

Efecto del método de reproducción en los caracteres morfológicos y productivos de *Jatropha curcas* L.

Effect of the reproduction method on the morphological and productive traits of *Jatropha curcas* L.

Yolai Noda-Leyva <https://orcid.org/0000-0003-2335-5763>, Giraldo Jesús Martín-Martín <https://orcid.org/0000-0002-8823-1641>, Rey Leovigildo Machado-Castro, Julio Brunet-Zulueta, Héctor Santana-Armas <https://orcid.org/0000-0003-0837-5360>

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: noda@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Determinar el efecto del método de reproducción en los caracteres morfológicos y productivos de *Jatropha curcas* L.

Materiales y métodos: En un diseño de bloques al azar se evaluó la siembra por semilla (T1) y por estaca (T2) en cuanto a la emergencia de las semillas, la brotación de propágulos, la supervivencia de las plántulas, el número de frutos por racimo, el inicio de la floración, la altura, el diámetro del fuste, el número de ramas, la proyección de la copa, la cantidad de racimos formados, el número de frutos por racimo, la cantidad de semillas por árbol, el peso de 100 semillas, su longitud y ancho. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial para dos muestras independientes, y las medias se compararon a un nivel de significación de $p \leq 0,05$.

Resultados: Se encontraron más propágulos brotados (94) que plantas emergidas (71). Con el T2 se alcanzó la mayor altura, diámetro del fuste y número de ramas en el vivero. En el establecimiento, la proyección de la copa fue mayor para T1. Mientras, T2 fue más precoz en el inicio de la floración y produjo mayor cantidad de racimos formados, así como mayor número de frutos por racimo y cantidad de semillas por árbol. Para el resto de las variables no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Conclusiones: Mediante la reproducción por propágulos se obtienen plántulas de *J. curcas* morfológicamente superiores en la fase de vivero (mayor altura, diámetro del fuste y número de ramas). En la etapa productiva se logró mayor cantidad de frutos y de semillas por árbol, los que fueron estables o tuvieron un ligero aumento cada año.

Palabras clave: materiales de propagación, vivero, establecimiento

Abstract

Objective: To determine the effect of the reproduction methods on the morphological and productive traits of *Jatropha curcas* L.

Materials and Methods: In a randomized block design, planting by seed (T1) and by stake (T2) was evaluated regarding seed emergence, propagule sprouting, seedling survival, number of fruits per raceme, flowering start, height, stem diameter, number of branches, crown projection, quantity of formed racemes, number of fruits per raceme, quantity of seeds per tree, weight of 100 seeds, seed length and width. The data were analyzed through descriptive and inferential statistics for two independent samples, and the means were compared at a significance level of $p \leq 0,05$.

Results: More sprouted propagules (94) than emerged plants (71) were found. With T2, the highest height, stem diameter and number of branches were reached in the nursery. In the establishment, the crown projection was higher for T1. Meanwhile, T2 was more precocious in the beginning of flowering and produced a higher quantity of formed racemes, as well as higher number of fruits per racemes and quantity of seeds per tree. For the other variables no differences were found between the treatments.

Conclusions: Through reproduction by propagules morphologically higher *J. curcas* seedlings are obtained in the nursery stage (higher height, stem diameter and number of branches). In the productive stage higher quantity of fruits and seeds was achieved per tree, which were stable or had a slight increase each year.

Keywords: propagation materials, nursery, establishment

Introducción

Jatropha curcas L. es una planta que pertenece a la familia Euphorbiaceae (Tsuchimoto, 2017). Desde hace más de una década, en varios países

se investiga su potencial para utilizar el aceite de sus semillas como biocombustible (Araiza-Lizarde *et al.*, 2016), aunque también se reconocen sus múltiples usos en las industrias cosmética,

Recibido: 10 de noviembre de 2020

Aceptado: 12 de noviembre de 2020

Como citar este artículo: Noda-Leyva, Yolai; Martín-Martín, G. J.; Machado-Castro, R. L.; Brunet-Zulueta, J. & Santana-Armas, H. Efecto del método de reproducción en los caracteres morfológicos y productivos de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):337-344, 2020.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

farmacéutica y alimentaria (Campuzano-Duque *et al.*, 2016; Zavala, 2016).

