

Caracterización morfológica y productiva de accesiones de *Jatropha curcas* L. no tóxica en la región central de Veracruz

Florencia García-Alonso¹
Eliseo García-Pérez²
Arturo Pérez-Vázquez²
Ricardo Martínez-Martínez³
Lorena Casanova-Pérez^{1§}

¹Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Carretera Huejutla Chalahuiyapa s/n, colonia Tepoxteco, Huejutla, Hidalgo, México. Tel. 789 8962089. (florencia.garcia@uthh.edu.mx). ²Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Veracruz, México. CP. 91690. AP. 421. (geliseo@colpos.mx; parturo@colpos.mx). ³Universidad de Guadalajara-Centro Universitario de la Costa Sur. Avenida Independencia Nacional 151, Centro, Autlán de Navarro, Jalisco, México. CP. 48900. (ricardo.mmartinez@academicos.udg.mx).

§Autor para correspondencia: lorena.casanova@uthh.edu.mx.

Resumen

Jatropha curcas pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, originaria de México y Centro América, actualmente crece en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Es una planta multipropósito, cuyo interés en los últimos años está relacionado a su potencial como materia prima para producción de biodiesel. El objetivo de esta investigación fue evaluar las características morfológicas y productivas de accesiones de *Jatropha curcas* L., no tóxicas, recolectadas en distintas regiones de Veracruz y que fueron propagadas por semilla en la región centro del estado en el año 2019. El material vegetal consistió en 23 accesiones con cinco repeticiones, plantas que tenían tres años. Las variables registradas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, ramas (primarias, secundarias, terciarias), longitud y ancho de hoja, brotes florales, número de racimos y frutos; longitud, ancho, color y número de semillas por fruto, en semillas se registró el peso, longitud, ancho, espesor y peso total de semillas por planta. El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre accesiones para la mayoría de las variables. El análisis de componentes principales, los primeros dos explicaron 57.66% y 60.8% de la variación. En accesiones propagados por semilla las variables sobresalientes fueron: brotes florales, racimos, frutos y producción de semilla (accesiones I-34, I-32 e I-47). Estas accesiones tienen el mayor potencial y vigor para ser incluidos en un programa de mejoramiento genético. Se concluye que existe una amplia variación morfológica en las accesiones estudiados.

Palabras clave: caracterización morfológica, producción, propagación.

Recibido: febrero de 2023

Aceptado: abril de 2023

Introducción

Jatropha, es una planta oleaginosa comúnmente conocida como piñón, originaria de América Tropical, que pertenece a la familia *Euphorbiaceae* con aproximadamente 188 especies distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Henning, 2004; Mabberley, 2005). Es una planta valorada por su uso en la producción de biodiesel (Rajagopal, 2008). Esta especie posee, además, propiedades insecticidas y funguicidas (Nwosu y Okafor, 2007), es también de uso alimenticio cuando proviene de materiales no tóxicos (Makkar *et al.*, 2007) y medicinal al usarse el látex de sus hojas (Mujemdar y Misar, 2004).

Por ese motivo, especies como *J. curcas*, requieren una caracterización agronómica que permita conocer la constitución y el funcionamiento de sus componentes morfológicos (Oliveira *et al.*, 2009). Este procedimiento describe las características morfológicas, fenológicas y productivas que distinguen a un material de otro dentro de una misma especie (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2018). En los últimos años, este interés ya ha brindado algunos hallazgos en cuanto a características fisiológicas, genéticas, agronómicas, agroecológicas y de producción de esta especie (Valdés-Rodríguez y Pérez-Vázquez, 2013; Zavala *et al.*, 2016; Wencomo-Cárdenas *et al.*, 2020).

Actualmente, los trabajos para su caracterización morfológica de *J. curcas* continúan (Laviola, 2009), ya que las características agronómicas de *J. curcas* son diversas. Esto se debe a su amplia plasticidad agroecológica para desarrollarse bajo condiciones de estrés hídrico (Trabucco *et al.*, 2010; Pérez-Vázquez *et al.*, 2013) y crecer en suelos poco fértiles (Balota *et al.*, 2011; Valdés-Rodríguez *et al.*, 2020). En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar las características morfológicas y productivas de accesiones de *Jatropha curcas* L., no tóxica, ubicados en el campo experimental del *Campus* Veracruz del Colegio de Postgraduados.

Materiales y métodos

Área de estudio. Se trabajó con plantas de *J. curcas* del Banco de Germoplasma del *Campus* Veracruz del Colegio de Postgraduados. Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación meteorológica de la institución y corresponden al año 2019. El clima de tipo Aw (w) (i') g, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, una precipitación media anual de 1 100 mm y con una temperatura media de 26 °C y una fluctuación de temperatura de 5-7 °C, con un 5% de precipitación en invierno (García, 1988). En el periodo de evaluación se registró una temperatura máxima de 36 °C durante abril y una mínima de 14 °C en enero, con una precipitación de 206 mm en septiembre. En el periodo de lluvias se registró una precipitación de 28 mm.

