

Artículo Original

Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacas en el enraizamiento de copoazú en cámaras de subirrigación

[Indolebutyric effect of acid and type of rooting stakes in copoazú (*Theobroma grandiflorum*)]

Carlos Abanto-Rodríguez^{1*}; Pollyana Cardoso-Chagas²; Edvan Alves-Chagas²; Christian Paolo Rengifo-Pérez³; Wendy Mishell Pérez-Flores³; Elias Rosello-Tamani³; Leonidas Villacorta-Tuesta³ y Milena Jaymes-Vásquez⁴

¹Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, ²Universidad Federal de Roraima, ³Universidad Nacional de Ucayali, ⁴Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

*e-mail: cabanto@iiap.org.pe

Resumen

El trabajo fue realizado en el área de propagación vegetativa de la estación experimental del IIAP Pucallpa con el objetivo de determinar el efecto del Ácido Indolbutírico y tipo de estacas en el enraizamiento de *Theobroma grandiflorum*, en cámaras de subirrigación. El estudio se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 2A x 5B, con 3 repeticiones y 10 estacas por unidad experimental. El factor A fue constituido por dos niveles: estacas semileñosas (apicales) y estacas leñosas (medias) y el factor B por cinco dosis de AIB: 0 ppm, 1000ppm, 3000ppm, 6000 ppm y 9000 ppm respectivamente. El enraizamiento fue evaluado después de 90 días. Se observó que hubo interacción estadística significativa para las variables: porcentaje de enraizamiento, longitud y número de raíces. Para las variables porcentaje de callo y porcentaje de mortalidad se encontró efecto simple del tipo de estaca y dosis de AIB. En el proceso de enraizamiento los mejores resultados se encontraron en las estacas apicales combinado con las dosis de 6000 ppm y 9000 ppm de AIB, con 30,00% y 43,33% respectivamente, debido a las estacas juveniles en el proceso a la madurez tienen la capacidad de formar inhibidores del enraizamiento. Con base a los resultados se concluye que las estacas apicales en combinación con la dosis 9000 ppm de AIB afecta de manera altamente significativa en el proceso de enraizamiento de *Theobroma grandiflorum*.

Palabras clave: *Theobroma grandiflorum*, propagación vegetativa, estacas, ácido indolbutírico.

Abstract

The work was done in the area of vegetative propagation of the experimental station of IIAP Pucallpa in order to determine the effect of indole butyric acid and type of cuttings in the rooting of *Theobroma grandiflorum*, subirrigation on cameras. The study was performed using a completely randomized design (CRD), 2A x 5B factorial arrangement with 3 replications and 10 cuttings per experimental unit. The factor A was composed of two levels: semi-woody cuttings (apical) and hardwood cuttings (middle), and factor B for five doses of AIB: 0 ppm, 1000ppm, 3000ppm, 6000 ppm and 9000 ppm respectively. Rooting was evaluated after 90 days. It was observed that there was significant statistical interaction for the variables: rooting percentage, length and number of roots. For variables percentage of callus and percentage of mere mortality rate effect and dose stake AIB found. In the process of rooting the best results are found in the apical cuttings combined with doses of 6000 ppm and 9000 ppm of AIB, with 30.00% and 43.33% respectively, due to juvenile cuttings in the process to maturity have the ability to rooting inhibitors form. Based on the results it is concluded that apical stakes in combination with doses of 9000 ppm of AIB affects highly significantly the process of rooting of *Theobroma grandiflorum*.

Keywords: *Theobroma grandiflorum*, vegetative propagation, stakes, indole butyric acid

INTRODUCCIÓN

El Copoazú es un árbol tropical, que se encuentra distribuido en forma silvestre en la cuenca amazónica, en los países de Perú, Colombia, Ecuador y Brasil, su importancia radica económicamente en su fruto, de donde se extrae la pulpa, la cual es comercializada industrialmente; del mismo modo, la semilla sirve para la elaboración de copulátes; por tanto, la cascara se puede aprovechar como abono orgánico de cobertura en las plantaciones y otros cultivos (Azevedo *et al.*, 2003). El género *Theobroma* típicamente neotropical, contiene 22 especies, cultivados en regiones con temperaturas medias anuales superiores a 22°C, precipitaciones superiores a 1.500 mm, humedad relativa por encima del 75%, en suelos franco-arenosos, profundos y bien drenados con floración y fructificación entre los meses de abril-noviembre (Baudilli *et al.*, 2005). El Copoazú anteriormente perteneció a la familia ESTERCULIACEAE, pero después de una nueva identificación se clasificó a la especie dentro de la familia MALVACEAE (Alverson, 1999).

El cultivo está en proceso de domesticación, por lo que se está investigando un método de propagación vegetativa que permita avanzar significativamente en el proceso de mejoramiento genético (Donadio, 2000). La especie presenta ciertas dificultades para el enraizamiento debido a la presencia de tejidos lignificados típicos de una especie arbustiva (Hartmann & Kester, 1998), por eso la principal forma de obtención de plantas es aún por semillas lo que desalienta su cultivo, visto que la planta demora de 3,5 a 5 años para entrar a producir. Por otro lado, el método de propagación asexual permite la producción de plantas con lo cual garantiza la anticipación del periodo productivo y además asegura la manutención de las características deseables de la planta matriz en los descendientes, asegurando la formación de plantaciones homogéneas que facilitará su manejo. (Pinedo *et al.*, 2010; Giraldo *et al.*, 2009; Chagas *et al.*, 2012). En ese sentido varios investigadores han venido desarrollando diversos estudios con diferentes sustratos, tamaño de estacas, dosis de hormonas enraizantes y diferentes ambientes de enraizamiento.

