

Propagación vegetativa de *Jatropha curcas* L. por estacas**Vegetative propagation of *Jatropha curcas* L. by cuttings****Cipriano Ramón Enciso Garay^{1*} y Fernando María Castillo Echeverría¹**¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

* Autor para correspondencia (cenciso@agr.una.py).

Recibido: 20/04/2010; Aceptado: 25/06/2010.

RESUMEN

La *Jatropha curcas* L. es una especie que en los últimos años ha despertado interés entre los productores y empresarios del Paraguay debido al elevado contenido de aceite en sus semillas, lo que le otorga buenas cualidades para la producción de biodiesel. Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes longitudes de estacas en la propagación vegetativa de la *Jatropha curcas* L. se realizó el presente experimento en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo – Paraguay, entre los meses de setiembre y noviembre del año 2009. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las diferentes longitudes de estacas: T1= 20 cm, T2= 25 cm, T3 = 30 cm, T4= 35 cm y T5= 40 cm. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza, comparación de medias por la prueba de Tukey y análisis de regresión. Los resultados muestran que el número de raíces por estaca y el porcentaje de prendimiento no fueron influenciados por los tratamientos. La longitud de brotes de la parte aérea y de la raíz es proporcional a la longitud de estacas. Para masa seca de la parte aérea las estacas de 25 y 30 cm propiciaron las mayores medias, mientras que para masa seca de la raíz las estacas con 20 y 30 cm.

Palabras clave: Piñón, estacas, longitud, prendimiento.**ABSTRACT**

Jatropha curcas L. is a specie that in the last years has aroused interest among farmers, producers and businessmen in Paraguay due to the high oil content in its seeds, which gives good qualities for the production of biodiesel. With the objective of evaluate the effect of different lengths of cuttings on vegetative propagation of *Jatropha curcas* L., it has conducted this experiment in a greenhouse at the Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo - Paraguay, between the months of September and November, 2009. The used experimental design was completely at random with four replications. The treatments were the different lengths of cuttings: T1 = 20 cm, T2 = 25 cm, T3 = 30 cm, T4 and T5 = 35 cm = 40 cm. The data were submitted to analysis of variance, means comparison by Tukey test and regression analysis. The results show that the number of roots per cutting and sprouting percentage were not influenced by treatments. The shoot lengths of the aerial part and of the root is proportional to the stakes lengths. For dry mass of the aerial part, the cuttings of 25 and 30 cm led to the highest average, while for the root dry mass of cuttings from 20 to 30 cm.

Key words: Physic nut, cuttings, length, sprouting.

INTRODUCCIÓN

La *Jatropha curcas* L. es una planta de la familia de las euforbiáceas, originaria de México y América Central, con semillas que contienen entre 30 y 40% de aceite. Desde el lugar de origen de esta planta, se ha introducido como cultivo en varios países de Asia, África y América (Henning 1998; Heller 1996).

En el Paraguay esta especie crece naturalmente en gran parte de la región Oriental y en los últimos años ha despertado interés en los productores por su elevado contenido de aceite que puede ser utilizado para la obtención de biodiesel, además, de ser una planta perenne y tolerante al estrés hídrico.

Según Alves et al. (2008), la *J. curcas* puede propagarse por la vía vegetativa y por semillas. En la propagación vegetativa, utilizando estacas se obtiene mayor precocidad de producción y se reproducen con mayor fidelidad las características de la planta madre. Por otro lado, las plantas establecidas a partir de semillas presentan mayor variabilidad genética en relación a la planta madre, son más vigorosas, pero inician la producción más tardíamente.

Las estacas de *J. curcas* se pueden extraer de ramas leñosas, con uno o dos años, siendo ramas próximas a la base del tronco, de grosor medio, cáscara lisa, color ceniza brillante, entrenudos cortos y yemas salientes las más preferidas, no sirviendo las ramas con extremidades secas, cáscara rugosa y de color castaño (Peixoto 1973).