Material vegetativo. Se trabajó con 23 accesiones de *J. curcas*, de tres años, recolectadas en el estado de Veracruz. En el año 2019 se colectaron frutos y material vegetativo, y a partir de ello se estableció en 2020 el banco de germoplasma. Las semillas fueron sembradas en bolsas de polietileno y se trasplantaron a campo en marzo de 2020. El experimento se estableció en 2020 bajo un diseño de bloques completos al azar y se establecieron 23 accesiones por semilla, con cinco repeticiones. En el Cuadro 1, se muestra la procedencia y ubicación geográfica de las accesiones recolectados.

Cuadro 1. Procedencia y ubicación geográfica de las 23 accesiones de *J. curcas* no tóxica evaluadas del banco de germoplasma del *Campus Veracruz*.

Accesiones	Localidad	Región	Latitud N	Longitud O	Altitud (m)
I-04	Santa Mónica	Huasteca Alta	21°18' 32.8"	98°20' 29.3"	130
I-05	Tepatlán Grande	Huasteca Alta	21°18' 20.9"	98°16' 30.0"	94
I-08	Tzicuatitla	Huasteca Baja	21°11' 50.8"	97°59' 18.9"	228
I-11	Zacamixtle	Huasteca Baja	21°14' 55.3"	97°43' 27.6"	136
I-13	Papantla	Totonaca	20°27' 28.9"	97°19' 16.2"	173
I-14	Papantla	Totonaca	20°27' 26.8"	97°19' 11.6"	170
I-18	Insurgentes Socialistas	Totonaca	20°11' 25.5"	97°15' 53.4"	119
I-22	Totomoxtle	Totonaca	20°28' 01.0"	97°15' 19.0"	43
I-25	Costa Esmeralda	Totonaca	20°15' 22.8"	96°48' 00.6"	5
I-26A	Cementerés	Nautla	20°10' 38.9"	96°53' 37.0"	9
I-26B	Cementerés	Nautla	20°10' 38.9"	96°53' 37.0"	9
I-27	Progreso	Nautla	20°06' 57.0"	96°00' 51.1"	70
I-30	Reforma km 9	Nautla	19°53' 19.6"	96°48' 33.8"	631
I-31	Yecuautla	Nautla	19°50' 35.0"	96°48' 29.1"	1 054
I-32	Tuzamapan	Capital	19°24' 00.7"	96°52' 05.9"	892
I-34	Alvarado	Papaloapan	18°47' 26.1"	95°45' 31.7"	22
I-41	Revolución de Abajo	Tuxtlas	18°38' 53.9"	95°06' 50.0"	8
I-47	El Chichón	Olmecas	17°45' 10.2"	94°06' 32.6"	50
I-48	Acalapa II	Olmecas	17°57' 47.1"	94°13' 58.7"	42
I-62	Cuatlapan	Montañas	18°53' 05.4"	97°01' 02.0"	1 006
I-64	Tepetates	Sotavento	19°11' 39.7"	96°20' 38.0"	16
I-77	Pueblillo	Totonaca	20°15' 15.0"	97°15' 48.0"	78
I-80	Buenos Aires	Nautla	19°56' 09.0"	95°50' 00.0"	321

Análisis de suelo. Se realizó un muestreo de suelo en el banco de germoplasma, en forma de zigzag a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), las cuales se enviaron al laboratorio de agua-suelo y planta del Colegio de Postgraduados, *Campus Veracruz*.

Variabes morfológicas evaluadas. Los descriptores utilizados fueron los indicados por Laviola (2009) y la Red de *Jatropha* spp. (SAGARPA-SNICS 2014). Las variables registradas fueron: altura de la planta (API), se midió desde la base hasta el ápice de la planta; diámetro del tallo (DT) con un vernier a 10 cm respecto al suelo; longitud y ancho de hoja (LH y AH), se midió la parte media de lámina de la hoja; número de ramas primarias, secundarias, terciarias (NR1, NR2, NR3), brotes florales (NBF), racimos (NRA) y frutos (NF) por planta, longitud (LF), ancho (AF), forma (FF) de fruto y color del fruto (CF) de acuerdo a la tabla Munsell, semillas (NSF) por fruto.

El inicio del registro de las variables morfológicas comenzó a entre mayo-octubre realizándose un muestreo semanal. Con relación a la cosecha de frutos, estos se monitorearon cada tres días para obtener una precisión mayor en cuanto a la producción de fruto por árbol. La cosecha de frutos se realizó durante los meses de mayo a octubre del año 2019, se extrajeron las semillas y se secaron a temperatura ambiente.

Producción de semillas (PRS) por planta. Las semillas se extrajeron de forma manual y se tomó una muestra al azar de 30 semillas a las que se determinó la longitud (LS), ancho (AS), espesor (ES) y peso (PS). Análisis estadístico. Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo Excel Versión 2010[®] y el análisis se realizó usando el programa SAS (*Statistical Analysis System*), v. 9.4, se hizo un Anova y prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

Se realizó un análisis de componentes principales (CP) con todas las variables, y una matriz de correlación mediante el procedimiento Princomp de SAS. La representación gráfica de los componentes principales (CP1) y (CP2) tuvo como objetivo identificar similitudes y diferencias entre las accesiones. Posteriormente, se hizo un análisis de conglomerados, mediante la distancia euclidiana y el método de agrupamiento de Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA), con el paquete estadístico Ntsys[®] (Rohlf, 2009).

