

EVALUACIÓN DE MATERIALES ÉLITE DE *Jatropha curcas* L. EN MORELOS

ELITE MATERIALS EVALUATION OF *Jatropha curcas* L. IN MORELOS STATE

**María Viridiana Galindo Zepeda¹, Alfredo Zamarripa-Colmenero², Jaime Canul Ku¹,
Marian Guadalupe Hernández Arenas¹, Oscar Omar Quiñonez Vázquez³,
Edwin Javier Barrios-Gómez¹**

¹Campo Experimental Zacatepec, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Km. 0.5 Zacatepec-Galeana, C. P. 62780, Zacatepec, Morelos. Tel. 734 34 30230 Fax. 734 34 33820. Correo-e: galindo.maria@inifap.gob.mx; canul.jaime@inifap.gob.mx; hernandez.maria@inifap.gob.mx

²Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP, Chiapas. Correo-e: zamarripa.alfredo@inifap.gob.mx

³Instituto Tecnológico de Zacatepec. Avenida Tecnológico, Zacatepec, Morelos.
Correo-e: omar71_17@hotmail.com

*Autor responsable. Correo-e: barrios.edwin@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se ha enfatizado en el mundo el uso de plantas como fuentes de energías alternas al petróleo, que minimicen la contaminación y primordialmente que sean renovables. Especie muy estudiada es *Jatropha curcas* L., sus semillas contienen aceites y pueden convertirse a biocombustible. Con este propósito el INIFAP ha colectado en México materiales de *Jatropha* para la producción de biodiesel. Por lo que en el 2009, en Morelos se evaluaron 10 colectas de materiales elite de *Jatropha*, un testigo del ensayo y un testigo local. Las variables medidas fueron agronómicas, componentes de rendimiento

y fenológicas. Entre las más importantes, como componentes del rendimiento, el menor valor para peso seco de frutos, peso total de semilla y número de frutos totales fue J05 con 283 g, 175 g y 109 frutos por planta respectivamente. Es notorio como en otras especies que el primer año muchas plantas apenas amarren sus primeros frutos "ensayar" y otras no lo presentan, por tal motivo el testigo local fue el que en rendimiento superó a las demás colectas. La J10 mostró buen comportamiento en cuanto a componentes de rendimiento en este primer año. Los datos obtenidos de las diferentes variables mostraron variabilidad genética apreciable en el fenotipo.

Palabras clave: Caracteres morfológicos, componentes de rendimiento, diversidad.

ABSTRACT

In some countries is empathized the use of plants as sources of alternative energy to oil, that minimize pollution and primarily renewable. A very studied species in the world is *Jatropha curcas* L., its seeds contain oils and can be converted to biofuel. For this purpose the INIFAP has collected materials that can be used in the production of biofuel in Mexico. So in 2009, in Morelos state were evaluated 10 collections of elite materials of *Jatropha*, one control of the experiment, and one local control. Variables measured were agronomic, yield components and phenological. Among the most important, as yield components, the lowest value for dry weight of fruit, total seed weight and number of total fruits was J05 with 283 g, 175 g and 109 fruits per plant, respectively. It is notorious as in any other species that many plants in the first year, just tie their first fruits "beginning fruit production" and others not present him, and for this reason the local control was that performance exceeded the other materials. The J10 showed a good performance in yield components in this first year. The data obtained from different variables showed significant genetic variability in phenotype.

Key words: *Characters morphological, components of yield, diversity.*

INTRODUCCIÓN

La especie *Jatropha curcas* L. es nativa de Mesoamérica, en México es conocida desde tiempos prehispánicos. Se localiza en todos los estados del Suroeste y en los estados a lo largo de la costa del océano Pacífico con clima tropical cálido húmedo y subhúmedo y trópico seco de 0 a 500 msnm y a temperaturas que van desde los 20 a 36 °C (Heller, 1996; Schmook y Serralta-Pereza, 1997).

