EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AUXINAS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE *Jatropha curcas* L.

EVALUATION OF DIFFERENT CONCENTRATION OF AUXINS IN ROOTING OF *Jatropha curcas* L. CUTTINGS

Dardon-Zunun, J.D.[1]; Aguirre-Medina, J.F.[1*]; Iracheta-Donjuan, L.[2]; Solís-Guzmán, B.F.[1]; Mina-Briones, F.O.[1]

[1]Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660. Fax (964)6270439. Huehuetán, Chiapas, México. [2]Campo Experimental Rosario Izapa. INIFAP. Km 18.5 carretera Tapachula-Cacaohatán, 30780, Tuxtla Chico, Chiapas. México.

***Autor responsable**: juanf56@prodigy.net.mx

RESUMEN

Se evaluó la influencia de tres auxinas con diferentes concentraciones en el enraizamiento de estacas de piñón *Jatropha curcas* L. Se colectaron estacas con una longitud de 30±3 cm y un diámetro de 20±3 mm. Después de cortadas, se depositaron en recipientes con el corte hacia abajo donde permanecieron tres días. Antes de la siembra, se sumergieron en las auxinas durante 1 h y se sembraron en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad y posteriormente se aplicaron 66 ml de cada tratamiento por maceta. El sustrato fue mezcla de suelo y arena. Se tuvieron 13 tratamientos resultantes de cuatro concentraciones (10, 250, 500 y 1000 mg kg^{-1}) de ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenacético (ANA) y un testigo, distribuidos en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones. Se registró el número de raíces, peso seco de raíces y biomasa aérea, analizados estadísticamente considerando diferencias entre tratamientos (Tukey 5%). Los resultados indicaron que las auxinas promovieron el desarrollo radical y vegetal de *J. curcas* de forma diferencial de acuerdo a la concentración aplicada. El ANA promovió la mayor respuesta, mientras que AIB registró una intermedia y AIA fue la menor. La mayor biomasa aérea y radical se cuantificó con aplicación de ácido naftalenacético (ANA), y en cuanto a mayor incremento en estructuras y biomasa se registró con el ácido indolbutírico (AIB) y ácido indolacético (AIA) con la menor dosis aplicada respectivamente.

Palabras clave: Piñon, cerco vivo, biocombustible, reguladores del crecimiento.

ABSTRACT

The influence of three auxins with different concentrations in the rooting of *Jatropha curcas* L. pine nut cuttings was evaluated. Cuttings were collected with a length of 30±3 cm and a diameter of 20±3 mm. After the cut, they were placed in containers with the cut facing down, and they remained there for three days. Before planting, they were immersed in auxins for 1 h and planted in polyethylene bags of 5 kg capacity, and later 66 ml of each treatment were applied to each pot. The substrate was a mixture of soil and sand. There were 13 resulting treatments with four concentrations (10, 250, 500 and 1000 mg kg^{-1}) of indole-acetic acid (IAA), indole-butyric acid (IBA), naphthalene-acetic acid (NAA) and a control, distributed in a completely random design with eight repetitions. The number of roots, dry weight of radical and aerial biomass was recorded, and analyzed statistically considering differences between treatments (Tukey 5 %). The results indicated that auxins promoted the root and plant development of *J. curcas* in a differential manner, depending on the concentration applied. The NAA promoted the highest response, while IBA showed an intermediate response, and IAA was the lowest. The greatest aerial and radical biomass was quantified with the application of naphthalene-acetic acid (NAA), and in terms of greater increase in structures and biomass, it was seen with indole-butyric acid (IBA) and indole-acetic acid (IAA) with the lowest dose applied, respectively.

Keywords: Pine nut, live fence, biofuel, growth regulators.