Resultados y discusión

Caracterización morfológica

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas entre accesiones en 10 de los 20 descriptores morfológicos evaluados, particularmente para las variables altura de planta ($p=0.0001$), ancho de hoja ($p=0.0018$), brotes florales ($p=0.0001$), racimos ($p=0.0001$), frutos ($p=0.0001$), número de semillas por fruto ($p=0.0001$), peso de semilla ($p=0.0001$), longitud de semilla ($p=0.0001$), ancho de semilla ($p=0.0001$) y producción de semillas ($p=0.0001$). De acuerdo con la prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), los valores máximos en altura de planta fueron de: 3.13 m y 3 m en las accesiones I-77, I-13 e I-26B. Manurung (2007) menciona que *J. curcas* es capaz de alcanzar entre 3 y 5 m e incluso hasta 6 m de altura en pleno desarrollo, por lo que sí existe diferencias entre accesiones de la misma edad. El acceso I-77 presentó el mayor número de brotes florales con 264.

El valor máximo de racimos fue para el acceso I-34 con 181.6. Las accesiones I-32 e I-34 sobresalieron con el mayor número de frutos por planta con 558 y 531. Estos resultados son superiores a lo reportado por Machado y Suárez (2009), quienes señalan que una procedencia africana presentó 455 frutos a los 240 días de establecidas en campo. Machado (2011), para una procedencia de ‘Cabo verde’ de un año, reporta 102 frutos; Srivastava *et al.* (2011), reportan 210 frutos en plantas de tres años propagadas por semilla. El acceso I-25, sobresalió en el número de semillas por fruto con una media de 2.8, número normal de semillas por fruto, lo cual coincide con lo reportado por Basha y Sujatha (2007).

En la caracterización de la semilla, el acceso I-22 sobresalió en peso con una media de 0.84 g, el acceso I-62 en longitud con 20.13 mm y el acceso I-34 con 11.01 mm en ancho. Estos valores coinciden con lo reportado por Martínez *et al.* (2010); Valdés *et al.* (2013), quienes mencionan un peso promedio de 0.84 g, 17.41 mm en longitud, y 11.45 mm de ancho de semilla. En producción de semilla por planta, sobresalieron las accesiones I-34 e I-32 con 754.1 y 667.6 g respectivamente.

Estos resultados son superiores a los de Sosa-Segura *et al.* (2012) quienes reportaron de 30 a 36 frutos por planta, en germoplasma procedente de Puebla y Morelos, una producción de semilla de 39 a 50 g en plantas de un año. Estos datos aun cuando no son comparables por las diferencias de edad de las plantas, pero son una referencia sobre el comportamiento productivo de *J. curcas*. Guerrero *et al.* (2011) mencionan que las características morfológicas y productivas de mayor interés son: longitud de semilla, ancho de semilla, relación largo y ancho de semilla, número de semillas por fruto, peso de semilla, número de frutos por racimos y número de ramas por planta. Los parámetros obtenidos en la presente caracterización morfológica se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características morfológicas de 23 accesiones de *J. curcas*, sembrados en la región centro del estado de Veracruz.