La especie se adapta a gran variedad de suelos, incluso a los de bajo contenido de nutrientes (Borah *et al.*, 2018). En cuanto a la textura, prefiere los livianos y bien drenados, aunque también se puede desarrollar en suelos áridos y semiáridos (Lozano *et al.*, 2017).

Su reproducción puede ser por semillas como por propágulos. La sexual es la más utilizada para el establecimiento de cultivos comerciales (Zavala *et al.*, 2015), debido a que las plantas que provienen de semillas son robustas y resistentes a la sequía, de más longevidad, con un sistema radical pivotante, de mayor capacidad para explorar el suelo (Evangelista-Lozano *et al.*, 2018) y su producción de semilla es abundante (Pérez-Vázquez *et al.*, 2014). Sin embargo, Diédhiou *et al.* (2017) refieren que la semilla cuando está recién colectada presenta un porcentaje de germinación de aproximadamente 80 % e inicia su emergencia entre los 7 y 10 días después de su siembra (Eras-Chacho y Pintado-Muy, 2018).

Las plantas provenientes de estacas tienen un ciclo de vida más corto y un sistema radical fasciculado. Son vulnerables a los fuertes vientos y tormentas del trópico, pero las descendientes poseen las características genéticas de la planta madre y requieren de un menor tiempo para alcanzar su máxima producción (Mejía *et al.*, 2015).

J. curcas es una especie alógama, es decir, de polinización cruzada. Por tanto, las plantas que provienen de la reproducción por semillas no heredan las mismas características de las progenitoras, y ello puede influir en su productividad (Díaz-Chuquizuta *et al.*, 2017). Es por eso que se recomienda la propagación vegetativa, cuando se desean conservar los atributos específicos de las plantas madres o cuando se requieren plantas adultas a corto plazo. En este sentido, Mejía *et al.* (2015) determinaron que las provenientes de estacas tienen un desarrollo precoz y mayor producción de frutos que las descendientes de semillas.

Con respecto a lo anterior, se considera que son insuficientes los estudios relacionados con la influencia del método de reproducción en la supervivencia, desarrollo y producción de semillas en la especie

J. curcas, aspecto importante para obtener mejores rendimientos y estabilidad a largo plazo, fundamentalmente porque *J. curcas* tiene un ciclo de producción superior a los 20 años (Tavecchio *et al.*, 2016). Al considerar estos argumentos, este estudio tiene como objetivo determinar el efecto del método de reproducción en los caracteres morfológicos y productivos de *J. curcas*.

Materiales y Métodos

Localización. La investigación se realizó en la cooperativa de producción agrícola (CPA) Abel Santa María, ubicada entre los 22°57'08" de latitud norte y 80°55'00" de longitud oeste, a 20 msnm, en el municipio Martí, perteneciente a la provincia Matanzas, Cuba.

Suelo. Se clasifica como pardo húmico y cálcico, carbonatado, de acuerdo con la clasificación propuesta por Hernández-Jiménez *et al.* (2015).

Condiciones climáticas. El experimento tuvo una duración de dos años consecutivos, del 2014 al 2016. En la tabla 1 se muestra el comportamiento de las variables climatológicas y se indican las precipitaciones, temperatura y humedad relativa media en el período de estudio. Estos datos se obtuvieron en la estación meteorológica de La Salina Bidos, a 2 km de las áreas antes referidas.

Tratamientos. Los tratamientos estuvieron conformados por las formas de reproducción: T1) por semillas y T2) por propágulos en las etapas de vivero, de establecimiento en campo y de producción de semillas.

Procedimiento experimental. Se consideraron para el estudio tres etapas: vivero, establecimiento en campo y producción de semillas. Se utilizó *J. curcas*, procedencia Cabo Verde. El material vegetal se tomó del banco de germoplasma de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Se seleccionaron semillas libres de manchas, de color negro y de preferencia brillosas, sin daños, con tamaño de 16 mm y peso superior a 600 mg, aproximadamente. Los propágulos provenían de plantas saludables, y se seleccionaron de la parte media de las ramas. Midieron entre 20-30 cm de longitud, con ancho entre 3 y 4 cm (Pérez-Vázquez *et al.*, 2014).

Tabla 1. Comportamiento de las variables climáticas durante el estudio.