J. curcas es un árbol o arbusto oleaginoso y caducifolio, de 4-6 m de altura (Teniente et al., 2011). Pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, que cuenta con 175

especies, 45 de ellas se encuentran en México, donde el 77 % son endémicas (Martínez et al., 2002).

Estados Unidos y Brasil son líderes en la producción mundial de biocombustibles a partir de especies vegetales; maíz, caña de azúcar y sorgo para sustituir parcialmente a la gasolina; soya, girasol, cacahuate y palma de aceite, entre otras para suplir el diesel proveniente del petróleo. Sin embargo, la utilización de granos ha traído como consecuencia un incremento de los precios y se plantea la necesidad de buscar otras especies que no compitan con la producción de los alimentos (Armenta et al., 2010).

Algunas de las especies más cultivadas en América para uso de energético son la colza (*Brassica napus* L.), el girasol (*Helianthus annuus* L.), la soya (*Glycine max* L.) y el piñón (*Jatropha curcas* L.). De las cuales, la especie *J. curcas* se destaca notoriamente, teniendo la atención de investigadores, productores y empresarios, debido a sus características fisiológicas, agronómicas, ambientales y de producción. Entre algunas ventajas del biodiesel se puede mencionar que tiene rendimiento similar al del diesel, no necesita cambiar o convertir motores, no altera al equipo de mantenimiento, no altera el consumo, mejora notablemente la lubricación, complementa las nuevas tecnologías para la reducción de gases, no contiene azufre, no es tóxico, es biodegradable, se elimina la irritabilidad en piel y en ojos y se reduce significativamente el olor (Salinas et al., 2011).

El biodiesel es un combustible que comparado con otros combustibles derivados del petróleo, permite la reducción de emisiones de gas por la combustión interna. Este producto se puede obtener de diferentes plantas. Una de ellas, es la alternativa para la producción de biodiesel en México, *J. curcas*, conocido en algunos estados del sureste como piñón (Salinas et al., 2011).

La especie *J. curcas* tiene polinización cruzada, lo que provoca alto grado de variación genética, lo cual podría hacer más fácil la selección de plantas como línea. La selección es la actividad más importante en los programas de mejoramiento de especies, debido a que la variabilidad es un prerrequisito como programa de mejoramiento, es necesario detectar y documentar la variación genética que existe dentro de las poblaciones y entre ellas mismas.

El alto precio de los hidrocarburos, la disponibilidad limitada de estos recursos y los daños ambientales provocados por su explotación, comercialización y uso, son los principales inconvenientes que resaltan la importancia de buscar alternativas en la obtención de energía renovable con el ambiente. Actualmente, se considera que la biomasa posee un gran potencial en la obtención de combustibles. Los cultivos de especies oleaginosas son consideradas la mejor opción para la producción de biodiesel (Sarin *et al.*, 2006).

El piñón es adaptable a varios tipos de suelo, con nutrientes y agua en el suelo donde crece el piñón a bajas concentraciones, como en tierras áridas, semi-áridas, cascajosas, arenosas, salinas y en pedregosas.

Con este propósito el INIFAP ha colectado en nuestro país materiales élite que puedan ser usados en un cercano futuro para este fin. Por lo que en el 2009 se evaluaron materiales élite de *Jatropha curcas* L. para estudiar su comportamiento agronómico en campo en el estado de Morelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen del germoplasma

Los materiales evaluados corresponden a materiales élite de *Jatropha* y un material considerado testigo del

ensayo (T_{ensayo}) proveniente del Banco Nacional de Germoplasma de *Jatropha*, localizado en Rosario Izapa, perteneciente al municipio de Tuxtla Chico, Chiapas; así como un testigo local (T_{local}) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Origen de los materiales élite de *J. curcas* evaluados en Zacatepec, Morelos.