INTRODUCCIÓN

El piñón *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) es una planta de origen americano que ha sido utilizada por diversas culturas en Mesoamérica. En la actualidad se ha incrementado el interés en su cultivo debido al alto contenido de aceite que puede aprovecharse para generar biodiesel y disminuir contaminación ambiental. El biodiesel se puede extraer de diversas oleaginosas; sin embargo, una especie utilizada desde tiempos prehispánicos es el piñón y en la actualidad es utilizado por los agricultores del sureste de México, como cercos vivos y en linderos de potreros. Es una planta de porte arbustivo, que se adapta fácilmente a distintos tipos de suelo y tolera sequía, especialmente a las condiciones del trópico y subtropico. La tendencia actual de utilización de ésta planta ha generado demanda de semillas para el establecimiento de plantaciones comerciales. Sin embargo, ésta planta en la región del Soconusco, en Chiapas, México, se siembra mediante varetas o estacas, que es la forma como se sustituye o complementan nuevas áreas en los cercos vivos. Bajo el contexto anterior, se estableció como premisa de investigación, determinar si las auxinas favorecen el enraizamiento de las estacas de piñón con el fin de lograr mayor desarrollo vegetal y rápido establecimiento en campo, en función del crecimiento radical y su efecto concomitante en el desarrollo del vástago a la siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Rosario Izapa (INIFAP). El tipo de clima es Am (F) (W) ig, (García, 1973), temperatura media máxima de 34 °C, mínima de 17 °C y 85% de humedad relativa. La precipitación total promedio varía de 3500 a 4000 mm de abril a octubre, y los suelos pertenecen al grupo andosol-mólico. El suelo se tamizó y agregó arena de río lavada en proporción 1:1 para llenar bolsas de plástico con 5 kg^{-1} de capacidad. Al sustrato final se le realizó análisis físico-químico, que resulto con textura de arena-migajonosa, cuyos contenidos de arena fue 82.76%, 6.24% de arcilla, y 11% de limo; pH de 5.51, 0.15% de nitrógeno, 6.0 mg kg^{-1} de fósforo, 11 mg kg^{-1} de potasio y 3.35% de materia orgánica.

Se recolectaron estacas de un cerco perimetral en la Localidad Nueva Granada, Tapachula, Chiapas a 291 m. La longitud aproximada fue de 30±3 cm y un diámetro de 20±3 mm, de la parte intermedia de la planta. A cada estaca, se les hizo un corte de 45° en la punta y fueron transportadas en posición vertical respetando la polaridad. Se mantuvieron en esta posición durante tres días antes de la siembra con el fin de que el corte de la punta se secara ("cicatrizar"). Como reguladores para el enraizamiento, se usó ácido naftalenacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB), y ácido indolacético (AIA) en concentraciones de 10 mg kg^{-1}, 250 mg kg^{-1}, 500 mg kg^{-1} y 1000 mg kg^{-1}. Las estacas se sometieron a inmersión por una hora en la solución de cada tratamiento antes de la siembra; y posterior a ella, se aplicaron 66 ml^{-1} de cada regulador. La combinación de los tres reguladores, cuatro concentraciones y un testigo absoluto, se obtuvieron 13 tratamientos, que fueron distribuidos completamente al azar con ocho repeticiones. Se midió el número de raíces, su peso seco y biomasa aérea. El muestreo fue cada 28 días partir del día 56 días después de la siembra (dds). Los resultados se analizaron con el programa (SAS) versión 9.0, con base a un análisis completamente al azar y las diferencias estadísticas mediante comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de raíces

Todos los tratamientos evaluados promovieron el desarrollo de raíces en las estacas de *J. curcas*, sin embargo, únicamente las aplicaciones de ácido naftalenacético a los 56 días en concentraciones de 250 mg kg^{-1} a 1000 mg kg^{-1} fueron superiores al testigo. El número de raíces se incrementó con el aumento de la concentración de la auxina y en general fue superior al ácido indolbutírico e indolacético (Figura 1). Resultados semejantes han sido reportados por Cadme *et al*. (2010) en estacas de sangre de grado (*Crotón lechleri* Muell) aplicando 1000 mg kg^{-1} de AIB y ANA; y por Ramos (2006) al evaluar el enraizamiento de *Chlorophora tictoria* (L) Gravd con 200 mg kg^{-1} de ANA.