Año	Precipitación, mm	Temperatura media, °C	Humedad relativa media, %
2014	1 398	24,10	78
2015	1 462	23,86	80
2016	1 198	24,41	79

A continuación, se describe el procedimiento que se realizó en cada etapa:

Vivero. En marzo del 2014 se realizó la siembra del vivero. Se utilizaron bolsas de polietileno negro, horadadas de 20 x 12 cm, en las que se depositó un sustrato compuesto por 70 % de suelo (tamizado de forma manual) y 30 % de materia orgánica (cachaza). Se sembraron 60 bolsas en cada tratamiento, dispuestos en bloques al azar (20 bolsas con tres réplicas). En cada una se depositaron dos semillas o propágulos, según el tratamiento. Se realizó riego por aspersión en las mañanas.

Establecimiento en campo. Antes de esta fase, el suelo se preparó a partir del método convencional (arado, grada, cruce, grada y surcado) y se consideró el cultivo precedente y el grado de infestación por malezas.

Las plantas se llevaron al sitio definitivo en junio de 2014. Para la plantación se abrieron orificios en el suelo de 20 x 20 cm de ancho y profundidad, respectivamente, y así se garantizó que las raíces no se afectaran. La distancia de siembra utilizada fue de 6 x 3 m (para una densidad de 555 plantas ha⁻¹). Todas las plantas se ubicaron en el campo con un diseño en bloques, completamente aleatorizado, que se correspondía con la fase anterior. Las parcelas experimentales se conformaron a razón de 324 m² y 20 plantas. Para el muestreo se utilizaron seis plantas por bloque, que también se midieron en el vivero para un total de 18, y se ubicaron en el centro de cada parcela, en un área de 108 m².

Cuando la especie comenzó el período de floración, se consideró el final de esta fase. Durante esta etapa se plantó *Manihot esculenta* Crantz entre los surcos de la arborea, con el propósito de realizar mejor aprovechamiento del suelo entre las calles de la arborea, en un marco de 0,70 m entre surcos y entre plantas, distanciada de *J. curcas* a 1,50 m. Con posterioridad, en varias ocasiones, se llevaron a cabo labores de cultivo.

Producción de semillas. Se inició con la primera fructificación de las plantas. Posteriormente, al culminar se realizó una poda de formación, a 50 cm sobre la superficie del suelo, para garantizar la emisión de ramas productivas, según el criterio de Moreira-González *et al.* (2019). Seguidamente, comenzaron un período de nuevos rebrotes, engrosamiento, crecimiento del tallo y nuevas ramas durante ocho meses. Más tarde, la aparición de flores y frutos, entre diciembre y febrero, se repitió en el 2016 entre julio y septiembre.

Mediciones por etapas

Vivero. A los 30 días posteriores a la siembra, se registró la emergencia de semillas (ES) o brotación de los propágulos (BP) mediante el conteo de plantas

totales detectadas. Posteriormente, se llevó a cabo la labor de raleo y se dejó una plántula por bolsa. A los 90 días, se seleccionaron al azar seis plantas en cada réplica (18 por tratamiento) para medir la altura (A), el diámetro del fuste (DF) y el número de ramas (NR). Seguidamente, todas se llevaron al campo. En el momento del trasplante presentaban una altura de 0,70-0,80 m aproximadamente, según lo recomendado por Pérez-Vázquez *et al.* (2014).

Establecimiento en el campo. A los 30 días posteriores al trasplante, se midió la supervivencia de las plantas (SP). Además, se evaluó cada tres meses la proyección de la copa (PC), la altura, el diámetro del fuste y el número de ramas primarias. También se consideró el mes en que se inició la floración (IF) para cada tratamiento.

Producción de semillas. Se tomaron en cuenta tres cosechas, definidas en tres momentos: cosecha 1) diciembre de 2014 a febrero de 2015, cosecha 2) diciembre de 2015 a febrero de 2016 y cosecha 3) agosto a octubre de 2016. Se midieron las variables cantidad de racimo formados (CRF), número de frutos por racimo (NFR), cantidad de semillas por árbol (CSA), peso de 100 semillas (PS), longitud (LS) y ancho de las semillas (AS).