ACC	API (m)	AH (cm)	NBF	NR	NF	NSF	PS (g)	LS (mm)	AS (mm)	PRS (g)
I-04	2.53±0.3 ab	14.44±0.7 ab	167.6±41. 7ab	101.4±3 4.2ab	368.4±1 24.1ab	2.47±0.1 ab	0.68±0.0 2ab	18.61±0. 2cd	9.94±0.2 de	247.6±6 5.4dc
I-05	1.68±0.9 ab	15.29±0.5 ab	57.5±6.4a b	37.5±16. 3ab	118.5±6. 4ab	2.31±0.3 ab	0.74±0.0 3bc	19.22±0. 4ab	10.05±0. 1cd	91.7±58. 8dc
I-08	2.6±0.4a b	13.7±0.8a b	197±68.7 ab	91±32.6 ab	304.8±1 02ab	1.97±0.3 ab	0.69±0.0 4f	17.99±0. 2 cd	9.77±0.4 e	173.3±7 9.8dc
I-11	2.2±0.3a b	15.78±1a	55.67±18. 3ab	64±69.4 ab	990±47. 3ab	2.04±0.5 ab	0.7±0.07 de	18.14±0. 8de	9.72±0.1 e	51.3±47. 9d
I-13	3±0.3a	13.34±0.6 b	163.2±33. 6ab	134.6±3 5.4ab	382.2±9 2.2ab	2.28±0.1 ab	0.72±0.0 2cd	18.04±0. 2cd	10.14±0. 1bc	291±77. 6bc
I-14	2.54±0.2 ab	13.22±0.7 b	138.8±41. 4ab	56.4±24. 3ab	150±57. 1ab	2.22±0.2 ab	0.81±0.0 4ab	19.07±0. 5bc	10.17±0. 2bc	147.2±7 9.8dc
I-18	2.68±0.2 ab	14.65±0.5 ab	110.6±11. 3ab	76.80±7. 9ab	251.6±4 2.3ab	2.4±0.1a b	0.77±0.0 2ab	18.82±0. 3cd	10.31±0. 2bc	240.3±1 49.4dc
I-22	1.99±0.5 ab	14.76±0.9 ab	46±1ab	39.5±50. 2ab	142.5±1 88.8ab	2.08±0a b	0.84±0a	19.82±0 ab	10.61±0 ab	183.5±0 dc
I-25	2.61±0.4 ab	15.19±0.7 ab	172.2±38. 5ab	133±57. 3ab	407.8±2 23.1ab	2.80±0a	0.74±0.0 2bc	18.47±0. 2cd	10.1±0.2 cd	374.3±1 91.1cd
I-27	2.63±0.2 ab	14.96±1.0 ab	167.8±55. 0ab	110.6±4 8.4ab	383.2±1 46.4ab	2.56±0.1 ab	0.73±0.0 2bc	18.53±0. 4cd	10.33±0. 5bc	276.3±8 4.9dc
I-30	2.86±0.2 ab	15.17±0.9 ab	154±33.7 ab	104.8±5 5.7ab	233.6±7 8ab	2.65±0.2 ab	0.77±0.0 2ab	18.27±0. 2de	10.61±0. 2ab	257.2±5 6.6dc
I-31	2.74±0.1 ab	14.48±0.9 ab	185.4±21. 4ab	68.2±22. 1ab	190.2±4 3.9ab	2.45±0.1 ab	0.72±0.0 4cd	18.09±0. 3de	10±0.3c d	70.8±19. 8d
I-32	2.81±0.3 ab	14.97±1.3 ab	225.40±5 1.6 ab	162.00± 25.9 ab	558.40± 122.1 a	2.64±0.1 ab	0.78±0.0 3 ab	18.56±0. 4 cd	10.77±0. 2 ab	667.6± 50.7 ab
I-34	2.89±0.2 ab	15.43±1.0 ab	198.8±62. 4ab	181.60± 58.1a	530.6±2 48ab	2.53±0.1 ab	0.79±0.0 3ab	18.53±0. 4cd	11.01±0. 1a	754.1±3 98.2a
I-41	2.91±0.1 ab	14.67±0.9 ab	191.2±47. 2ab	95.6±49. 3ab	371.4±2 19.3ab	2.42±0.2 ab	0.76±0.0 1ab	18.31±0. 5cd	10.56±0. 1ab	361.2±1 91.1bc
I-47	2.74±0.2 ab	15.34±1ab	153.2±45. 5ab	111.6±2 9.1ab	434.4±1 26.8ab	2.48±0.2 ab	0.79±0.0 3ab	18.92±0. 4bc	10.19±0. 1bc	465.3±1 56.4abc
I-48	2.6±0.2a b	14.73±1.2 ab	128.25±3 4.4ab	99.25±6. 8ab	396.75± 84ab	2.43±0.1 ab	0.78±0.0 3ab	18.63±0. 5cd	10.19±0. 5bc	286.5±6 2.2dc
I-62	2.5±0.2a b	14.38±0.8 ab	144±50ab	88.8±18. 5ab	377±101 .4ab	2.5±0.2a b	0.81±0.0 5ab	20.13±0. 2a	10.31±0. 1bc	287.5±9 0.1dc

ACC	API (m)	AH (cm)	NBF	NR	NF	NSF	PS (g)	LS (mm)	AS (mm)	PRS (g)
I-64	2.58±0.2 ab	14.62±0.6 ab	121.67±2 9.8ab	96.67±1 6.8ab	347.33± 88.9ab	2.63±0.2 ab	0.73±0.0 2ab	18.2±0.1 de	10.74±0. 2ab	357.8±9 9.4bc
I-77	3.13±0.3 a	15.48±0.2 ab	246±38a	94±6.2a b	278.67± 56.1ab	2.44±0.1 ab	0.74±0.0 1bc	18.25±0 de	10.22±0 bc	239±27. 8dc
I-80	2.87±0.4 ab	14.63±0.8 ab	167.8±89. 9 ab	66.2±22 ab	158.4±8 9.9ab	2.24±0.1 cd	0.76±0.0 1ab	18.59±0. 2 cd	10.07±0. 2cd	125.1±5 5.4 dc
I-26A	2.64±0.3 ab	14.3±0.9a b	135±26ab	99±18ab	288.33± 46.3ab	2.76±0.1 ab	0.75±0.0 4bc	18.85±0. 5cd	10.31±0. 3bc	294.8±1 46.8bc
I-26B	3±0.3a	15.11±1ab	191.6±57. 7ab	117±25. 2ab	381.44± 130.2ab	2.76±0.1 ab	0.78±0.0 3ab	19.02±0. 4bc	10.29±0. 2bc	360.8±8 6.3bc

Medias con letras diferentes de una misma columna son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); ACC= acceso; API= altura de planta, AH= ancho de hoja; NBF= número de brotes florales; NR= número de racimos; NF= número de frutos; NSF= semillas por fruto; PS= peso de semilla; LS= largo de semilla; AS= ancho de semilla; PRS= producción de semillas.

