


Propagación vegetativa de *Pongamia pinnata* (L.) Pierre (Algarrobo aceitero) por mini esquejes de raíz

Cantero García, I.¹; Benítez Núñez, J.^{2*}; Enciso, M.³; Samudio Oggero, A.⁴

^{1,2,4}Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, San Lorenzo, Paraguay

³Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal, San Lorenzo, Paraguay

*E-mail del autor: juanvenabe@gmail.com

Propagación vegetativa de *Pongamia pinnata* (L.) Pierre (Algarrobo aceitero) por mini esquejes de raíz. La *Pongamia pinnata* es un árbol, cuya semilla es empleada como materia prima para la elaboración de biodiesel. El objetivo fue evaluar la propagación vegetativa, mediante el uso de diferentes, longitudes de esquejes de raíz y tipos de sustratos, con y sin aplicación de la hormona AIB (Ácido Indol Butírico). Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 X 2 X 2) compuesto por 3 factores, 2 tipos de sustratos y 2 longitudes de esquejes de 3 cm (L1) y 6cm (L2), con y sin AIB. En total se evaluaron 8 tratamientos que consistieron en la combinación de los 3 factores. Las variables evaluadas fueron porcentaje de enraizamiento, número de raicillas y longitud de raicillas (cm), número de brotes, longitud de brotes (cm) y número de esquejes con callosidad. Los datos obtenidos, fueron analizados con ANOVA y test de significancia (Tukey a un nivel de confianza del 95%) con el Software Estadístico Infostat. Los factores sustrato y hormona no arrojaron diferencias significativas con relación a las variables evaluadas. El factor longitud de esquejes arrojó diferencias significativas para todas las variables evaluadas a favor de la longitud L2 (6cm). La propagación vegetativa de la especie no se ve influenciada estadísticamente por el tipo de sustrato y la aplicación de AIB, pero sí por la longitud de los esquejes, siendo la longitud de 6 cm la más adecuada para cultivarlas.

Palabras clave: Enraizamiento, sustrato, callosidad, AIB

Vegetative propagation of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre (Algarrobo aceitero) using mini root cuttings. *Pongamia pinnata* is a tree, whose seed is used as raw material for the production of biodiesel. This work aimed to evaluate its vegetative propagation, using of different lengths of root cuttings and types of substrates, with and without application of the hormone IBA (Indole Butyric Acid). A completely randomized design with a factorial arrangement (2 × 2 × 2) was used, composed of 3 factors, 2 types of substrates, and 2 cutting lengths of 3 cm (L1) and 6 cm (L2), with and without IBA. In total 8 treatments which consisted of the combination of the 3 factors were evaluated. The variables evaluated were percentage of rooting, number of rootlets and rootlet length (cm), number of shoots, shoot length (cm) and number of cuttings with calluses. The data obtained were analyzed with ANOVA and a significance test (Tukey at a 95% confidence level) through the Infostat Statistical Software. The substrate and hormone factors did not show significant differences in relation to the variables evaluated. The cuttings length factor showed significant differences for all the variables evaluated in favor of length L2 (6cm). The vegetative propagation of the species is not statistically influenced by the type of substrate and the application of IBA, but it is influenced by the length of the cuttings, the length of 6 cm being the most suitable for cultivating them.

Keywords: Rooting, substratum, calluses, IBA

INTRODUCCIÓN

Pongamia pinnata (L.) Pierre pertenece a la familia Fabaceae, es un árbol originario de la India de rápido crecimiento conocido popularmente como “algarrobo aceitero”, posee buen desarrollo en diversos tipos de suelos, es muy tolerante a condiciones de salinidad y alcalinidad, fija gran cantidad de nitrógeno atmosférico e incorpora importante volumen de materia orgánica en el suelo, lo que provoca una mejor absorción de agua y de nutrientes, ayudando de esta manera a la recuperación de suelos marginales (Ferrari y Wall 2004; Sujatha y Hazra 2007; Chopade *et al.*, 2008; Falasca y Bernabé 2009).