Clave del material	Número de Registro del Banco de Germoplasma
J01	INIFAP.CH_110
J02	INIFAP. CH_009
J03	INIFAP. CH_008
J04	INIFAP. CH_111
J05	INIFAP. CH_031
J06	INIFAP- CH_078
J07	INIFAP- CH_005
J08	INIFAP- CH_006
J09	INIFAP- CH_112
J10	INIFAP- CH_033

Localización del experimento

Este ensayo se realizó en el Campo Experimental Zacatepec, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Zacatepec, Morelos, el cual se localiza en el trópico seco a una latitud norte de 18°39'17.56" y longitud oeste 99°12'4.28", altitud de 913 msnm, temperatura media anual de 28 °C y precipitación media anual de 860 mm.

Establecimiento del experimento

La siembra se realizó el 13 de agosto de 2008, primeramente en vasos de poliestireno expandido, a los 16 días después de la siembra (dds) se trasplantaron a bolsas de polietileno y a los 222 dds se establecieron en el Campo Experimental en un diseño de bloques

completos al azar con dos repeticiones (cada repetición con seis plantas), con 1.5 m entre plantas y 3 m entre surcos. Se realizó un riego de auxilio al inicio del establecimiento del cultivo y durante el desarrollo de la planta el suministro de agua fue de forma natural por precipitación pluvial. Se aplicó una fertilización con triple 17 (N-P-K) al término del riego, cuando el suelo estuviera a capacidad de campo (suelo completamente drenado). Al término de la primera cosecha (noviembre de 2010) se realizó una poda general, a un metro de la base del tallo, en todas las plantas establecidas.

Caracterización morfológica

Se seleccionaron y evaluaron características cuantitativas, vegetativas y reproductivas de *J. curcas*, las cuales son descritas por Pinilla et al. (2011). Las variables se evaluaron entre los 12 y 18 meses después de la siembra, se midieron las variables en las seis plantas de las dos repeticiones de cada accesión.

Análisis estadístico

Con los valores de cada una de las variables se llevó a cabo un análisis de varianza con el modelo lineal de bloques completos al azar y se realizó la comparación de medias para cada una de ellas utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$), con ayuda del paquete computacional SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a floración e inicio de fructificación

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para los días a floración e inicio de fructificación. En promedio de todas las colectas evaluadas los días a floración fue de 433 dds (octubre). En cuanto a los datos fenológicos el testigo local fue el que resultó más precoz con 397 dds a inicio de floración (floración temprana, agosto) y con

floraciones tardías se tuvieron a la J02 con 445 dds, seguida por la J03 con 440 dds (floración tardía, principios de noviembre) (Cuadro 3). El inicio de fructificación fue a los 450 dds en promedio de todos los materiales (principios de noviembre), la colecta local fue la que inició su fructificación a los 412 dds y las más tardías fueron la J02 con 460 dds y la J07 con 459 dds (mediados de noviembre).

Altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para estas variables, en particular para altura de planta se obtuvo un promedio de 2.44 m y coeficiente de variación (CV) de 13.7, esto debido principalmente a la heterogeneidad de los materiales evaluados y a la interacción con el ambiente (interacción Genotipo-Ambiente). En lo referente a diámetro de tallo, mostró un promedio de 11.6 cm y un CV de 17.1, en tanto que el número de ramas promedio fue de 10 con un CV de 17.3. La J02 y J03 fueron las de mayor altura de planta con 2.6 m y la de menor fue el testigo local con 2.1 m, obteniendo el menor diámetro de tallo con 9.1 cm. La de mayor diámetro de tallo fue la J04 con 13.7 cm, seguida por la J06 con 12.7 cm. El número de ramas laterales fue muy amplio, el máximo se observó en J01, con 11 y el mínimo en la J09, ya que presentó solamente 9.