Para la propagación vegetativa por estacas de la *J. curcas*, Peixoto (1973) sugiere que las mismas sean de 40 a 50 cm de longitud, Drummond et al. (1984) de 30 a 40 cm, mientras que Cordero y Boshier (2003) estacas de 100 cm. Por otro lado, Santoso et al. (2008) obtuvieron los mejores resultados con estacas de 20 a 30 cm de longitud.

Conforme a Neves et al. (2005), la viabilidad de la propagación comercial de mudas por estacas depende de la capacidad de enraizamiento de cada especie y de la calidad del sistema radical formado a fin de proporcionar un buen desarrollo a la planta.

La *J. curcas* se constituye en un rubro de reciente explotación comercial en el Paraguay, existe escasa disponibilidad de información científica sobre el tamaño adecuado de estacas a utilizar en la propagación vegetativa de esta especie.

Por lo mencionado anteriormente este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes longitudes de estacas en el enraizamiento y crecimiento inicial de mudas de *J. curcas*.

METODOLOGIA

La investigación se desarrolló en un invernadero perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, en San Lorenzo, Paraguay, ubicado a 25°27' latitud Sur y 57°27' longitud Oeste, entre los meses de setiembre y noviembre del año 2009.

Se evaluaron cinco longitudes de estacas: T1 = 20 cm; T2 = 25 cm; T3 = 30 cm; T4 = 35 cm; y T5 = 40 cm. Los materiales vegetativos fueron obtenidos de ramas de un año de edad y diámetro entre 3 a 5 cm.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en donde cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, a su vez, cada repetición constó de 10 estacas y en total el experimento estuvo constituido por 200 estacas.

El experimento fue instalado utilizando macetas de polietileno de color negro de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro, cargadas con sustrato constituido por arena gorda y estiércol vacuno en una proporción de 1:1. La plantación de las estacas se realizó colocándolas en forma vertical en cada maceta e introduciendo aproximadamente 1/3 de la longitud. Luego, se procedió al riego por aspersión, día de por medio, hasta que el sustrato llegue a la capacidad de campo.

Las variables se midieron a los 76 días de la plantación y para el efecto se tomaron al azar cuatro mudas de cada tratamiento y repetición.

Las variables medidas fueron:

- Longitud de raíz principal: para ésta evaluación las raíces fueron lavadas para separarlas del sustrato, luego con ayuda de una regla se procedió a medir desde la base del tallo, hasta el ápice de la raíz más larga, expresándose los resultados en cm.

- Número de raíces: se contaron el total de las raíces primarias sin tener en cuenta las secundarias y terciarias;

- Longitud de brotes de la parte aérea: con una cinta métrica se midió la longitud desde la zona axilar de cada rama hasta la zona apical de la misma, y luego se calculó la longitud promedio para cada estaca;

- Número de brotaciones de la parte aérea de cada estaca: se contaron todas las ramificaciones primarias que las estacas desarrollaron;

- Porcentaje de prendimiento: se obtuvo por medio del cociente entre el número de estacas prendidas y el número total de estacas plantadas y el resultado

multiplicado por 100. Ésta variable fue medida considerando las 10 mudas de cada tratamiento y repetición;

Masa seca de los brotes y masa seca de las raíces: se colectaron ramas, hojas y raíces respectivamente, las mismas fueron colocadas en forma separada en bolsas y llevadas a una estufa en donde permanecieron a temperatura de 70°C durante 48 horas y posteriormente fueron pesadas en una balanza electrónica.

Los datos recolectados fueron sometidos al análisis de varianza al 5% de probabilidad. Al comprobar la existencia de diferencias estadísticas se procedió a la comparación de medias por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error y para algunas variables se efectuó el análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el número de brotes de la parte aérea de estacas se constató que el tratamiento con 20 cm de longitud proporcionó la mayor media (4,32), difiriendo estadísticamente del tratamiento con 25 cm de longitud de estacas. Asimismo los tratamientos de 25 hasta 40 cm no fueron diferentes entre sí (**Tabla 1**).