P. pinnata es también empleada por sus propiedades medicinales para tratar resfriado, tos, diarrea, disentería, cólicos inflamatorios, reumatismo, hipertensión, bronquitis, tumores abdominales enfermedades de la piel, herpes y otras afecciones. Además, es una especie ornamental y melífera (Meher *et al.*, 2004; Wagh *et al.*, 2007; Chopade *et al.*, 2008; Rao *et al.*, 2011; Bobade y Khyade 2012; Sajid *et al.*, 2012). Al Muqarrabun *et al.* (2013), realizaron revisiones bibliográficas de los usos tradicionales de *P. pinnata*, encontraron estudios farmacológicos que revelaron las actividades biológicas tales como antioxidantes, actividades antimicrobianas, antiinflamatorias y antidiabéticas de la especie. Arote *et al.* (2008), demostraron que los extractos de hoja de *P. pinnata* poseen efectos antibacterianos. Sajid *et al.* (2012), encontraron agentes antioxidantes y antimicrobianos para usos alimenticios y farmacéuticos funcionales en los

extractos de la corteza de *P. pinnata*.

Actualmente existe un debate sobre utilización de productos agrícolas para la elaboración de biocombustibles. A medida que la población crece la necesidad de alimentos también aumenta. Esta especie puede ser una alternativa en este debate, porque no forma parte de la dieta humana. La semilla de la *P. pinnata* es utilizada como materia prima para la producción de biodiesel, este producto es biodegradable de combustión limpia (Bobade y Khyade, 2012), esto vuelve a la especie muy prometedora siendo una alternativa la elaboración de biodiesel a partir de sus semillas.

En Paraguay existen una amplia variedad de condiciones edafoclimáticas potenciales para su cultivo, considerando su plasticidad.

Por medio de la propagación vegetativa de la especie, se podrá clonar individuos con las características genéticas deseadas preservando el genotipo y se logrará acelerar el proceso de multiplicación de la misma. Trabajos realizados por Enciso y Irrazábal (2007), Ovando *et al.* (2006), demostraron la posibilidad de propagar especies forestales (*Melia azedarach* L. y *Tabebuia heptaphylla*) utilizando esquejes de raíz. Revisiones realizadas por Mukta y Sreevalli (2010), encontraron buenos resultados para la inducción de raíces en esquejes de *P. pinnata* utilizando ácido indol butírico (AIB). Estudios elaborados por Rout y Nayak (2015), obtuvieron altos porcentajes de enraizamiento empleando esquejes de tallo de *P. pinnata*.

Con el resultado de este trabajo se espera una mayor producción de plantines con brotes y raicillas a partir de esquejes

de raíz, a través de una técnica novedosa de propagación.

El objetivo del estudio fue evaluar la propagación vegetativa, mediante el uso de diferentes longitudes de esquejes de raíz y tipos de sustratos, con y sin aplicación de AIB (Ácido Indol Butírico).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue llevado a cabo en la casa de vegetación del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) a finales del invierno (septiembre) hasta comienzos del verano (noviembre) del año 2017, con una T₀ máxima de 29,9-29,7 0C y una T₀ mínima de 18,7-19,3 0C.

Material genético

Se emplearon mini esquejes de raíz de 3 cm (L1) y 6 cm (L2) de longitud y 0,6 -1 cm de diámetro, fueron extraídos de una parcela de árboles de *P. pinnata* de 9 años de edad situado en el Campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Se seleccionaron los individuos con las mejores características fenotípicas (semillas más grandes, fuste recto, copa ancha y con mayor cantidad de ramas).

Propagación asexual

Los mini esquejes de raíz, una vez extraídos fueron envueltos con papel diario, remojado con agua e introducidos en bolsa de polietileno para evitar su desecación, luego fueron trasladados a la casa de vegetación para iniciar el cultivo. Se utilizaron 160 mini esquejes

de los cuales 80 fueron sumergidos en la hormona AIB (1000 ppm). La plantación del material vegetativo se realizó en bandejas germinadoras con sustrato comercial (turba, vermiculita, caliza dolomítica, yeso agrícola y fertilizante NPK-trazas) (S₁) y humus de lombriz (S₂). En total se emplearon ocho tratamientos que consistieron en la combinación de, tipo de sustrato, longitud de esquejes y la aplicación o no de la hormona AIB.

Diseño del ensayo

La investigación fue de tipo experimental con un delineamiento factorial (2x2x2). Se contó con tres factores (sustrato, longitud de esquejes y con y sin hormona) y cinco repeticiones por tratamiento. Las unidades muestrales fueron distribuidas al azar y estuvieron compuestas por cuatro mini esquejes cada una. A los 60 días se evaluaron, el porcentaje de enraizamiento, número de raicillas y longitud de raicillas (cm), número de brotes, longitud de brotes (cm) y número de esquejes con callosidad (formación de abultamiento en el extremo distal del esqueje). Los resultados fueron analizados mediante el test de ANOVA (con previa comprobación de homocedasticidad en la variancia y distribución normal) y la prueba post-hoc de Tukey (5% de nivel de significancia) empleándose el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor sustrato

