'	(GA) <sub>6</sub> ---(GA) <sub>11</sub> (GT) <sub>21</sub>	60	Yaowalak <i>et al.</i> , 2011
JCPS20	5'ACAGCAAGTGCACAACAATCTCA TACTGCAGAT GGATGGCATG3'	(TG) <sub>12</sub> -(GA) <sub>22</sub>	56	Sudheer <i>et al.</i> , 2010
JCSSR26	5'CATACAAAGCCTTGTCC AACAGCATAATACGACTC 3'	(CA) <sub>18</sub>	54.4	Basha & Sujatha 2009.
JCMN292	5'CGTGATCAGCTCTCGTACTTAG AGTGAATTAGCATGTGCATGAA3'	(CA) <sub>4</sub>	52	Shaik <i>et al.</i> , 2012.

**Tabla 2. Datos obtenidos en el análisis de ISSR de muestras de *J. curcas* proveniente de tres ecotipos. Se muestra número de alelos (NA), heterocigosidad observada (Ho), heterocigosidad esperada (He), Pares de base (pb) e Información de la Polimerasa Contenida (PIC).**

Regiones	Primer	NA	Ho	He	Pb	PIC
Estación Dimas	JC7	5	0.555	0.718	200, 202, 210, 222, 228	0.640
	JC17	6	0.444	0.718	173, 180, 182, 185, 188, 191	0.695
	JC20	6	0.777	0.797	215, 220, 225, 228, 235, 240	0.718
	JC26	4	0.444	0.738	200, 205, 215, 225	0.480
	JC292	4	0.333	0.718	185, 240, 250, 270	0.642
	Media	5	0.5106	0.709		0.635
El Quelite	JC7	6	0.555	0.869	200, 202, 210, 220, 230	0.796
	JC17	6	0.666	0.869	182, 183, 188, 190, 191, 192	0.782
	JC20	7	0.888	0.888	200, 215, 219, 220, 225, 230, 240	0.085
	JC26	7	0.666	0.849	186, 205, 215, 218, 220, 222, 225	0.819
	JC292	2	0.555	0.503	240, 250	0.362
	Media	5.6	0.666	0.7956		0.707
La Campana	JC7	4	0.555	0.673	200, 202, 210, 220	0.565
	JC17	8	1.000	0.888	172, 175, 178, 181, 182, 188, 191, 192	0.820
	JC20	7	0.666	0.875	200-204, 210, 215, 220, 228, 240	0.805
	JC26	4	0.666	0.758	205, 208, 210, 215	0.666
	JC292	3	0.333	0.568	240, 250, 270	0.468
	Media	5.2	0.664	0.7524		0.665

**Tabla 3. Valores FST, Índice de Shannon (I), Equilibrio de Hardy-Weinberg (Ht) y P de los diferentes ecotipos de *J. curcas*.**

Ecotipos		Valor FST	Índice de Shannon (I)	Equilibrio de Hardy-Weinberg y chi cuadrada (Ht)	Probabilidad
Estación Dimas		0.1034 <sup>a</sup>	0.3186	0.1984	0.004
	Sd	0.0156	0.02471		
El Quelite		0.0788 <sup>ba</sup>	0.3083	0.1296	0.19
	Sd	0.0472	0.0675		
La Campana		0.0460 <sup>cba</sup>	0.3082	0.0884	0.040
	Sd	0.0375	0.0482		
	Media	0.0760	0.3117	0.1388	

FST= Diferencias Alélicas; P= Probabilidad

FST = Allelic Differences; P = Probability

Sd= Desviación estándar

Sd= Standard deviation

a, ba, cb, cba = Diferencias significativas

a, ba, cb, cba = Significant difference

Na-ek *et al.* (2011), analizaron 9 accesiones de *J. curcas* de muestras procedentes de México con 10 marcadores SSR y observaron una He de 0.130 menor a las del presente estudio. En el presente estudio se emplearon los mismos marcadores moleculares por Navarro (2013) y se encontraron genotipos heterocigotos con todos los marcadores analizados, esta variabilidad genética se debe principalmente a que las muestras de *J. curcas* empleadas en las regiones de Dimas, El Quelite y La Campana son de origen silvestres a diferencia de los realizados por Navarro (2013) que analizó plantas cultivadas. Por otro lado, Navarro (2013) reportó una heterocigosidad de 0.10 y 0.16 menor a las del presente estudio, pero similares a los reportados por Sudheer *et al.* (2009) en donde atribuyen que la baja variabilidad genética encontradas en algunas accesiones mexicanas pueden ser debido a que los muestreos se realizaron en plantas aisladas distantes de otros posibles polinizadores y esto ha conducido a una alta endogamia en los últimos años fijación de los alelos. Sin embargo, la asociación debería validarse con el desarrollo de poblaciones segregantes y la construcción de mapas genéticos para evitar asociaciones sobre una base geográfica en lugar de genética.