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 57.66% de la variación total observada. El primer componente explicó 34.84%, el segundo 22.82%. Las variables con mayor valor descriptivo integradas en el CP1 son: número de racimos, brotes florales, longitud de hoja, altura de planta, número de frutos por planta y peso de semillas. El CP2 integró las variables: peso de semilla, ancho de semilla, ancho de hoja, longitud de semilla, semillas por fruto, ramas secundarias y espesor de semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores del análisis de componentes principales (CP) con las variables de mayor valor descriptivo de la variable total en planta, fruto y semilla de *J. curcas*.

Características	CP1	CP2
Altura (m)	0.301671	-0.165093
Diámetro (mm)	0.265919	-0.095816
Ramas primarias	0.257299	-0.129041
Ramas secundarias	0.227279	-0.272969
Longitud de hoja (cm)	0.308554	0.137911
Ancho de hoja (cm)	0.163223	0.321368
Número de brotes florales planta ⁻¹	0.325952	-0.189021
Racimos árbol ⁻¹	0.34729	0.11357
Número de frutos planta ⁻¹	0.30123	0.141859
Longitud de fruto (mm)	0.020323	0.108105
Ancho de fruto (mm)	0.20841	0.224884
Semillas fruto ⁻¹	0.185248	0.281105
Color de fruto	0.230813	-0.188615
Peso de semilla (g)	-0.108579	0.379092
Longitud de semilla (mm)	-0.204955	0.284673

Características	CP1	CP2
Ancho de semilla (mm)	0.103584	0.3709
Espesor de semilla (mm)	-0.068378	0.263486
Peso de semillas (g)	0.283445	0.269734
Varianza explicada (%)	34.84	22.82
Varianza acumulada (%)	34.84	57.66

La representación gráfica de los dos primeros componentes principales, el grupo I quedo conformado por las accesiones, I-34, I-32, I-26B, I-30, I-25, I-47, I-26A, I-64 e I-27, que se caracterizaron por presentar un número mayor de racimos, brotes florales, longitud de hoja, altura de planta, número de frutos por planta y peso de semillas.

El grupo II estuvo formado por las accesiones I-22, I-62, I-48 e I-18, se distinguió por presentar mayor peso de semilla, ancho de semilla, ancho de hoja, longitud de semilla, semillas por fruto, ramas secundarias, y espesor de semilla. En el grupo III se ubican las accesiones I-14, I-80, I-31 e I-04, este grupo presenta valores intermedios en diámetro de tallo, ancho de fruta, pero valores menores en racimos, frutos y peso de semilla. En el grupo IV se agruparon las accesiones I-08, I-13, I-41 e I-77, este grupo se destaca por presentar un número mayor de ramas primarias, color de fruta y ancho de fruta, además de tener un valor intermedio en brotes florales y peso de semilla (Figura 2).

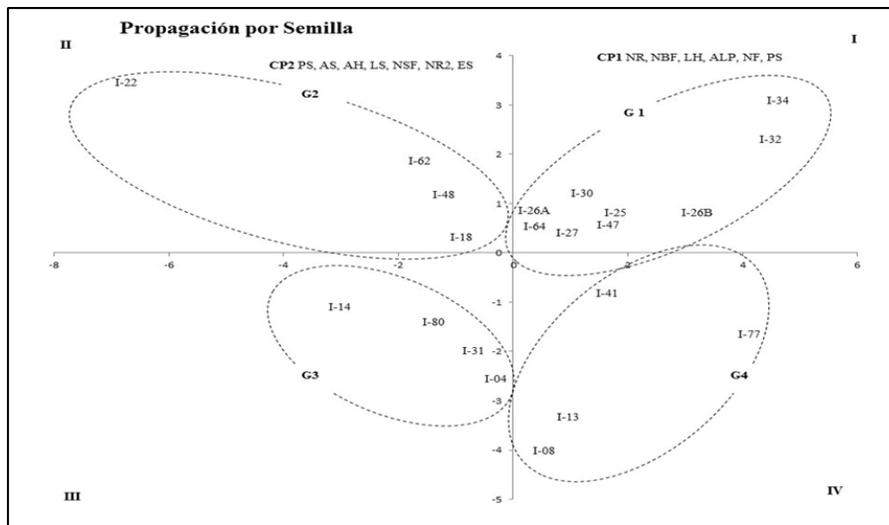


Figura 2. Diagrama de dispersión de 23 accesiones de *Jatropha curcas* L., con base en los dos primeros componentes principales de 18 variables morfológicas y productivas.

El análisis de conglomerados dio origen a la formación de cuatro grupos (Figura 3), los cuales difirieron en su conformación con los obtenidos en el análisis de componentes principales. Esta diferencia se debe a que en el análisis de componentes principales se utilizan únicamente las variables que explican lo CP1 y CP2.