El testigo indujo mayor número de raíces en comparación con AIB y AIA en las tres evaluaciones. Respuesta similar citan Cassol-Tagliani *et al*. (2010), donde el testigo de mini estacas de *J. curcas* registraron mayor porcentaje de enraizamiento en comparación con las concentraciones de 250 mg kg^{-1}, 500 mg kg^{-1} y 1000 mg kg^{-1} de AIB y Silva *et al*. (2007), reportan índices satisfactorios de enraizamento en estacas de *J. curcas* sin algún tratamiento.

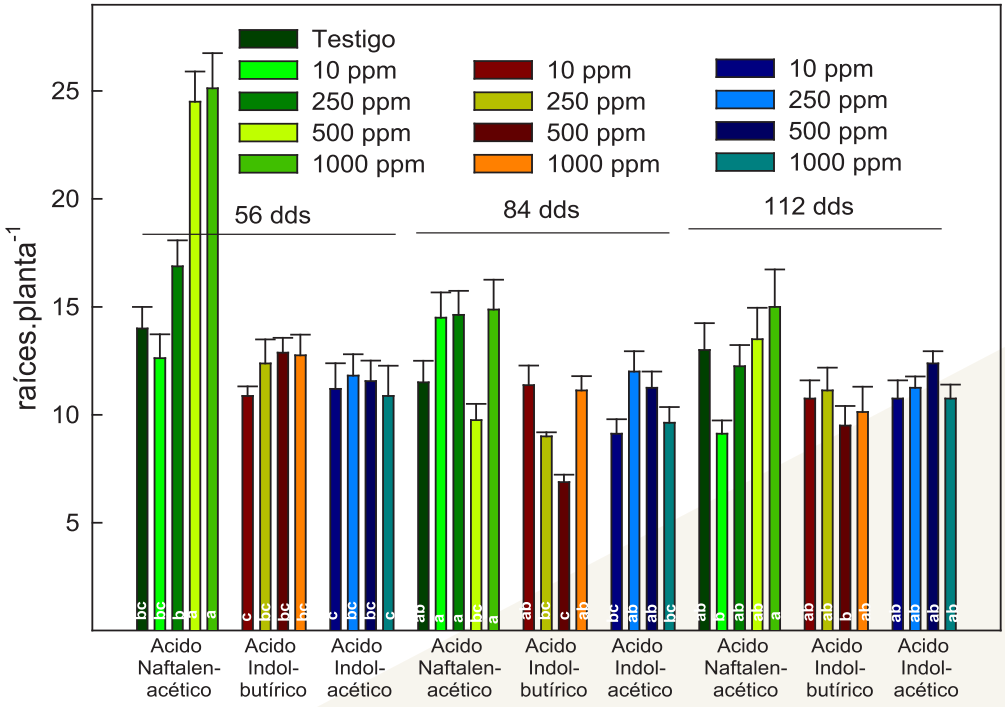

Figura 1. Número de raíces de *Jatropha curcas* a diferentes concentraciones de hormonas. Valores promedios de ocho repeticiones ± error estándar. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística Tukey ($p \leq 0.05$).

Las concentraciones aplicadas de ácido indolbutírico, indujeron respuesta semejante al ANA, pero con menor proporción de raíces y sin diferencia entre las concentraciones aplicadas en el primer periodo, mientras que en el segundo y tercer periodo de evaluación (84 y 112 dds), el número de raíces fue estadísticamente diferente al testigo ($p \leq 0.05$). Al respecto autores como Castrillón *et al.* (2008) señalan que la mejor respuesta de estacas de *Vaccinium meridionales* Swartz al enraizamiento, se obtuvo con la aplicación de AIB en 200 mg kg^{-1} aplicadas a la base; de igual forma, Hernández y Almeida (2010), recomiendan la utilización de AIB en 200 mg kg^{-1} en la producción de acodos en *Magnolia grandiflora*, sin embargo; Ramos (2006) cita incremento en la longitud de las raíces cuando aplicó AIB a 1000 mg kg^{-1} en *Chlorophora tictoria* (L) Gravd.