Análisis matemático. Para la interpretación de los resultados se tuvo en cuenta el valor máximo obtenido en cada tratamiento para la ES, BP, SP y NFR. Para el IF, se determinó el mes de aparición de las primeras flores, para lo que se utilizó la estadística descriptiva. En el resto de las variables se aplicó análisis de inferencia para dos muestras independientes a partir de una prueba t, con nivel de significación de 0,05. Se utilizó el paquete estadístico Infostat®, versión libre.

Resultados y Discusión

En la tabla 2 se muestran las variables morfológicas evaluadas durante la fase de vivero. Hubo más propágulos brotados (94) que plantas que emergieron a partir de las semillas (71), aspecto que se corrobora en el estudio de Mejía *et al.* (2015).

Se sabe que esta especie se puede propagar por vía vegetativa y por semillas (Dasumiati *et al.*, 2018). Sin embargo, cuando se utilizan estacas se obtiene mayor precocidad de producción y se reproducen con mayor fidelidad las características de la planta madre. Además, las plantas establecidas a partir de semillas presentan mayor variabilidad genética con respecto a la planta madre. Son más vigorosas, pero inician la producción más tardíamente.

Es importante señalar que con ninguno de los tratamientos evaluados se obtuvo 100 % de plántulas

Tabla 2. Comportamiento de las variables morfológicas evaluadas en la fase de vivero.

Indicador	Tratamiento		ES ±	Valor - P
	Semilla	Propágulo		
Emergencia de semillas	71	-	-	-
Brotación de plántulas	-	94	-	-
Altura, cm	70,4	84,1	1,204	<0,0001
Diámetro del fuste, cm	0,5	0,6	0,025	0,0158
Número de ramas	2	4	0,255	<0,0001

emergidas o brotadas. En el caso de las sembradas, esto se pudiera explicar por la calidad de la semilla, ya que las condiciones de aviveramiento fueron adecuadas, en términos de humedad y radiación. En cuanto a las propagadas por estacas, se presume que deben estar determinadas por la reserva presente en cada una para iniciar el proceso de desarrollo de una nueva planta. Es por ello que se usan con frecuencia diferentes tratamientos hormonales o enraizadores que son inoculados en los propágulos (Hamilton-de-Souza *et al.*, 2016).

Zavala *et al.* (2015) consideran que la principal manera de establecer plantaciones es mediante semilla botánica. Estos autores señalaron que para asegurar la germinación y el desarrollo de plantas vigorosas la semilla debe ser de alta calidad fisiológica. Además, plantean que su poder germinativo también se afecta por el alto contenido de aceite, por lo que es recomendable no almacenar por tiempo prolongado después de la cosecha, con el propósito de evitar que pase al estado de latencia (Díaz-Chuquizuta *et al.*, 2017). Méndez-López *et al.* (2020) señalaron que la calidad de la semilla comprende aspectos genéticos, fitosanitarios,

físicos y fisiológicos, y que pueden definirse atributos inherentes que determinan su potencial de germinación y sus características de crecimiento.

Al utilizar propágulos como método de reproducción (tratamiento 2) se alcanzaron los mayores valores en términos de altura de la planta (A), diámetro del fuste (DF) y número de ramas (NR). Este tratamiento difirió del 1 significativamente ($p < 0,05$). El comportamiento favorable desde edades tempranas de la planta, como es la fase de vivero, es de gran importancia desde el punto de vista funcional. Resultados similares a estos encontró López-García (2011).

Los valores obtenidos a favor de la reproducción por propágulos en cada una de las variables morfológicas indican que este método fue más eficaz para que la planta alcanzara el desarrollo adecuado en la fase de vivero, en un período de 90 días.