El factor sustrato no mostró diferencias estadísticas para las variables,

porcentaje de enraizamiento ($F=0,21$; $p \geq 0,05$), número de raicillas ($F=3,47$; $p \geq 0,05$) y longitud de raicillas (cm) ($F= 0,12$; $p \geq 0,05$), número de brotes ($F=0,00$; $p \geq 0,05$), longitud de brotes (cm) ($F=0,21$; $p \geq 0,05$) y número de esquejes con callosidad ($F=0,75$; $p \geq 0,05$). Empleando humus de lombriz (S2) se obtuvieron el porcentaje de enraizamiento y número de esquejes con callo-

sidad más altos, al igual que las variables número y longitud de raíces y de brotes (Tabla 1). El humus de lombriz ayuda a la propagación de diferentes especies, mejora y estimula el desarrollo radicular dando lugar a mayor vigor en la parte aérea de la planta debido a la cantidad de nutrientes que posee como nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y otros (Tenecela 2012; Salinas et al., 2014).

Tabla 1. Efecto del tipo de sustrato, longitud de esqueje y la aplicación o no de ácido indol butírico (AIB) en la propagación vegetativa de *Pongamia pinnata*

Variables/Factores	Sustrato		Longitud		Hormona (AIB)	
	S1	S2	L1 (3cm)	L2 (6cm)	CH	SH
Enraizamiento %	33.0 a	37.0 a	22.0 a	48.0 b	28.0 a	41.3 a
Raíces (Nro.)	3.1 a	5.1 a	2.3 a	6.0 b	3.1 a	5.1 a
Long. de raíz (cm)	15.4 a	17.1 a	6.5 a	26.1 b	12.1 a	20.2 a
Brotes (Nro.)	2.0 a	2.0 a	1.4 a	3.0 b	2.0 a	2.3 a
Long. de brotes (cm)	4.5 a	5.0 a	2.1 a	8.0 b	4.0 a	5.4 a
Esquejes con callosidad (Nro.)	0.5 a	1.0 a	0.3 a	1.1 b	0.5 a	1.0 a

S1, S2, L1, L2, CH, SH; medias significativamente diferentes a un nivel de confianza del 95%

Factor longitud de esqueje

Todas las variables evaluadas, porcentaje de enraizamiento ($F=10,14$; $p \leq 0,05$), número de raicillas ($F=12,17$; $p \leq 0,05$) y longitud de raicillas (cm) ($F=20,54$; $p \leq 0,05$), número de brotes ($F=19,69$; $p \leq 0,05$), longitud de brotes (cm) ($F=32,80$; $p \leq 0,05$) y número de esquejes con callosidad ($F=6,75$ $p \leq 0,05$), mostraron diferencias significativas para el factor longitud de esquejes. Cultivando esquejes de 6 cm de longitud (L2) se dieron el porcentaje de enraizamiento

más elevado. Los valores más altos para el número de raicillas, brotes y esquejes con callosidad y longitud de raicillas y brotes también se obtuvieron con esquejes de L2 (Tabla 1) (Figura 1).

Los mejores resultados para todas las variables se registraron utilizando esquejes de 6 cm de longitud (L2). Estos efectos se pudieron dar a que los esquejes poseían una mayor cantidad de reservas nutritivas para la propagación vegetativa de *P. pinnata* a esquejes de 3 cm de longitud que probablemente tenían

una baja disponibilidad de reservas.

Hartmann y Kester (1998), recomiendan cultivar esquejes de 10 a 12 cm de longitud por que estas se encuentran provistas de carbohidratos de reserva. Solís *et al.*, 2015 por su parte, mencio-

nan que los mejores resultados de propagación utilizando estacas de mayor longitud se deba a que estos contienen mayor cantidad de sustancias de reserva que intervienen en el proceso de enraizamiento y crecimiento de las raíces.