La respuesta de *J. curcas* a la aplicación de ácido indolacético no fue diferente al testigo durante ningún periodo de evaluación, y únicamente se registró el mayor número de raíces con las aplicaciones de 250 mg kg^{-1} y 500 mg kg^{-1}, mientras que 10 mg kg^{-1} y 1000 mg kg^{-1}, indujeron menor número de raíces. En *Pinus caribaeae* esta auxina incrementó el número de raíces (Copen y Torres, 1987). Las diferencias entre las concentraciones de auxinas y *J. curcas* presentan en general, efecto diferencial en el número de raíces. Bastos *et al.* (2004) señalan que la formación de sistema radical en las estacas de *J. curcas* L. está relacionada con factores externos al material colectado, época del año o especie. La disminución en el número de raíces en los periodos de 84 y 112 dds, es probable que se deba al reemplazo de las raíces pequeñas por las plantas.

Peso seco de sistema radical

El peso seco de las raíces de *J. curcas* con los diferentes tratamientos presentó diferencias estadísticas significativas a los 56 y 112 dds (Figura 2). La mayor biomasa radical se presentó con la aplicación de ANA en las diferentes concentraciones en comparación con AIB y AIA durante las tres evaluaciones. De 56 a 84 dds, la biomasa radical en todos los tratamientos presentó poco incremento, siendo el más importante a los 112 dds, atribuído lo anterior a que en tiempos iniciales, después de la emisión de raíces, la planta transporte mayor cantidad de fotosintatos a la parte aérea. A los 56 dds el incremento en la biomasa radical con la concentración de 500 ppm de ANA fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos ($p \leq 0.05$). En el muestreo realizado a los 84 dds, la biomasa radical se incrementó con 250 mg kg^{-1} de ANA, 1000 mg kg^{-1} de AIB y 250 mg kg^{-1} de AIA. Oliva y López (2005) evaluaron el efecto de cuatro dosis de ANA (0, 100, 200 y 300 mg kg^{-1}) y dos tiempos de inmersión (30 y 60 minutos) en *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh y citan mayor enraizamiento con 200 mg kg^{-1} y 30 minutos de inmersión.

La menor cantidad de materia seca radical se encontró con AIB a las concentraciones de 250 y 500 mg kg^{-1}, inclusive, menor que el testigo a los 84 y 112 dds y con el AIA la biomasa radical fue también inferior al testigo, con excepción de la concentración de 250 mg kg^{-1} a los 84 dds. A esta fecha se observó tendencia a mayor biomasa radical con las aplicaciones crecientes de ANA y cuando

las concentraciones fueron menores con AIA.

El ANA ha mostrado capacidad para inducir enraizamiento en diferentes cultivos en vivero, de especies forestales, frutales y ornamentales (Weaver, 1999; Hartman y Kester, 2001) y en condiciones *in vitro* de *J. curcas* (Mazariegos, 2011). El peso seco de la raíz de *J. curcas* fue alto con la concentración de 10 mg kg^{-1} de AIA y sin diferencias consistentes con las demás concentraciones. El ácido indolacético después de ser aplicado en su punto óptimo, propician un aumento en la capacidad de enraizamiento; las altas concentraciones inducen toxicidad, y al aumentar la dosis de auxina resulta en una disminución en el enraizamiento debido a los efectos tóxicos de sobredosis (Blazich 1988; Hartmann y Kester 1996; Mesén 1993), y en este aspeto, Castro *et al.* (2009) reportaron que la aplicación de bajas dosis de AIA tiene mayor efecto en la emisión de brotes en la caña de azúcar.