Los valores obtenidos en este trabajo, que estuvieron entre 2,55 y 4,32 ramas por planta, se aproximan a los presentados por Silva et al. (2008), quienes obtuvieron una media de 3 ramas por planta, en una investigación realizada sobre propagación vegetativa con la misma especie.

Tabla 1. Número de brotes de la parte aérea por estaca, masa seca de los brotes y de raíces de *Jatropha curcas* L. en función a la longitud de estacas. FCA. San Lorenzo. 2009.

Longitud de estacas (cm)	Número de brotes / estaca	Masa seca de los brotes (g)	Masa seca de la raíz (g)
T1 = 20	4,32 a	29,27 c	3,07 a
T2 = 25	2,55 b	35,70 a	1,87 c
T3 = 30	3,40 ab	35,55 a	2,95 a
T4 = 35	3,30 ab	28,30 d	1,60 d
T5 = 40	3,30 ab	31,42 b	2,15 b
C V (%)	16,68	9,64	25,11

Letras iguales en la columna no difieren entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la **Tabla 1** se puede apreciar que las estacas con 25 y 30 cm de longitud generaron mayor masa seca de la parte aérea, difiriendo de los demás tratamientos. Las estacas con 40 cm de longitud ocuparon el segundo lugar, superando estadísticamente a las estacas con 35 y 20 cm de longitud.

Mayor masa seca de la raíz se observó en las estacas con 20 y 30 cm, con valores de 3,07 y 2,95 g, difiriendo de los demás tratamientos. El tratamiento con 40 cm ocupó el segundo lugar con 2,15 g, difiriendo estadísticamente de las estacas con 25 y 35 cm, con medias de 1,87 y 1,60 g, respectivamente (**Tabla 1**).

Según lo observado en la **Tabla 1**, no existe una relación directa entre longitud de estacas y la acumulación de materia seca en las raíces y en los brotes. Estos resultados no concuerdan con Álvarez et al. (2007), quienes informaron que el tamaño de estacas influye directamente en la producción de fitomasa seca, en un experimento con estacas de romero (*Rosmarinus officinalis*).

En la **Figura 1**, se puede verificar que al aumentar la longitud de las estacas, se incrementa la longitud de raíces. La ecuación obtenida $y = 0,487x + 10,28$ establece que por cada cm de aumento en la longitud de estacas, se estima un incremento de 0,487 cm en la longitud de la raíz. A través de la ecuación se pudo estimar que las estacas de 40 cm, promueven raíces con 29,02 cm de longitud.

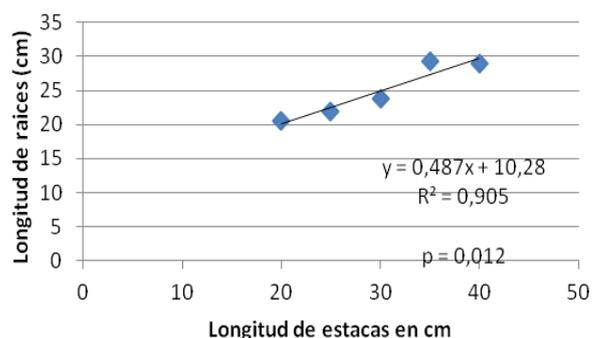


Figura 1. Longitud de raíces de estacas de *Jatropha curcas* L. en función a las longitud de estacas. FCA. UNA. 2009.

Las medias encontradas en esta investigación, son superiores a las reportadas por Da Silva (2007), quien obtuvo un promedio de 14,36 cm por estaca. Por otro lado, son inferiores a los valores de 39,46 a 42,40 cm reportados por Silva et al. (2008).