Al realizar el trasplante de las plántulas al campo, se logró 100 % de supervivencia para cada uno de los tratamientos (fig. 1). Estos no difirieron estadísticamente entre sí, lo que indica que las plántulas se recuperaron rápidamente del estrés inicial originado por el trasplante, y reiniciaron

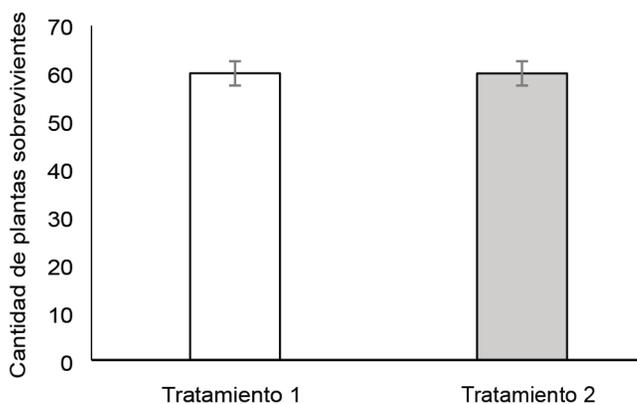


Figura 1. Cantidad de plantas sobrevivientes por tratamiento posterior al trasplante. ES: ± 2,54

su crecimiento y desarrollo. Este comportamiento pudo estar dado por el adecuado manejo durante esta fase, y también por las condiciones ambientales favorables presentes durante este período, ya que las precipitaciones y las temperaturas estuvieron en el rango óptimo que indica la literatura para el desarrollo de esta especie (Laviola *et al.*, 2017), y las labores agrícolas realizadas en el cultivo asociado (*M. esculenta*) favorecieron a la arbórea.

López-García (2011) informó resultados contrastantes, al estudiar la reproducción por estaca en *J. curcas*. Este autor obtuvo 67,4 % de plantas que sobrevivieron, valores inferiores a los del presente estudio.

La tabla 3 muestra los indicadores morfológicos de *J. curcas* durante el establecimiento en el campo. La proyección de la copa fue mayor en el T1, y difirió significativamente del T2 ($p < 0,05$).

La copa del árbol es el área de la corriente fotosintética donde se absorbe y utiliza la energía solar. Su función principal es sostener el tejido fotosintético, y además proveer de renuevos (hojas y ramas) para la continuidad de esta actividad. Por tanto, se debería esperar que árboles con copas de gran tamaño crezcan más rápido que otros de la misma especie con copas menores (Bender *et al.*, 2015). En estudios realizados por estos autores se demostró que el diámetro del tallo, la altura de la planta y el volumen del fuste estaban altamente correlacionados con el ancho de la copa. Estos aspectos pudieran explicar el comportamiento observado en este estudio. Se deduce que las plantas provenientes de semillas tuvieron un crecimiento acelerado después del trasplante en campo. Esto se puede aseverar porque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el resto de las variables (A, DF y NR) en esta etapa, lo que indica la eficiencia de la captación solar y la actividad fotosintética proporcionada por la copa para el desarrollo de dichos indicadores morfológicos.

En contraste, Machado (2011) en una evaluación de diferentes procedencias de *J. curcas* a partir

de la siembra o plantación, determinó que en aquellas que provenían de estacas la altura fue mayor (entre 115 y 184 cm) después de un año de establecida. Al respecto, Mejía *et al.* (2015) refirieron que 56 % de las plantas, tanto las sembradas como las plantadas, presentaron alturas diferentes a los 180 días de establecidas.

Con respecto al inicio de la floración de *J. curcas* se corroboró que las plantas provenientes de propágulos fueron más precoces que aquellas en las que se utilizó semilla para la siembra. El tiempo transcurrido entre el trasplante y el inicio de la floración fue de 120 días aproximadamente, y coincidió con uno de los períodos propicios en Cuba para el desarrollo de esta fase en *J. curcas*, que ocurre dos veces en el año. La primera se produce de mayo a septiembre, etapa que en este estudio no se evaluó porque el trasplante se realizó en junio, y la segunda tiene lugar de octubre a febrero, a finales e inicios de año, respectivamente (Toral *et al.*, 2008).

La rápida respuesta de las plantas provenientes de propágulos a la reproducción puede estar dada por la reserva acumulada, ya que forman parte de plantas adultas, y ello propicia el desarrollo temprano de las inflorescencias (Laviola *et al.*, 2018).

En la tabla 4 se muestran las variables productivas de *J. curcas* en cada cosecha. Para la cantidad de racimos formados (CRF) se obtuvo la mayor media con el tratamiento 2 en cada una de las cosechas que se realizaron, que difirió significativamente del tratamiento 1 ($p < 0,05$). Esto pudo estar dado porque las plantas provenientes de la reproducción vegetativa iniciaron la floración antes, lo que pudo haber propiciado mayor actividad de polinización por parte de determinados insectos o por la incidencia del clima. No obstante, se requieren otros estudios para aseverar estos argumentos.