Díaz *et al.* (2017) mencionó que la caracterización de la diversidad genética de *Jatropha curcas* es fundamental para establecer estrategias de conservación y mejora genética. Con base en lo anterior las accesiones analizadas en el presente estudio en los diferentes ecotipos de Sinaloa presentaron una alta diversidad genética en Estación Dimas (Fst= 0.1034) y un índice de Shannon de (I = 0.3186). Por otro lado, El Quelite y la Campana también presentaron I = 0.3083 y 0.3082

respectivamente, por lo tanto, su germoplasma podría ser conservado además de ser empleadas para estudios de mejora genética. Fahmida *et al.* (2019) analizaron germoplasma de *Jatropha curcas* provenientes de regiones agroclimáticas de Bangladesh empleando marcadores moleculares RAPD, mostrando un índice de Shannon (I) de entre 0.3251 y 0.6931, similares a los encontrados en los ecotipos del Noroeste de México.

Cai *et al.* (2010). Analizaron la variabilidad genética de 224 accesiones del germoplasma de cultivos de *Jatropha curcas* en China, empleando primer ISSR, en donde el promedio del índice de Shannon fue de 0.292 indicando una alta variabilidad genética en la colección de germoplasma, sin embargo, son menores a los encontrados en los ecotipos de Estación Dimas, El Quelite y La Campana.

El promedio de la heterocigosidad de Hardy-Weinberg (Ht) en los ecotipos fue de 0.1388 (Tabla 3). Este resultado sugiere que existen niveles significativos de variaciones genéticas entre los ecotipos de *Jatropha*.

Por otro lado, Ovando-Medina *et al.* (2011) encontraron una alta diversidad genética dentro y entre las poblaciones de *J. curcas* en el estado de Chiapas y un índice de Shannon de 0.202 a 0.378 similares a los encontrados en los ecotipos del presente estudio. Esto indica que tanto el germoplasma silvestre de Chiapas y Sinaloa son una alternativa para el cultivo y desarrollo de esta especie y su posible aprovechamiento en la industria energética y a su vez permitiría generar empleos para activar aquellas regiones en las que la agricultura tradicional con fines alimenticios no se desarrolla.

## CONCLUSIONES

El análisis ISSR de *J. curcas* reveló que existe diversidad genética en las diferentes ecotipos analizados en Sinaloa sobre todo en Estación Dimas, esto representa un potencial atractivo para emplearlo en programas de selección y mejoramiento genético. Actualmente, en México se ha impulsado el apoyo a investigaciones que favorezcan activar el desarrollo de la agricultura de las regiones áridas, semiáridas, serranas o con suelos pobres en nutrientes mediante el aprovechamiento racional de especies propias de la región. *Jatropha* es una especie endémica de México y la presente investigación ayudará a proporcionar información para mejorar la producción de *Jatropha* y por consiguiente la economía de las poblaciones y la calidad de vida de estas.

### Agradecimientos

Al Dr. Raymundo Saúl García Estrada, M. C. Isidro Márquez Zequera y al Dr. Federico Soto Landeros del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Unidad Culiacán, Sinaloa.

**Financiamiento.** Este proyecto de investigación fue financiado por CONACyT, CIBNOR, CIAD-Unidad Culiacán y UPSIN.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Cumplimiento de las normas éticas.** No es aplicable a esta investigación.

**Disponibilidad de datos.** Los datos están disponibles con Nidia Araiza Lizarde, naraiza@upsin.edu.mx previa solicitud razonable.