Conforme a Hernández et al. (2005) la mayor longitud de raíces adventicias producidas en estacas de mayor tamaño puede explicarse por el mayor contenido de materiales de reserva disponibles para el crecimiento de las raíces

Con relación a la longitud de brotes de la parte aérea, hubo comportamiento similar a la longitud de raíces (**Figura 2**), demostrando también una tendencia lineal de aumento, proporcional al tamaño de las estacas. La ecuación obtenida es $y = 0,619x + 1,952$, lo cual establece

que por cada cm de incremento en la longitud de las estacas existe un aumento de 0,619 cm en la longitud de brotes de la parte aérea. Estos resultados indican que la longitud de las ramas y de las raíces está influenciada por la longitud de las estacas. Según Álvarez et al. (2007), un buen crecimiento de las raíces hace que la parte aérea de la planta tenga una mejor actividad, pues incrementa la producción de esqueletos de carbono y de ATP, importantes para la formación de proteínas, almidón, sacarosa, ácidos nucleicos y lípidos. De esta manera, el proceso respiratorio de crecimiento se verá favorecido por lo que se generará mayor longitud de ramas.

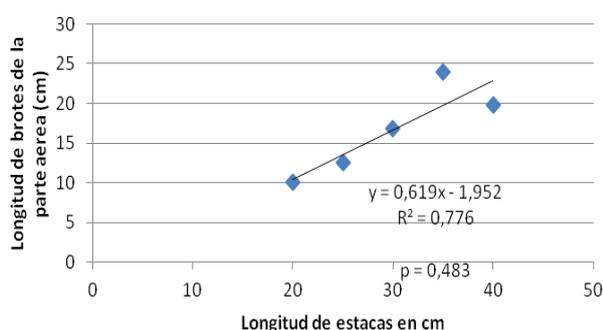


Figura 2. Longitud de brotes de *Jatropha curcas* L. en función a las longitud estacas. FCA. UNA. 2009.

El número de raíces por estaca y porcentaje de prendimiento se presenta en la **Tabla 2**. El análisis de varianza efectuado para ambas variables muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados.

Tabla 2. Número de raíces por estaca y porcentaje de prendimiento de *Jatropha curcas* L en función a la longitud de estacas. FCA. San Lorenzo. 2009.

Longitud de estacas (cm)	Número de raíces/ estaca	Prendimiento (%)
T1 = 20	15,75 a	92,5 a
T2 = 25	14,82 a	97,5 a
T3 = 30	14,80 a	90,0 a
T4 = 35	14,62 a	95,0 a
T5 = 40	13,65 a	92,5 a
Coficiente de variación	4,50%	2,72%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

La media de raíces emitidas por estaca (**Tabla 1**) osciló entre 13,65 y 15,75, asemejándose a los obtenidos por Da Silva (2007), quienes en investigaciones realizadas sobre propagación vegetativa de *J. curcas*, reportaron medias entre 14,0 a 17,23 raíces por estaca, respectivamente.

Los resultados de la investigación son concordantes con Bonfil et al. (2007), quienes en una investigación con estacas de siete géneros de *Bursera*, no hallaron una asociación positiva entre cantidad de raíces y tamaño de estacas.

Respecto al porcentaje de prendimiento (**Tabla 2**), las medias oscilaron entre 90,0% (estacas de 30 cm) y 97,5% (estacas de 25 cm). Estos resultados son coincidentes con Santoso et al. (2008) quienes al evaluar el enraizamiento de estacas de *J. curcas* con 20, 25 y 30 cm de longitud no encontraron diferencias en el porcentaje de prendimiento. Sin embargo, dichos autores mencionan que obtuvieron entre 97,7 y 100% de prendimiento, que son superiores a los valores obtenidos en el presente trabajo. Del mismo modo Suárez et al. (2008) no detectaron diferencias en el porcentaje de enraizamiento de *Alpinia purpurata* en función al tamaño del propágulo.

Los porcentajes de prendimiento de este trabajo que estuvieron entre 90 y 97,5% se aproximan a los de Silva et al. (2008) y Smiderle y Kroetz (2008), quienes obtuvieron 95 y 99% de prendimiento, respectivamente.