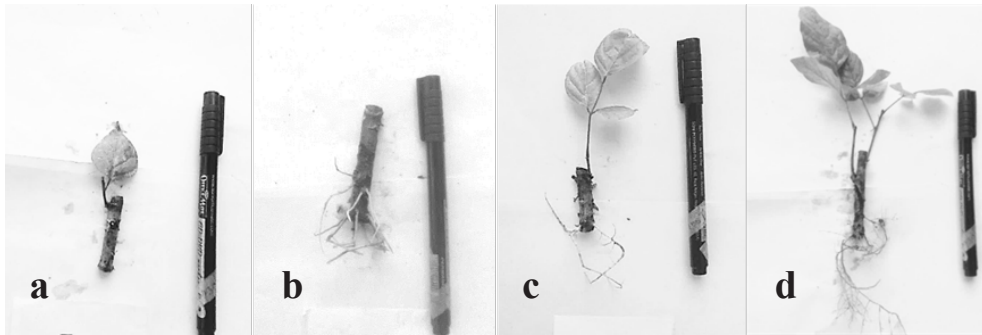


Figura 1. a) Esquejes con brotes y callosidad en el extremo distal. b) Esquejes con raicillas sin brotes. c) Esquejes de 3 cm longitud con brote y raicillas. d) Esquejes de 6 cm longitud con brotes y raicillas

Factor hormona

El factor hormona (AIB) no arrojó diferencias estadísticas para ninguna de las variables estudiadas, porcentaje de enraizamiento ($F=2,78$; $p \geq 0,05$), número de raicillas ($F=3,84$; $p \geq 0,05$) y longitud de raicillas (cm) ($F=3,66$; $p \geq 0,05$), número de brotes ($F=0,31$; $p \geq 0,05$), longitud de brotes (cm) ($F=2,47$; $p \geq 0,05$) y número de esquejes con callosidad ($F=0,75$; $p \geq 0,05$). Los esquejes no sometidos a la hormona AIB presentaron los mejores valores para el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raicillas y las demás variables evaluadas (Tabla 1).

La aplicación de AIB no estimuló la formación de raíces adventicias, pudiendo enraizar esta especie perfectamente sin el tratamiento hormonal.

Azcón y Talón (2008), afirman que en muchas especies botánicas el enraizamiento (formación de raíces adventi-

cias), es un proceso espontáneo. Estudios realizados por Kesari *et al.* (2009), mencionan que obtuvieron efectos positivos utilizando diferentes concentraciones y combinaciones de auxinas para el enraizamiento adventicios de esquejes de tallos de *Pongamia pinnata*, sin embargo, utilizando altas concentración de auxinas superiores a 7mM este inhibió el enraizamiento de los esquejes. Sugla *et al.* (2007), consiguieron buenos resultados de enraizamiento de brotes de *P. pinnata* en condiciones in vitro en medio cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) de concentración completa suplementado con 1.0 μ ácido indol butírico (AIB). Palanisamy *et al.* (1998), para el enraizamiento de esquejes de brotes de *P. pinnata* obtuvieron los mejores resultados con la auxina AIB.

CONCLUSIÓN

La propagación de *Pongamia pinnata* (L.) Pierre fue posible a partir de mini esquejes de raíz utilizando diferentes longitudes de raíz, tipos de sustratos, con y sin la aplicación de hormona AIB. Se concluye que los esquejes de *Pongamia* no se ven influenciados por la aplicación de AIB y tipos de sustratos utilizados, pero si se ven afectados por la longitud de esquejes, siendo la longitud 6 cm la más adecuada para la propagación vegetativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al Muqarrabun, R., Ahmat, N., Ruzaina, S., Ismail, H., y Sahidin, I. (2013). Medicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre: A review. *Journal of ethnopharmacology*, 150(2), 395-420. DOI: https://www.researchgate.net/publication/256479216_Medicinal_uses_phytochemistry_and_pharmacology_of_Pongamia_pinnata_L_Pierre_A_review
- Arote, S., Dahikar, S., y Yeole, G. (2008). Phytochemical screening and antibacterial properties of leaves of *Pongamia pinnata* Linn. (Fabaceae) from India. *African Journal of Biotechnology*, 8(22), 6393-6396. DOI: <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/E01764128623>
- Azcón, B., y Talón, M. (2008). Fundamentos de la fisiología vegetal. Barcelona, España: McGRAW-HILL.
- Bobade, N., y Khyade, B. (2012). Preparation of methyl ester (biodiesel) from karanja (*Pongamia pinnata*) oil. *Research Journal of Chemical Sciences*, 2(8), 43-50. DOI: <http://www.isca.in/rjcs/Archives/v2/i8/8.ISCA-RJCS-2012-106.pdf>
- Chopade, V., Tankar, N., Pande, V. V., Tekade, A. R., Gowekar, N. M., Bhandari, S. R., y Khandake, S. N. (2008). *Pongamia pinnata*: Phytochemical constituents, traditional uses and pharmacological properties: A review. *International Journal of Green Pharmacy*, 2(2), 72-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.22377/ijgp.v2i2.31>
- Di Rienzo, A., Casanoves, F., Balzarini, G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, W. (2008). InfoStat, (versión 2008), Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Enciso, M., y Irrazábal, C. (2007). Propagación vegetativa de paraíso gigante (*Melia azedarach* L. var. gigantea) mediante estacas de raíz. *Investigaciones y estudios de la UNA*, 2, 43-49.
- Falasca, S., y Bernabé, A. (2009). El reemplazo del cultivo de *Jatropha curcas* en Argentina por *Pongamia pinnata*. XVI Congreso Brasileiro de Agrometeorología, Brasil. DOI: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/2274.pdf>
- Ferrari, E., y Wall, G. (2004). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 63-87. DOI: <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/189>
- Hartmann, H., y Kester, D. (1998). Pro-