Como se mencionó anteriormente el material más precoz para inicio de floración y fructificación fue la colecta local (T_{local}), por ende fue donde los frutos maduraron primero; el término de la cosecha llegó más rápido para la variedad local, a los 543 dds (principio de febrero), seguida por la J09 con 600 dds (principio de abril). Las colectas que más tardaron en finalizar la maduración de los frutos fue la J04 con 623 dds (finales de abril), seguida por la J03 con 613 dds (mediados de abril). La colecta que más días de cosecha obtuvo fue la J04 con 92, seguida por la J10 con 81, por el contrario las que menores días a cosecha

tuvieron fueron la colecta local con 51 días y las J02 con 62 días. Cabe mencionar que la variedad local, antes que se le cosechara todos los frutos, ya había tirado la mayor parte de sus hojas (comportamiento

caducifolio), mientras que las demás colectas aún tenían gran cantidad de hojas de color verde, mismas que no alcanzaron a tirar por la poda de formación que se les realizó.

Cuadro 2. Características evaluadas de *J. curcas* establecidas en el Campo Experimental del INIFAP en Zacatepec, Morelos de 2009 a 2010.

Clave	Características	Detalles	Unidad de medida
IFLo	Días a inicio de floración	Se cuantificó el periodo de transcurrido entre la siembra y la primera inflorescencia.	Días
IF	Días a inicio de fructificación	Se cuantificó desde la siembra hasta que se presentaron los primeros frutos verdes.	Días
FC	Días a final de la cosecha	Se desde la primera cosecha hasta el último día que presentaron frutos maduros.	Días
DIC Y FC	Días entre inicio de la cosecha y final de la fructificación	Número de días tomados a partir del primer corte de frutos maduros y al final de la fructificación.	Días
NRm	Número de ramas laterales	Se contaron el número de ramas laterales que forman la copa de la planta, solamente las ramas secundarias, provenientes de un tronco principal.	Cantidad
NRc	Número de racimos	Se contaron el número de racimos total por planta.	Cantidad
FR	Número de frutos por racimo	Se contó en 2 racimos por planta en ramas diferentes.	Cantidad
FT	Número de frutos totales por planta	Se fueron cosechando los frutos por orden de maduración de toda la planta.	Cantidad
AP	Altura de planta	Se midieron las alturas comprendidas entre la base del tallo y la rama más alta.	m
DT	Diámetro del tallo	Se midió el diámetro del tallo principal en centímetros a una distancia de 3 cm de la base del tallo.	cm
LS	Largo de semilla	Se obtuvo el largo promedio de 10 semillas, por triplicado en cada planta.	cm
AS	Ancho de semilla	Se obtuvo el ancho promedio de 10 semillas, por triplicado en cada planta.	cm
LF	Largo del fruto	Se obtuvo el largo promedio de 10 frutos maduros, por triplicado por planta (color de la cáscara amarilla y café).	cm
AF	Ancho del fruto	Se obtuvo el ancho promedio de 10 frutos maduros, por triplicado por planta (color de la cáscara amarilla y café).	cm
PS	Peso de semillas	Se cuantificó el peso total de semillas extraídas de toda la planta.	g
PF	Peso de frutos	Peso total de frutos maduros de la planta.	g

Cosecha

Rendimiento de semilla y sus componentes

Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para todas las variables evaluadas.

Así, el número promedio de racimos fue de 14, el número de frutos por racimo 16 y largo de fruto 3.1 cm, ancho de fruto 2.1 cm, largo de semilla 1.8 cm y ancho de semilla 1.0 cm. El número total de frutos por planta fue de 226, peso total de fruto por planta 664.8 g y peso de semilla por planta de 432.5 g.

Al observar los coeficientes de variación se percibe que los tamaños de semilla son más estables entre los genotipos estudiados, a diferencia de las demás variables que tienen un valor alto de CV. En cuanto a números de racimos por colecta, el testigo local presentó el mayor número con 29 y la de menor número con 10 que fue la J09, lo anterior no mostró relación causal con el número de frutos por racimos ya que la J10 obtuvo el mayor número con 22 y la de menor fue la J05 con 10. En cuanto a largo de fruto y de semilla el mayor valor lo obtuvo el testigo local con 3.4 y 1.9 cm; y la de menor largo y ancho de fruto y semilla fue la J05 con 2.9 y 1.7 cm; el mayor ancho de fruto lo mostró la J02 y J10 con 2.2 cm; el mayor ancho de semilla lo obtuvo la J10 con 1.1 cm.