## REFERENCIAS

- Aminul, K., Jakob Z., Anuar, N., Primandari, P., Osmand, M., 2012. Physicochemical properties of *Jatropha curcas* seed oil from different origins and candidate plus plants (CPPs). *Journal of American Oil Chemist Society*. 89: 293-300. <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1908-7>
- Araiza-Lizarde, N., Alcaraz-Meléndez, L., Angulo-Escalante, M.A., Reynoso-Granados, T., Cruz-Hernández, P., Ortega-Nieblas, M., Valdez-Zamudio, D. 2016. Caracterización y distribución de germoplasma silvestre de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) en el Noroeste de México. *Polibotánica* (42): 137-152. Doi: 10.18387/polibotanica.42.7
- Araiza-Lizarde, N., Alcaraz-Meléndez, L., Angulo-Escalante, M A., Reynoso-Granados, T., Cruz-Hernández, P., Ortega-Nieblas, M. 2015. Propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de *Jatropha curcas* de poblaciones silvestres de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*. 47(1):127-137.
- Argollo-Marques, D., Siqueira, W. J., Colombo, C. A., Ferrari, R A. 2013. Breeding and Biotechnology of *Jatropha curcas*. In: *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop: v. 2: Genetic Improvement and Biotechnology*. 1st edn. (Bahadur B, Sujatha M, Carels N, Eds.). *Spring Science Business Mediar*, New York. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-4915-7\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-4915-7_23).
- Basha, S., Sujatha, M. 2009. Genetic analysis of *Jatropha* species and interspecific hybrids of *Jatropha curcas* using nuclear and organelle specific markers. *Euphytica* 168: 197-214. DOI: 10.1007/s10681-009-9900-0
- Cai, Yu., Sun, D., Wu, G., Peng, J. 2010. ISSR-based genetic diversity of *Jatropha curcas* germplasm in China. *Biomass and Bioenergy*. 34 (12) 1739-1750.
- Díaz, B., Argollo, D., Franco, M., Nucci, S., Siqueira, W., Laat, D., Colombo, C. 2017. High genetic diversity of *Jatropha curcas* assessed by ISSR. *Genetics and Molecular Research* 16 (2). <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16029683>
- Doyle, J. J., Doyle J.L. 1987. A rapid DNS isolation from small amount o leaf tissue. *Phytochem Bull* 19 (1): 11-15.
- Fahmida, K., Mahfuzur, R., Ahasun, H., Shahidul, H., Harun-or, Ra., Sumitra, S., Arrafy, R. 2019. Genetic diversity analysis of some local biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.) in Bangladesh. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 17(4): 437-445. <https://doi.org/10.3329/jbau.v17i4.44603>
- Na-ek, Y., Wongkaew, A., Phumichai, T., Kongsiri, N., Kaveeta, R., Reewongchai, T., Phumichai. 2011. Genetic diversity of physic nut (*Jatropha curcas* L.) revealed by SSR markers. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 14(2): 105-110. DOI: 10.1007/s12892-011-0008-4
- Navarro, M. A. 2013. Caracterización genética, cruzamiento y conservación de polen de ecotipos de *Jatropha curcas* adaptados en la región. Tesis de maestría. CIIDIR, Sinaloa, México.

- Ofori, B., Keat, L., Jitkang, L. 2012. Comparative energy analyses of *Jatropha curcas* oil extraction method: solvent and mechanical extraction processes. *Energy Conversion and Management*. 55:164-171. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.005>
- Ovando-Medina, I., Sánchez, A., Adriano, L., Espinosa, F., Núñez, J., Salvador, M. 2011. Genetic Diversity in *Jatropha curcas* Populations in the State of Chiapas, México. *Diversity* 2011, 3, 641-659. DOI: 10.3390/d3040641
- 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.
- Salvador-Figueroa, M., Magaña-Ramos, J., Vásquez-Ovando, J., Adriano-Anaya, M., Ovando-Medina, I. 2015. Genetic diversity and structure of *Jatropha curcas* L. in its centre of origin. *Plant Genetic. Resources: Characterization and Utilization*, 13(1), 9-17. Recuperado el 4 de septiembre del 2020 <https://doi.org/10.1017/S1479262114000550>.
- Sarla, N., Bobba S., Siddiq E. 2008. ISSR and SSR markers based on AG and GA repeats delineate geographically diverse *Oryza nivara* accessions and reveal rare alleles. *Current Science*. 84:683-690. DOI: 10.2307/24108505
- Sudheer, P., Rahman, H., Mastan, S., Reddy, M. 2010. Iso-lation of novel microsatellites using FIASCO by dual probe enrichment from *Jatropha curcas* L and study on genetic equilibrium and diversity of Indian population revealed by isolated microsatellites. *Molecular Biology Reports*. 37:3785-3793. DOI: 10.1007/s11033-010-0033-2
- Shaik, G., Pamidimarri, Sudheer, H., Rahman A., Ghosh, M., Rathore, Ch., Ravi, P., Chikara. 2012. Molecular characterization of intra-population variability of *Jatropha curcas* L. using DNA based molecular markers. *Molecular Biology Reports*. 39 4383-4390. DOI: 10.1007/s11033-011-1226-z
- Vasco-Leal, J., Hernández, I., Méndez, J., Ventura, E., Cuellar, M., Mosquera, J. 2017. Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6):1346-1356.
- Ye M, Li C, Francis G, Makkar HPS. 2009. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. *Agroforest System*. 76(2): 487-497. doi: 10.1007/s10457-009-9226-x