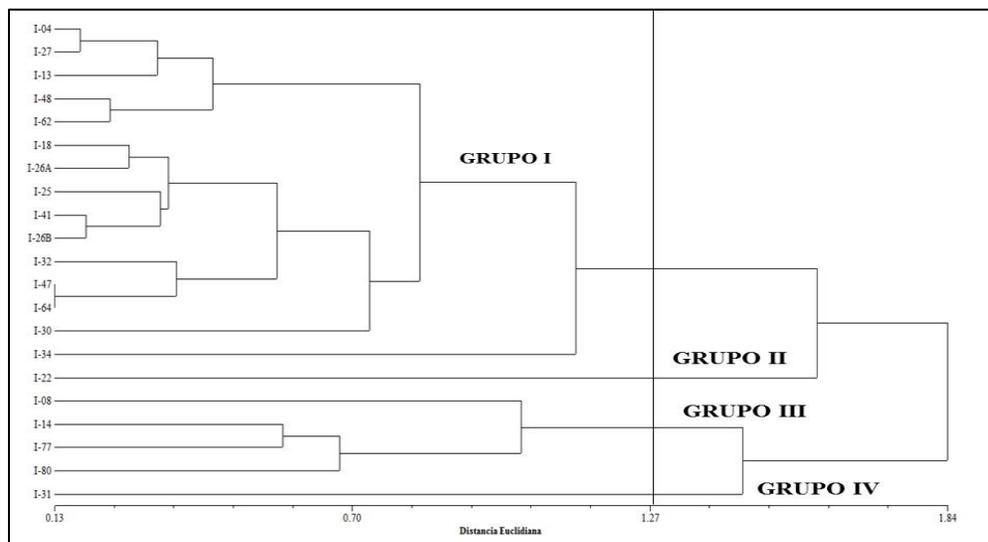


Figura 3. Dendrograma de 23 accesiones de *J. curcas*, con base a 18 variables sobresalientes.

Asimismo, en el análisis de conglomerados al utilizar todas las variables evaluadas en la obtención del dendrograma se obtuvo que en el grupo I se incluyeron los I-04, I-27, I-13, I-48, I-62, I-18, I-26A, I-25, I-41, I-26B, I-32, I-47, I-64, I-30 y I-34, que se caracterizaron por presentar diámetro de tallo de 65.67 mm, largo y ancho de hoja de 14.1 y 14.74 cm, 161.63 en brotes florales, racimos de 114.18, número de frutos con 380.83, largo y ancho de fruto de 30.21 mm-23.26 mm y peso de semillas con 368.15 g.

En grupo II se ubicó el acceso I-22, que presentó 14.76 cm en ancho de hoja, peso semilla con 0.84 g, ancho 19.82 mm y con un espesor de 10.61 mm respectivamente. Mientras que en el grupo III fueron las accesiones I-08, I-14, I-77 y I-80, este grupo se destacó por presentar un alto promedio en altura de planta con 2.79 m, ramas secundarias de 29.5 y florales de 185 finalmente en el grupo IV se encontró el acceso I-31 la cual, se caracterizó por presentar un bajo peso de semilla por planta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios de la variación de cuatro grupos formados en el análisis de conglomerados de 23 accesiones de *J. curcas* L.

Variabes	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Altura de Planta (m)	2.73	1.99	2.79	2.74
Diámetro de tallo (mm)	65.67	52.77	65.28	65.29
Número de ramas primarias	4.47	3	5	5
Número de ramas secundarias	27.93	14	29.5	25
Longitud de hoja (cm)	14.01	13.28	13.75	13.74
Ancho de hoja (cm)	14.74	14.76	14.07	14.48
Número de brotes florales	161.63	13.28	185.05	185.4
Número de racimos	114.18	39.5	76.9	68.2
Número de frutos	380.83	142.5	222.97	190.2
Longitud de fruto (mm)	30.21	28.6	29.58	30.8

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Ancho de fruto (mm)	23.26	21.58	21.81	23.41
Número de semillas por fruto	3	2	2	2
Color de fruto	5	4	5	5
Peso de semilla (g)	0.76	0.84	0.75	0.72
Longitud de semilla (mm)	18.66	19.82	18.48	18.09
Ancho de semilla (mm)	10.39	10.61	10.06	10
Espesor de semilla (mm)	8.81	9.15	8.9	8.94
Peso de semillas (g)	368.15	183.5	171.16	70.84

Autores como Machado (2011), en una caracterización morfológica de accesiones de diferentes procedencias de *J. curcas* en Cuba, propagadas por semilla, encontró diferencias significativas en las características morfológicas de altura, número de ramas primarias, secundarias y terciarias. Steinmann (2002) afirma que la propagación por semilla tiene mayor producción y tolerancia a plagas y enfermedades. En este sentido, se reconoce que sus poblaciones presentan una gran variabilidad en sus estructuras morfológicas (Toral *et al.*, 2008), lo cual podría ser una limitante para su domesticación.