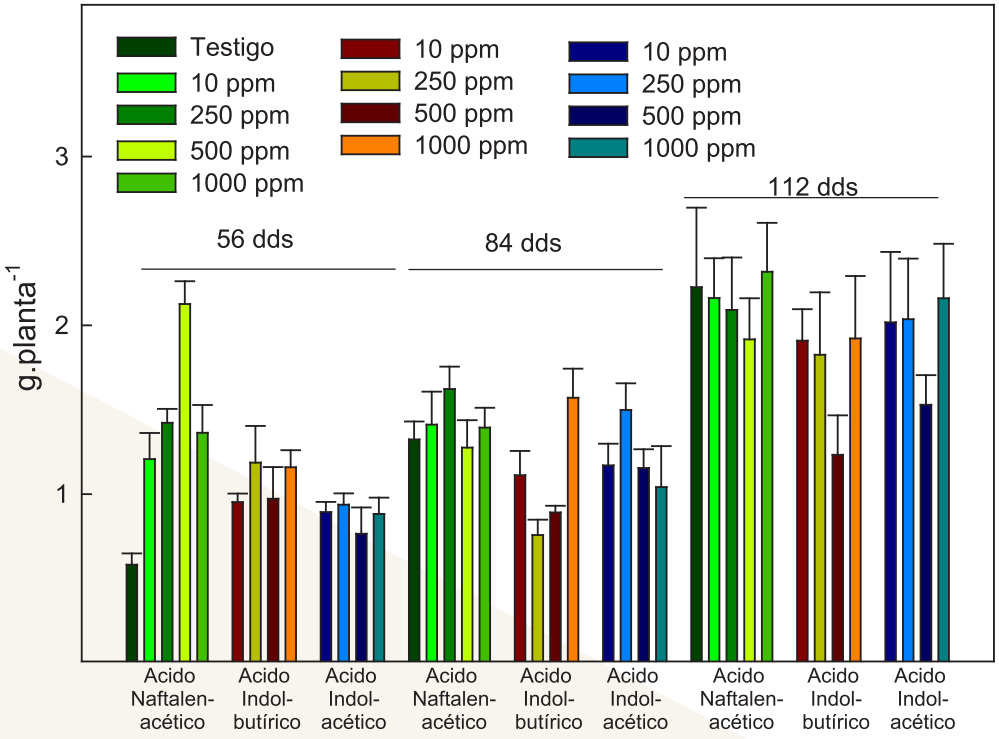

Figura 2. Biomasa radical de *Jatropha curcas* con la aplicación de diferentes concentraciones de hormonas. Valores promedios de ocho repeticiones por tratamiento en cada muestreo ± error estándar.

A los 112 dds la biomasa radical en los tratamientos con las auxinas no presentó variaciones relacionadas con las concentraciones aplicadas, más bien las diferencias se presentan por tipo de auxina aplicada, con excepción de la aplicación de 500 mg kg^{-1} en AIB y AIA donde se registró menor cantidad de materia seca radical. El AIB ha sido citado por Castillo y Hernández (2005) como promotor de biomasa fresca y seca, número y longitud total de raíces con la aplicación de 4000 mg g^{-1}.

La inducción en el crecimiento de las raíces parece estar relacionado con la posible edad cronológica de la estacas (Bastos *et al.*, 2004), aunque Silva *et al.* (2007) agregan que es probable que *J. curcas* tenga suficientes niveles de auxinas endógenas para promover su enraizamiento y no requiera de aplicación exógena. A este respecto, Enciso Garay y Castillo Echeverría (2010) al evaluar diferentes longitudes de estacas encontraron que la longitud de los brotes de la parte aérea y de la raíz es proporcional a la longitud de las estacas y recomiendan longitudes de entre 20 y 30 cm, sin embargo, en el presente estudio, las diferentes concentraciones de auxinas evaluadas no reflejaron relación con la biomasa radical acumulada en los tratamientos.

Varios autores se han referido a la utilización del ácido naftalenacético (ANA) y al ácido indolacético (AIA) para estimular el enraizamiento de esquejes de especies arbóreas (Oporto y García, 1998; Pollisco, 1998) y Hartmann y Kester (1980), citan que los ácidos indolbutírico (AIB) y naftalenacético (ANA) son los materiales químicos sintéticos más confiables para estimular la producción de raíces adventicias en las estacas.