Estos resultados concuerdan con los informados por Lima *et al.* (2006), quienes al evaluar varias formas de multiplicación determinaron que la propagación por estacas produjo más frutos y fue más precoz.

Tabla 3. Cuantía de los indicadores morfológicos de la *J. curcas*, según el método de propagación durante la fase de establecimiento en campo.

Indicador	Tratamiento		ES ±	Valor - P
	Semilla	Propágulo		
Proyección de la copa, m	0,5	0,4	0,021	0,0083
Altura, m	1,2	1,2	0,311	0,2874
Diámetro del fuste, cm	0,8	0,9	0,122	0,0630
Número de ramas	8	10	1,811	0,3110

Tabla 4. Variables productivas de *J. curcas* en diferentes momentos de cosecha.

Variable	Cosecha	Tratamiento		ES ±	Valor - P
		Semilla	Propágulo		
Cantidad de racimos formados	1	11	16	2,412	0,032
	2	15	18	1,571	0,005
	3	14	20	2,94*	0,041
Número de frutos por racimo (Rango)	1	1-6	1-6	-	
	2	1-9	1-9	-	
	3	1-8	1-8	-	
Cantidad de semillas por árbol	1	186	274	11,263	<0,0001
	2	354	480	14,530	<0,0001
	3	246	475	12,712	<0,0001

Cosecha 1: diciembre de 2014 a febrero de 2015; Cosecha 2: diciembre de 2015 a febrero de 2016; Cosecha 3: agosto a octubre de 2016

Además, estos autores señalaron que dicho comportamiento está dado por la presencia de yemas reproductivas en el propágulo, las que se activan con facilidad.

El número de frutos por racimo (NFR) varió para cada tratamiento según el momento de la cosecha, y alcanzó valores máximos de 6 y 8 para el T1, y de 6 y 9 para el T2. Resultados similares obtuvo Machado y Brunet (2014), al evaluar el comportamiento morfológico de distintas procedencias de *J. curcas*, entre ellas la Cabo Verde.

En cuanto a la cantidad de semillas por árbol (CSA), el tratamiento 2 obtuvo la mayor media y difirió significativamente del T1 para cada una de las cosechas que se evaluaron. Se lograron así 274, 480 y 475 semillas/árbol en la cosecha 1, 2 y 3, respectivamente. También Machado (2011) y Mejía *et al.* (2015) determinaron mayor producción de semillas en plantas que provenían de la reproducción vegetativa.

En estos resultados se precisa mayor uniformidad y estabilidad en los valores encontrados para las plantas

que provenían de estacas, aspecto que también señalaron Chakrabarty *et al.* (2019). Estos autores consideran que las plantaciones establecidas por semillas son más heterogéneas (por su condición de planta alógama) que las que se plantan por estacas, en cuanto a lo relacionado con las características fenotípicas y genéticas (uniformidad de plantas, época y tipo de floración, vigor vegetativo, rendimiento de grano y de aceite).

Para el peso, longitud y ancho de las semillas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 5). Los valores registrados en cada variable estuvieron en los rangos informados por Machado (2011), al evaluar diferentes procedencias reproducidas por estacas o por semillas. Esta variable se estimó y el peso de cien semillas fue un componente de gran importancia.

En sentido general, se considera que la reproducción asexual es un método eficiente para producir *J. curcas*. Mediante él es posible obtener plantas iguales genéticamente a las madres. Además, se garantiza

Tabla 5. Peso, longitud y ancho de las semillas de *J. curcas* en los diferentes momentos de cosecha.

Variable	Cosecha	Tratamiento		ES ±	Valor - P
		Semilla	Propágulo		
Peso de la semilla	1	81,4	79,3	4,692	0,0634
	2	74,9	75,2	5,022	0,7510
	3	84,3	81,5	7,144	0,3913
Longitud de la semilla	1	1,85	1,79	0,081	0,0925
	2	1,89	1,84	0,160	0,1211
	3	1,86	1,82	0,112	0,1184
Ancho de la semilla	1	1,09	1,11	0,121	0,1015
	2	1,04	1,06	0,093	0,0914
	3	1,08	1,08	0,102	0,1212

Cosecha 1: diciembre de 2014 a febrero de 2015; Cosecha 2: diciembre de 2015 a febrero de 2016; Cosecha 3: agosto a octubre de 2016

el desarrollo y crecimiento del cultivo, que se reproduce precozmente con buena producción y estabilidad en la emisión de frutos.