Esto indica que la *J. curcas* presenta una excelente capacidad de enraizamiento y que la longitud de estacas no tiene influencia en el porcentaje de enraizamiento y la cantidad de raíces emitidas. Por lo tanto sería conveniente utilizar estacas con 20 cm de longitud, atendiendo que de ese modo la cantidad de material propagativo a utilizar sería menor en comparación a los otros tratamientos.

CONCLUSIONES

La *J. curcas* presenta alta capacidad de enraizamiento, independiente a la longitud de estacas.

Existe una relación lineal positiva entre la longitud de raíces y de brotes de la parte aérea con la longitud de las estacas.

Las estacas con 20 y 30 cm de longitud promueven mayor masa seca de las raíces, mientras que las de 25 y 30 cm de longitud mayor masa seca de los brotes de la parte aérea.

Las estacas con 20 cm de longitud propician el mayor número de brotes por estaca.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, J; Rodríguez, S; Chacon, E. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). Agronomía Colombiana. 25 (2): 224-230.
- Alves, JMA; Sousa, AA; Silva, SRG da; Lopes, GN; Smiderle, OJ; Uchôa, SCP. 2008. Pinhão-manso uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira. Agro@mbiente On-line, Boa Vista, BR 2 (1): 57-68. Consultado 19 feb. 2010. Disponible en: <http://ufr.br/revista/index.php/agroambie>

- nte/article/view/160/92.
- Bonfil, C; Mendoza, P; Ulloa, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia. Texcoco, MX. Red de Revistas Científicas de América latina y el Caribe, España y Portugal. 41(1): 103-109.
- Cordero, J; Boshier, DH. (Eds.). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Costa Rica: OFI/CATIE. 1079 p.
- Da Silva, C. 2007. Enraizamiento de estacas de Piñón manso (*Jatropha curcas* L.). Cascavel, BR: Facultad Assis Gurgacz. pdf.
- Drummond, OA; Purcino, AAC; Cunha, L. H. de S.; Veloso, J. de M. 1984. Cultura do Pinhão manso. EPAMIG, Belo Horizonte. pdf.
- Heller, J. 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. IBPGR 161. Roma, IBPGR, 66 p.
- Henning, RK. 1998. Use of *Jatropha curcas* L. (JCL): a household perspective and its contribution to rural employment creation. Regional Workshop on the Potential of *Jatropha curcas* in Rural Development & Environmental Protection. Harare, ZW. 5 p. pdf.
- Hernández, J.; Aramendiz, H; Cardona, C. 2005. Influencia del ácido indolbutírico y ácido naftalenoacético sobre el enraizamiento de esquejes de caña flecha (*Gynneriums agittatum* Aubl.). Rev. Temas Agrarios 10 (1): 5-13.
- Neves, CSJ; Medina, C de C; Azevedo, MCB de; Higa, AR; Simon, A. 2005. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção das mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de cácia-negra. Revista Árvore 29 (6): 897-905.
- Peixoto, AR. 1973. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo, BR: Nobel. 284 p.
- Santoso, B; Hasnam, H; Hariyadi, H; Susanto, S; Purwoko, BS. 2008. Vegetative Propagation of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) by Stem Cuttings Effects of Cutting Length and Diameter. Bul. Agron. (36) (3) 255-262.
- Silva, S; Ávila, T; Casagrande, J; Loy, F; Ávila, D. 2008. Propagação vegetativa de Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) via estaquia no Rio Grande do Sul. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Anais. p. 219-223.
- Smiderle, O; Kroetz, V. 2008. Producción de mudas de Piñón manso propagadas por estaca. Boa Vista, BR: EMBRAPA. Comunicado Técnico N° 22. Disponible en: http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/attachments/286_cot222008_propaga_smiderle.pdf.
- Suárez, IE; Marrugo, GL; Peña, Ñ. 2008. Efecto del sustrato y tamaño del propágulo en el enraizamiento de ginger rojo (*Alpinia purpurata*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 2 (2): 225-23.