Relación Raíz-Vástago

La relación raíz-vástago presentó la respuesta de mayor contrastante entre los tratamientos durante los primeros 56 dds (Figura 3). La diferencia en la acumulación de biomasa radical disminuyó conforme avanzó el tiempo de evaluación. En el periodo inicial los tratamientos con ANA reflejaron mayor biomasa en ambos órganos de la planta, sin embargo, al final de la evaluación, las diferencias fueron menores en relación al número de tratamientos que superaron al testigo, tanto en raíz como en

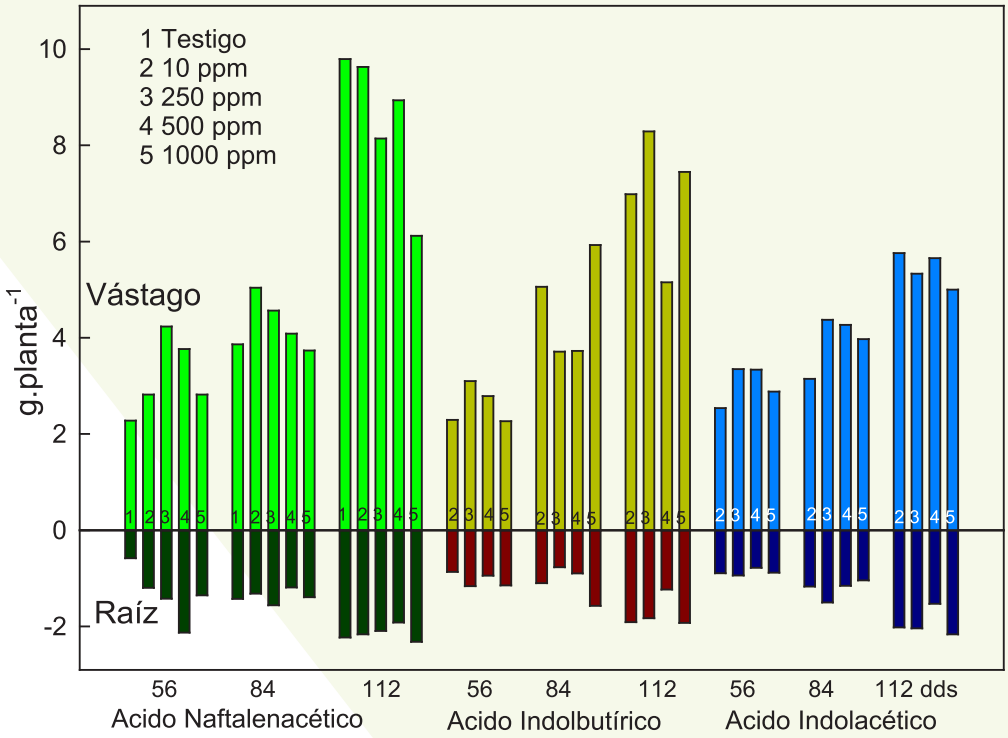

Figura 3. Relación vástago/raíz de *J. curcas* cuando se aplican diferentes concentraciones de hormonas. Los valores son promedios de cuatro repeticiones por tratamiento en cada muestreo.

vástago. El testigo y el tratamiento con 10 mg kg^{-1} de AIB presentaron menor cantidad de biomasa aérea.

A los 84 dds se registró mayor asignación de biomasa al vástago en los tratamientos con auxinas en comparación al testigo, sin embargo, a los 112 dds, la biomasa del vástago del testigo fue más alta. Lo anterior sugiere la capacidad de rebrote de *J. curcas* y la menor dependencia de la aplicación de auxinas sintéticas para enraizamiento. El efecto de las auxinas es casi igual en el testigo y las concentraciones de ANA a los 84 y 112 dds. En comparación con las otras auxinas, la longitud del sistema radical fue muy semejante a los 112 dds en comparación al testigo. A partir del segundo y tercer muestreo, se incrementó notablemente el sistema radical de las plantas testigo. La mayor o menor asignación de biomasa hacia algunos órganos de la planta, se relaciona con el crecimiento modular, del vástago y la raíz en *J. curcas*. Después del amplio desarrollo de un órgano en un periodo de tiempo, tiende a disminuir en el siguiente periodo, pero con incremento importante en otro órgano de la planta (Figura 4).

CONCLUSIONES

Las auxinas promueven el desarrollo radical y vegetal de *J. curcas* de forma diferencial de acuerdo a diferentes concentraciones aplicadas. El ANA promovió la mayor respuesta; el AIB una respuesta intermedia, y AIA la menor. La mayor cantidad de biomasa aérea y radical se registró con la aplicación del ácido naftalenacético (ANA), mientras que el mayor aumento en estructuras y biomasa se registró con la menor dosis aplicada de ácido indolbutírico (AIB) y ácido indolacético (AIA).