Cuadro 3. Variables agronómicas, de componentes de rendimiento y fenológicas medidas en experimento de *J. curcas*, en el Campo Experimental Zacatepec. 2009-2010.

Material	AP (m)	DT (cm)	NRm	IFlo (días)	IF (días)	FC (días)	DICyFC (días)	NRc
J01	2.5	12	11	436	451	607	76	13
J02	2.6	12.5	11	445	460	602	62	10
J03	2.6	12.5	9	441	457	613	77	11
J04	2.5	13.7	10	435	452	623	92	12
J05	2.5	10.7	10	439	457	603	66	11
J06	2.5	11.3	10	437	453	610	78	15
J07	2.4	11.6	11	439	459	607	73	15
J08	2.6	11.5	11	431	448	604	78	15
J09	2.4	11.9	9	435	450	601	71	10
J10	2.5	12.5	10	433	449	609	81	17
T _{local}	2.1	9.1	11	397	412	543	51	30
T _{ensayo}	2.3	12.2	10	436	452	607	76	12
DHS ($p \leq 0.05$)	0.4	2.7	2	23	25	14	28	22
CV	13.7	17.1	17	4	4	2	13	3
P [†]	**	**	**	**	**	**	**	**
Media	2.5	11.8	10	434	450	602	74	14

AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, NRm= número de ramas laterales, IFlo=días a inicio de floración IF=días a inicio de fructificación, FC= días a final de la cosecha, DICyFC= días entre el inicio de la cosecha y final de la fructificación, NRc= número de racimos. CV= Coeficiente de variación (%). P[†]*** Probabilidad de $p \leq 0.01$ y * $p \leq 0.05$.

Para el número total de frutos por planta la J10 obtuvo el mayor número con 376, seguida por el testigo local con 348; sin embargo, para peso total de fruto seco y peso total de semilla el testigo local mostró el mayor peso con 1332 y 908 g, seguida por la J10 con 1223 y 755 g respectivamente. El menor valor para peso seco de frutos, peso total de semilla y número de frutos totales fue J05 con 283 g, 175 g y 109 frutos por planta, respectivamente.

Es notorio como en cualquier otra especie que en el primer año muchas plantas en el proceso de etapa juvenil a

madurez, presenten poca producción y amarren sus primeros frutos lo que también comúnmente se llama “ensayar” y otras no lo presentan, caso que se presentó en este experimento; aunado a esto, los materiales están adaptados a otras zonas agroecológicas del país, por tal motivo el testigo local fue el que en rendimiento superó a los demás materiales.

La amplia variación en la especie *J. curcas* puede estar asociada a su amplia adaptación a condiciones climáticas diversas (Ginwal et al., 2005; Machado, 2011).

Cuadro 4. Variables agronómicas, de componentes de rendimiento y fenológicas medidas en experimento de *J. curcas*, en el Campo Experimental Zacatepec. 2009-2010.

Material	FR	LF (cm)	AF (cm)	LS (cm)	AS (cm)	PF (g)	PS (g)	FT
J01	19	3.0	2.2	1.8	1.0	739.4	483.3	264
J02	13	2.9	2.2	1.8	1.1	321.7	216.0	138
J03	15	3.2	2.1	1.7	1.0	462.9	306.9	175
J04	20	3.1	2.2	1.8	1.0	600.9	395.9	234
J05	10	2.9	1.9	1.7	1.0	283.1	175.2	109
J06	13	3.0	2.1	1.8	1.0	436.8	295.4	186
J07	14	3.1	2.1	1.8	1.0	762.6	502.5	229
J08	15	3.0	2.2	1.8	1.0	720.3	474.3	259
J09	16	3.1	2.2	1.7	1.0	455.2	297.3	159
J10	22	3.3	2.2	1.7	1.1	1,223.40	754.7	376
T _{local}	12	3.4	2.2	1.9	1.0	1,332.00	908.2	348
T _{ensayo}	19	3.2	2.2	1.8	1.0	639.7	380.9	228
DHS ($p \leq 0.05$)	29	7.2	8.3	0.3	0.1	0.1	0.1	552
CV	29	40	40	7.5	6	6.6	7.6	62
P [†]	**	**	**	**	**	**	*	**
Media	16	3.1	2.1	1.8	1.0	664.8	432.5	226