Investigaciones como las de Henning (2004); Achten *et al.* (2008) mencionan que la biología floral y la heterogeneidad en los ciclos de producción son características que se deben mejorar para hacer posible un cultivo de explotación comercial, pero aún carece de información sobre condiciones de crecimiento, capacidad de respuesta de entrada de producción y rendimiento de semilla. Francis *et al.* (2005) mencionan que el rendimiento de planta dependerá de las condiciones del área de cultivo, así como, la genética, edad de la planta y manejo. Análisis de suelo. El tipo de suelo es franco-arcilloso (García, 1988) con un pH que tiende a ser moderadamente ácido. El pH obtenido estuvo dentro del parámetro aceptable para *J. curcas*, ya que puede sembrarse en suelos marginales con un pH de 6 a 8 (Kumar y Sharma, 2008).

El suelo utilizado para propagar semilla presentó una concentración alta de nitrógeno (N), un componente requerido en una alta concentración (Achten *et al.*, 2008). Respecto, a la presencia de fósforo (P), esta fue independientemente de la profundidad en la que fueron tomadas las muestras. La cantidad de potasio (K), fue mayor en la muestra tomada a menor profundidad (20 mg L⁻¹), e importante para incrementar el tamaño de granos y semillas y el desplazamiento de almidón, azúcares y aceite.

Respecto a la materia orgánica, esta fue de 6.28% en la muestra tomada de 0-20 cm. La textura fue franco arcilloso y arcilla. Un dato contrario a los estudios que indican que *J. curcas* se desarrolla mejor en suelos arenosos o de grava con buena aireación y que no tolera suelos inundados (Noda-Leyva *et al.*, 2015).

Conclusiones

El empleo de descriptores morfológicos y productivos permitió identificar accesiones sobresalientes en las plantas de las 23 accesiones de *Jatropha curcas* L., no tóxicos; con base en 18 variables. Las accesiones I-34, I-32 e I-47, fueron los más sobresalientes, respecto a una mayor

producción en semilla, número de brotes florales, racimos y frutos, siendo las variables de mayor interés, procedentes en ese mismo orden de las regiones de Capital, Nautla y Olmeca. Las plantas, tuvieron un mayor desarrollo en términos de altura, número de ramas primarias, ramas secundarias, el número de brotes florales, frutos y producción de semilla. Estos descriptores son importantes para la caracterización de germoplasma sobresaliente de *J. curcas* para ser incluidas en un programa de mejoramiento genético.

Bibliografía

- Achten, W. M. J.; Verchot, L.; Franken, Y. J.; Mathijs, E.; Singh, V. P.; Aerts, R.; and Muys, B. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*. 32(12):1063-1084. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.03.003>.
- Balota, E. L.; Machineski, O.; Truber, P. V.; Scherer, A. and Souza, F. S. 2011. Physic nut plants present high mycorrhizal dependency under conditions of low phosphate availability. *Braz. J. Plant Physiol.* 23(1):33-44. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100006>.
- Basha, S. D. and Sujatha, M. 2007. Inter and intra-population variability of *Jatropha curcas* L., characterized by RAPD and ISSR markers and development of population-specific SCAR markers. *Euphytica*. 156:375-386. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9387-5>.
- Francis, G.; Edinger, R. and Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production and socio-economic development in degraded areas in India; Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *In: Natural Resources Forum*. 29(1):12-24. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00109.x>.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4^{ta}. Ed. Offset Larios, México. 246 p.
- Guerrero, P. J. A.; Campuzano, L. F.; Rojas, S. y Pachon, G. J. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia*. 15(2):131-147. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0121-37092011000200002>.
- Henning, R. K. 2004. The *Jatropha* system. In an integrated approach of rural development by utilization of *Jatropha curcas* L. (JCL). Calameo, Weissensberg, Germany. 105 p. <https://www.calameo.com/read/0013656329b4f85182a36>.
- Kumar, A. and Sharma, S. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.); a review, *Industrial Crops and Products*. 28(1):1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.001>.
- Laviola, B. G.; Bhering, L. L.; Albrecht, J. C.; Marques, S. S. and Rosado, L. T. B. 2009. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhao manso. *Uberlândia*. 17(3):371-389. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/911806/caracterizacao-morfo-agronomica-do-banco-de-germoplasma-de-pinh-6DevF5M.pdf>.
- Mabberley, J. D. 2005. The plant book, a portable dictionary of vascular plants. Cambridge University Press. 858 p.
- Machado, R. y Suárez, J. 2009. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF "Indio Hatuey". *Pastos y Forrajes*. 32(1):29-37. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119696003>.
- Machado, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L., Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34(3):267-280. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121083003>.