Se concluye que mediante la reproducción por propágulos se obtienen plántulas de *J. curcas* morfológicamente superiores en la fase de vivero (mayor altura, diámetro del fuste y número de ramas). En la etapa productiva se logra mayor cantidad de frutos y semillas por árbol, los que fueron estables o tuvieron un ligero aumento cada año.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto internacional Fomento de fincas integrales agro-energéticas autosustentables para contribuir al desarrollo sostenible en zonas rurales de Cuba, financiado por la ONG OIKOS – cooperação e desenvolvimento, Portugal (Código PT-2007-DRD-2711329485).

Contribución de los autores

- Yolai Noda-Leyva. Conceptualización de la idea, toma de datos, preparación del manuscrito para su publicación.
- Giraldo Jesús Martín-Martín. Conceptualización de la idea de investigación.
- Rey Leovigildo Machado-Castro. Supervisión de la investigación.
- Julio Brunet-Zulueta. Realización de los experimentos y recolección de los datos.
- Héctor Santana-Armas. Realización de los experimentos y recolección de los datos.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de interés entre los autores.

Referencias bibliográficas

- Araiza-Lizarde, Nidia; Alcaraz-Meléndez, Lilia; Angulo-Escalante, M. Á.; Reynoso-Granados, T.; Cruz-Hernández, P.; Ortega-Nieblas, Magdalena *et al.* Caracterización y distribución de germoplasma silvestre de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) en el noroeste de México. *Polibotánica*. 42:137-152, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.42.7>.
- Bender, A. G.; Souza, Jonicelia C. A. V. de; Perreta, Mariel G. & Moglia, Juana G. Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) de diferentes edades. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias*. 14 (1):17-32. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/69088>, 2015.
- Borah, N.; Mapelli, S.; Pecchia, Paola; Mudoi, K. D.; Chaliha, B.; Gogoi, A. *et al.* Variability of growth and oil characteristics of *Jatropha curcas* L. in North-east India. *Biofuels*. 1-11, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1080/17597269.2018.1472979>.
- Campuzano-Duque, L. F.; Ríos, L. A. & Cardeño-López, F. Caracterización composicional del fruto de 15 variedades de *Jatropha curcas* L. en el departamento del Tolima, Colombia. *Corpoica cienc. tecnol. agropecu.* 17 (3):379-390, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:514.
- Chakrabarty, S.; Islam-Aminul, A. K. M.; Sultana, Nasrin & Chakraborty, P. Genetic diversity of *Jatropha curcas* L. genotypes: a potential biofuel crop in Bangladesh. *Biofuels*. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/17597269.2019.1655213>.
- Dasumiati, D.; Miftahudin, M.; Triadiati, T. & Hartana, A. Morphological and growth characters of andromonoecious *Jatropha curcas*. 2nd International Conference on Science and Technology (ICOSAT 2017). Promoting Sustainable Agriculture, Food Security, Energy, and Environment Through Science and Technology for Development *Adv. Intell. Syst. Res.* 149:133-139, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2991/ICOSAT-17.2018.29Corpus>.
- Díaz-Chuquizuta, Percy; Valdés-Rodríguez, Ofelia A. & Tello-Salas, Cheryl. Germination responses in physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds to pregerminative treatments. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 23 (2):89-96, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.10.027>.
- Diédhiou, Ibrahima; Bayala, R.; Diere, M.; Diedhiou, S. & P., Madiallacke. Flowering and fruiting seasonal changes of six accessions of *Jatropha curcas* L. in a semi-arid region of Senegal. *Int. J. Adv. Res.* 5 (7):2138-2148, 2017 2018 DOI: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/4953>.
- Eras-Chacho, R. M. & Pintado-Muy, C. R. *Influencia de las variables ambientales sobre la fenología de 10 especies forestales nativas, de la Granja Experimental de Nero, cantón Cuenca*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Cuenca, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, 2018.
- Evangelista-Lozano, Silvia; Cruz-Castillo, J. G.; Serrano, Verónica C. & Jiménez-Aparicio, A. Vegetative propagation in the field of *Jatropha curcas* L. for human consumption. *Rev. Chapingo ser. cienc. for. ambient.* 24 (2):161-169, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.07.047>.
- Hamilton-de-Souza, L.; Lafratta-Calandrelli, L. & Soto-Gonzales, J. L. Efeito do extrato aquoso de tubérculos de *Cyperus rotundus* L. na propagação por estaquia *Jatropha curcas* L. *Rev. Invest. Altoandín*. 18 (1):9-18, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.173>.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.