FR= número de frutos por racimo, LF= largo de fruto, AF= ancho de fruto, LS=largo de semilla, AS= ancho de semilla, PF=peso total de frutos por planta, PS=peso total de semilla por planta, FT= número de frutos totales por planta. CV= Coeficiente de variación (%). P[†]** Probabilidad de $p \leq 0.01$ y * $p \leq 0.05$.

Los caracteres reproductivos evaluados permiten determinar la precocidad de los materiales y la producción de semillas, que brinda información de utilidad para la selección en esta especie. Los resultados mostraron que cuando aumentan los días a inicio de floración disminuye el número de racimos (con un coeficiente de correlación negativa de 92.9 %).

CONCLUSIONES

La J10 mostró un buen comportamiento en este primer año, sin embargo la que mejor rendimiento mostró fue el testigo local. Los materiales élite mostraron una gran variación agronómica y que se puede reflejar en una variación del contenido de aceite para biodiesel. Las evaluaciones de componentes de rendimiento y características agronómicas realizadas de colectas, es importante para incluirse en programas de mejoramiento genético tradicional o asistido por marcadores moleculares.

LITERATURA CITADA

Armenta, C., X. Ochoa, R. Espinoza. 2010. Sorgo dulce: Una opción rentable y competitiva para biocombustible en el valle del yaqui, 32 pp.

Ginwal, H., P. Rawat and R. Srivastava. 2005. Seed source variation in growth performance and oil yield of *Jatropha curcas* L. in Central India. *Silvae Genetica* 53:186-192.

Heller, J. 1996. Physic nut *Jatropha curcas*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 66 p.

Machado, R. 2011. Colecta de *Jatropha curcas* y su comportamiento en fase de vivero y de establecimiento. *Pastos y Forrajes* 34(2): 145- 154.

Martínez, G. M., J. Jiménez R., R. Cruz D., Juárez A., R. García, A. Cervantes y R. Mejía, H. 2002. "Los géneros de la familia *Euphorbiaceae* en México". *Anales del Instituto de Biología. UNAM, Ser. Bot.*, 73 (2): 155-281.

Pinilla, G., F. Campuzano, S. Rojas, J. Pachón-García. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia* 15(2): 131-147.

Salinas, N., V. Armijos, P. Jiménez y K. Proaño. 2011. Caracterización y Estudio de la Diversidad Genética del Piñón (*Jatropha curcas*) Mediante el Uso de Marcadores Moleculares. Carrera de ingeniería Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. 14 (1) 31-40.

Sarin, R., M. Sharma, S. Sinharay, and R. Malhotra. 2006. *Jatropha*-Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. *Fuel* 86: 1365-1371.

Schmook, B. and L. Serralta-Pereza. 1997. *Jatropha curcas*: Distribution and uses in the Yucatán peninsula of México, In: Gübitz, G.M. Mittelbach, M. Trabi (eds) *Biofuel and industrial products of Jatropha curcas* Proceeding from the symposium "Jatropha 97", Managua, Nicaragua. February 23-27. Dbv-Verlag, Graz, Austria. pp: 53-57.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. pp: 421-481.

Teniente O., R, L. M. Tapia V., A. González A., A. Zamarripa C., J. L. Solis B. 2011. Guía técnica para la producción de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en Michoacán INIFAP. Campo Experimental Valle de Apatzingan Apatzingán, Michoacán, México, 44 pp.