LITERATURA CITADA

Bastos D.C., Martins A.B.G., Scaloppi Júnior J., Sarzi I., Fatinansi J.C. 2004. Influencia do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 284-286.

Blazich F.A. 1988. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. *In*: T.D. Davis, B.E. Haissig and N. Sankhla (eds.). Adventitious Root Formation in Cuttings. B.E. Dioscorides Press, EE. UU. pp. 132-149.

Cadme A.L.M., Concepción S.F., Mestaza U.A., Rodríguez G.Y., Triana D.Y., Medina J.L., Villacreses D.C.A. 2010. Propagación vegetativa de *crotón lechleri* muell. arg. (Sangre de drago) con fines de conservación y manejo en el ecuador en VI Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales. Ecuador. pp 1-6.

Cassol Tagliani M., Zuffellato-Ribas K.C., Galvêas Laviola B. Wendling I. 2010. Uso d Ácido Indol Butírico na Miniestaquia de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). Congresso Brasileiro De Mamona, 4 & Simpósio Internacional De Oleaginosas Energéticas,

Figura 4. Proceso de enraizamiento de *Jatropha curcas*. A: Estacas en sustrato con tratamientos. B: Estacas con brotación foliar. C: Estaca enraizada. D-E: Estacas tratadas con ANA a 250 mg kg^{-1} y 1000 mg kg^{-1} y el testigo respectivamente.

1, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais. Campina grande: Embrapa Algodão, p. 294-298.

Castillo M., Him F., Hernández B.N. 2005. Efecto de la auxina AIB en la propagación de azahar de la india (*Morraya paniculata* L) por acodo aéreo. Bioagro. 17(2):123-126.

Castrillón C.J., Carvajal E., Ligarreto G., Stanislav M. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. Agronomía Colombiana. 26 (1):16-2.

Castro C.O., Merino G.C.F., Telles T.I.L., Solano P.C.M., Ocampo M.Y., Arnau G.T.M. y Valencia G.M. 2009. Estado nutrimental y crecimiento de vitroplantas de caña de azúcar en respuesta a reguladores de crecimiento. Terra latinoamericana. 27(3): 177-185.

Copen M., Torres R. 1987. Interacción entre algunos reguladores del crecimiento su influencia en el enraizamiento de acodos aéreos en *Pinus caribaeae* Mor. Acta científica Venezolana. 38(4):459-464.

Enciso Garay C.R., Castillo Echeverría F.M. 2010. Propagación vegetativa de *Jatropha curcas* L. por estacas. Investig. Agrar. 12(2): 69-73.

García E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática (adaptado a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 348-357.

Hartmann T., Kester E. 1980. Propagación de plantas, principios y prácticas. Rev. Continental. 20: 45-60.

Hartmann T., Kester E. 1996. Propagación de plantas: Principios y prácticas. Editorial Continental S.A. México. 814 p.

Hartmann H., Kester y D. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 8ª Reimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.

Hernández G.R., Almeida A.J. 2010. Ensayo para el enraizamiento de acodos aéreos de *magnolia grandiflora* L. (Magnoliaceae). En Universidades de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 34:129-131.

Mazariegos C.A. 2011. Evaluación de tres concentraciones de auxinas (ANA) y cinco de citocinas (BAP) en la propagación *in vitro* del piñon (*Jatropha curcas* L.) cultivar Cabo Verde. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala, C.A.,71 p.

Oliva C., López A. 2005. Efecto del ácido naftalenacético, en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, Camu Camu. Folia Amazónica, 14 (2): 43-49.

Oporto D.A., García M.U. 1998. Clonal propagation of dao: Saving and endangered timber species. Canopy International. 24:4.

Pollisco M.T. 1998. Propagating dipterocarp with nonmist system. Canopy International. 20:4

Silva S.D. dos A., Ávila T.T., Junior J.G.C., Loy F., Ávila D.T. 2007. 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.

Weaver R.J. 1999. Reguladores del crecimiento de plantas en la agricultura. Ed. Trillas. 622 p.