- Makkar, H. P. S.; Francis, G. and Becker, K. 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal*. 1(9):1371-1391. <https://doi.org/10.1017/S175173110700029>.
- Manurung, R. 2007. Valorization of *Jatropha curcas* using the biorefinery concept. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. agronomy and genetics. FACT Foundation. Wageningen, The Netherlands. 28 p.
- Martínez, H. J.; Martínez, A. A. L.; Makkar, H.; Francis, G. and Becker, K. 2010. Agroclimatic conditions, chemicals, and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L., from México. *Eur. J. Sci. Res.* 39(3):396-407. <https://ipn.elsevierpure.com/en/publications/agroclimatic-conditions-chemical-and-nutritional-characterization>.
- Mujemdar, A. M. y Misar, A. V. 2004. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. *J. Ethnopharmacology*. 90(1):11-15. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.019>.
- Noda-Leyva, Y.; Pérez-Vázquez, A. y Valdés-Rodríguez, O. 2015. Establecimiento de tres especies de oleginosas bajo asociación. *Agron. Mesoam.* 26(2):232-332. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19326>.
- Nwosu, M. O. and Okafor, J. I. 1995. Preliminary studies of the antifungal activities of some medicinal plants against *Basidiobolus* and some other pathogenic fungi. *Myocoses*. 38:191-195. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1995.tb00048.x>.
- Oliveira, Y.; Hernández L.; Cruz, D. R.; Ramírez, W. y Lezcano, J. C. 2009. Nota técnica. Caracterización morfológica de tres especies cespitosas. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes Cuba*. 32(2):1-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119694002>.
- Pérez-Vázquez, A.; Hernández-Salinas, G.; Ávila-Reséndiz, C.; Valdés-Rodríguez, O. A.; Gallardo-López, F.; García-Pérez, E. and Ruíz-Rosado, O. 2013. Effect of the soil water content on *Jatropha* seedlings in a tropical climate. *International Agrophysics*. 27(3):351-357. <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0004>.
- Rajagopal, R. 2008. Best practices for long-term *Jatropha* development. KnowGenix, Mumbai, India. 1-14 pp. <https://www.calameo.com/read/00142415509223d76765d>.
- Rohlf, F. J. 2009. NTSYSpc: numerical taxonomy system, version 2.21. Exeter Software, New York. 43 p. <https://www.researchgate.net/publication/246982444.NTSYS-pc--Numerical-Taxonomy-and-Multivariate-Analysis-System>.
- SAGARPA-SNICS. 2014. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Guía técnica para la descripción varietal. 22 p. <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/guias-tecnicas-para-la-descripcion-varietal-238911>.
- Srivastava, P.; Behera, S. K.; Gupta, J.; Jamil, S.; Singh, N. and Sharma, Y. K. 2011. Growth performance, variability in yield traits and oil content of selected accessions of *Jatropha curcas* L. growing in a large-scale plantation site. *Biomass and Bioenergy*. 35(9):3936-3942. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.06.008>.
- Sosa-Segura M. P.; Angulo-Escalante, M. A.; Valdez-Torres, J. B.; Heredia, J. B.; Osuna-Enciso, T.; Allende-Molar, R. and Oomah, B. D. 2012. Phenology, productivity, and chemical characterization of *Jatropha curcas* L., as tool for selecting non-toxic elite germplasm. *Afr. J. Biotechnol.* 11(93):15988-15993. <https://doi.org/10.5897/AJB12.2556>.
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Bot. Mex.* 61:61-93. <https://www.redalyc.org/pdf/574/57406107.pdfTA>.

- Toral, O. C.; Iglesias, J. M.; Montes, S. O.; Sotolongo, J. A.; García, S. y Torsti, M. 2008. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. Pastos y forrajes. 31(3):91-207. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119697001.pdf>.
- Trabucco, A.; Achten, W. M. J.; Bowe, C.; Aerts, R.; Van Orshoven, J.; Norgroves, L. and Muys, B. 2010. Global mapping of *Jatropha curcas* Yield based on response of fitness to and future climate. Global Change Biology Bioenergy. 2(3):139-151. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01049.x>.
- Valdés-Rodríguez, O. A., Sánchez-Sánchez, O., Pérez-Vázquez, A., y Zavala, I. 2013. Alometría de semillas de *Jatropha curcas* L., mexicanas. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(5):967-978. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci.arttext&pid=S2007-09342013000900009>.
- Valdés-Rodríguez, O. A.; Gómez-Zúñiga, I.; Palacios-Wassenaar, O. M.; Sol-Quintas, G. and Pérez-Vázquez, A. 2020. Effect of pruning and organic fertilization over productive parameters of four Mexican provenances of *Jatropha curcas* L. Emir. J. Food Agric. 32(8):567-576. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i8.2133>.
- Valdés-Rodríguez, O. A.; Pérez-Vázquez, A.; Palacios-Wassenaar, O. and Sánchez-Sánchez, O. 2018. Seed diversity in native Mexican *Jatropha curcas* L. and their environmental conditions. Trop. Subtrop. Agroecosystems. 21(3):521-537. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/2528/1194>.
- Wencomo-Cárdenas, H. B.; Pérez-Vázquez, A.; García-Pérez, E. y Valdés-Rodríguez, O. A. 2020. Caracterización morfoagronómica de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* L. Pastos y Forrajes. 43(3):236-245. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269165823009/movil/>.
- Zavala, I.; García-Pérez, E.; Hernández, D.; Pérez-Vázquez, A.; and Ávila, C. 2016. Genetic diversity of *Jatropha curcas* L. in Veracruz state, México, and its relationships with content of phorbol esters. Global Adv. Res. J. Agric. Sci. 5(5):49-158. <http://www.colpos.mx/wb-pdf/Veracruz/2016/2016.%2026.pdf>.