- Laviola, B. G.; Rodrigues, Erina V.; Teodoro, P. E.; Peixoto, L. de A. & Bhering, L. L. Biometric and biotechnology strategies in *Jatropha* genetic breeding for biodiesel production. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 76:894-904, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.116>.
- Laviola, B. G.; Teodoro, P. E.; Peixoto, L. de A. & Bhering, L. L. Parental selection in diallel crosses of *Jatropha curcas* using mixed models. *Acta Sci., Agron.* 40:e35008, 2018 DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35008>.
- Lima, T. M.; Assuncao, H. F. & Martím, A. *Evaluación de técnicas de propagación de piñón manso*. Goiás, Brasil: CNPA/ EMBRAPA, 2006.
- López-García, A. J. *Evaluación inicial del crecimiento y producción del tempate (Jatropha curcas L.) en la finca El Plantel, Nindirí, Masaya*. Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Forestal. Managua: Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria, 2011.
- Lozano, F.; Miranda, P. V. & Pompelli, M. F. Germination behavior of *Jatropha curcas* L. after different imbibition times. *Peruvian Journal of Agronomy.* 1 (1):32-38, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.21704/pja.v1i1.1065>.
- Machado, R. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes.* 34 (3):267-279. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121083003>, 2011.
- Machado, R. & Brunet, J. Colecta y caracterización de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes.* 37 (2):145-150. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269131791003>, 2014.
- Mejía, Nelly; Mendoza, H.; López, J.; Cedeño, L. & Ponce, W. Rendimiento inicial de líneas de piñón (*Jatropha curcas* L.) bajo dos métodos de siembra. *La Técnica.* 15:46-56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087679>, 2015.
- Méndez-López, A.; Córdoba-Téllez, L. & Sánchez-Vega, Miriam. Accelerated aging affects the physiological and biochemical quality of the seed of *Jatropha curcas*. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 23:1-10, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v23i1.2985>.
- Moreira-González, I.; Arnáez-Serrano, E.; Castillo-Ugalde, M.; Briceño-Elizondo, E. & Arias-Aguilar, D. Use of pruning in the agricultural management of *Jatropha curcas* (*jatropha*) for the plant flower development, in Costa Rica. *Tecnología en marcha.* 32 (1):68-76, 2019. DOI: <https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4119>.
- Pérez-Vázquez, A.; Valdés-Rodríguez, Ofelia A. & García-Pérez, E., Eds. *Manual de buenas prácticas para el cultivo de Jatropha curcas L.* México: Colegio de Postgraduados, 2014.
- Tavecchio, N.; Reinoso, H.; Ruffini-Castiglione, M.; Spanò, C. & Pedranzani, H. E. Anatomical studies of two *Jatropha* species with importance for biodiesel production. *J. Agr. Sci.* 8 (9):85-94, 2016. DOI: <http://doi.org/10.5539/jas.v8n9p84>.
- Toral, Odalys; Iglesias, J. M.; Montes-de-Oca, Sofia; Sotolongo, J. A.; García, Soraya & Torsti, M. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes.* 31 (3):191-207. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v31n3/pyf01308.pdf>, 2008.
- Tsuchimoto, S., Ed. *The Jatropha genome*. Kalyani, India: Springer, 2017.
- Zavala, I. *Caracterización morfofenética de accesiones de Jatropha curcas L., recolectadas en el Estado de Veracruz, México*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias. México: Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, 2016.
- Zavala, J. T.; Córdoba, L.; Martínez, J. & Molina, J. Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (3):275-284. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n3/v38n3a6.pdf>, 2015.