- pagación de plantas: principios y prácticas. México: Continental.
- Kesari, V., Krishnamachari, A., y Rangan, L. (2009). Effect of auxins on adventitious rooting from stem cuttings of candidate plus tree *Pongamia pinnata* (L.), a potential biodiesel plant. *Springer*, 23(3), 597-604. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/226137906>
- Meher, C., Naik, N., y Das, M. (2004). Methanolysis of *Pongamia pinnata* (karanja) oil for production of biodiesel. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63, 913-918. DOI: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/5482/1/JSIR%2063%2811%29%20913-918.pdf>
- Mukta, N., y Sreevalli, Y. (2010). Propagation techniques, evaluation and improvement of the biodiesel plant, *Pongamia pinnata* (L.) Pierre—a review. *ELSEVIER*, 31(1), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.09.004>
- Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Ovando L., Enciso M., Ovelar R., y Villalba, N. (2006). Propagación vegetativa de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (lapacho negro), mediante esquejes de raíz. *Investigación Agraria*, 9 (1), 73-79. DOI: <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/91>
- Palanisamy, K., Ansari, S. A., Kumar, P., y Gupta, B. N. (1998). Adventitious rooting in shoot cuttings of *Azadirachta indica* and *Pongamia pinnata*. *New Forests*, 16(1), 81-88. DOI: https://www.researchgate.net/publication/251387619_Adventitious_rooting_in_shoot_cuttings_of_Azadirachta_indica_and_Pongamia_pinnata
- Rao, R., Shanker, K., Srinivas, I., Korwar, R., y Venkateswarlu, B. (2011). Diversity and variability in seed characters and growth of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre accessions. *Springer*, 25(4), 725-734. DOI: <https://core.ac.uk/download/pdf/288309082.pdf>
- Rout, S., y Nayak, S. (2015). Vegetative propagation of Karanja (*Pongamia pinnata* L. Pierre) through stem cuttings. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(2), 844-850. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v7i2.694>
- Sajid, I., Anwar, F., Shabir, G., Rasul, G., Alkharfy, M., y Gilani, H. (2012). Antioxidant, antimicrobial properties and phenolics of different solvent extracts from bark, leaves and seeds of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. *Molecules*, 17(4), 3917-3932. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules17043917>
- Salinas, F., Sepúlveda, L., y Sepúlveda, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 95-99. DOI: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pi34292014000200013&script=sci_arttext&tlng=en
- Sujatha, K., y Hazra, S. (2007). Micropropagation of mature *Pongamia pinnata* Pierre. In *Vitro Cell.Dev.*

- Biol.-Plant*, 43(6), 608-613. DOI: https://www.researchgate.net/publication/226299356_Micropropagation_of_mature_Pongamia_pinnata_Pierre
- Sugla, T., Purkayastha, J., Singh, K., Solleti, K., y Sahoo, L. (2007). Micropropagation of *Pongamia pinnata* through enhanced axillary branching. In *Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant*, 43(5), 409-414. DOI: https://www.academia.edu/6235418/Micropropagation_of_Pongamia_pinnata_through_enhanced_axillary_branching
- Solís, A., Jiménez, V., y Arias, J. (2015). Propagación asexual de azul de mata (*Justicia tinctoria* (Oerst.) DN Gibson, Fam. Acanthaceae) por medio de estacas. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 91-104. DOI: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pi-94242015000200091&script=sci_arttext
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos (Tesis de grado). Universidad de Cuenca, Ecuador. DOI: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>
- Wagh, P., Rai, M., Deshmukh, K., y Durate, T. (2007). Bio-activity of oils of *Trigonella foenum-graecum* and *Pongamia pinnata*. *African journal of Biotechnology*, 6(13), 1592-1596. DOI: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/57699>