Según Machado *et al.* (1994), la propagación de esta especie está compuesta principalmente por semillas, debido a la fácil y rápida producción de plántulas, por este motivo se redujo la investigación de su propagación vegetativa. De otro lado el copoazú responde al método de propagación vegetativa por injerto, utilizando porta injertos producidos por semillas, sin embargo, presenta dificultades técnicas y económicas por ser un proceso delicado y tardío (Gondim *et al.*, 2001). La propagación vegetativa por estacas en algunos casos debe ser inducido indispensablemente por hormonas sintéticas de enraizamiento. El AIB es una auxina que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento (Mesen, 1998). Sousa (2007) trabajando en el enraizamiento de copoazú, menciona que las estacas apicales y subapicales, presentan dificultades de enraizamiento en condiciones de cámaras de nebulización, además el enraizamiento y la formación de callos no fue favorecido por el uso de ácido indolbutírico en concentraciones de hasta 6000 mg kg⁻¹. Como se observa, se han obtenido resultados satisfactorios, pero aún no se ha logrado obtener incrementos significativos en la tasa de propagación y optimizar la producción a gran escala de plantas para ser establecidas en futuros cultivos con características agronómicas deseadas. En ese contexto el trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacas en el enraizamiento de copoazú en cámaras de subirrigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado durante cuatro meses (marzo a junio de 2015). El material vegetal se recolectó de plantas con características fenotípicas de alto rendimiento de frutos y elevado porcentaje de pulpa del fundo "Génesis", ubicado en el kilómetro 20 de la Carretera Federico Basadre, distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, situado a 8° 25' 38" de latitud sur y 74° 43' 0.7" de longitud oeste y a una altitud de 135 msnm. Las estacas fueron colectadas de ramas laterales de 1 m a 1,5 m de longitud de plantas de nueve años de edad

con tijeras de mano y telescópicas, luego se almacenó se acondicionó en cajas de polietileno expandido para ser transportadas al IIAP. Las estacas fueron procesadas a primeras horas del día en el área de propagación vegetativa de la estación experimental del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana – IIAP, ubicado en el Km. 12,4 de la Carretera Federico Basadre, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, situado a 8°22' 31" de latitud sur y 74° 34' 35" de longitud oeste y a una altitud de 154 msnm. Las estacas fueron obtenidas de la sección apical y media de las ramas, con una longitud de 12 cm y con una hoja cortada al 80% de su área foliar por ser hojas grandes, esto con la finalidad de lograr un balance entre la transpiración y la fotosíntesis.

El estudio se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 2A x 5B, con 3 repeticiones y 10 estacas por unidad experimental. El factor A (T.E) fue constituido por dos niveles: estacas semileñosas (apicales) y estacas leñosas (medias) y el factor B (D) con cinco dosis de AIB: 0 ppm, 1000ppm, 3000ppm, 6000 ppm y 9000 ppm. Las soluciones hormonales se prepararon con la disolución precisa de AIB químicamente puro, en alcohol a 96%, para obtener la concentración deseada. El AIB fue aplicado a la base de las estaquillas sumergiéndolo por 5 segundos. Se procedió a dejar que el alcohol se evapore en el ambiente durante 2 minutos. Las estaquillas fueron instaladas en posición vertical en cámaras de subirrigación basadas en el diseño de Howland (Longman, 1993).

Las estacas se instalaron a una distancia de 10 x 10 cm en hoyos de 3 cm de profundidad 5 mm de diámetro. Además, se incorporaron a la cámara de subirrigación y un termómetro para el sustrato y un termohigrómetro, para la verificación continua de la temperatura y humedad relativa. Las variables estudiadas fueron porcentaje de callos, porcentaje de mortalidad, número, porcentaje de enraizamiento y longitud de raíces (cm). Las tres últimas variables fueron transformadas en $\sqrt{x + 1}$ y sometidas a análisis de varianza y las

medias de los tratamientos fueron comparadas estadísticamente por la prueba de Tukey a 5% de significancia ($p \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2010).

RESULTADOS

Durante la conducción del experimento la temperatura promedio del sustrato fue de 28.7 °C, mientras que la temperatura interna y externa de la cámara de subirrigación tuvieron un promedio de 32,2 °C y 32,6 °C respectivamente, asimismo la humedad relativa promedió dentro de la cámara fue de 86,73 %.

El resumen del análisis de varianza evidencia interacción significativa para los factores tipo de estacas y dosis de AIB para las variables: porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces y efectos simples para el porcentaje de callos y porcentaje de mortalidad (Tabla 1). Los mejores resultados se encontraron en las estacas apicales combinado con las dosis de 6000 ppm y 9000 ppm de AIB, con 30,00% y 43,33% respectivamente. Por otro lado, las estacas apicales combinado con la dosis 0 ppm de AIB, y las estacas medias con las dosis de 0 ppm, 3000 ppm y 9000 ppm de AIB, obtuvieron 0% de enraizamiento, en relación al número de raíces se observa que el tipo de estaca apical combinada con dosis de 9000 ppm de AIB fue estadísticamente superior, con un promedio de 3,33 raíces/estaca (Tabla 2). Asimismo, las estacas apicales combinadas con las otras dosis de AIB y las estacas medias combinadas con todas las dosis no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Con respecto a la longitud de raíces (cm) (Tabla 2), se observa que las estacas apicales combinada con dosis de 3000 ppm, 6000 ppm y 9000 ppm fueron estadísticamente superiores con respecto a las otras dosis y estacas medias, con 3,23 cm, 2,42 cm y 8,79 cm respectivamente (Figura 1). En la estaca media la formación de callos (Tabla 3) fue superior estadísticamente con todas las dosis. Con respecto al porcentaje de mortalidad (Tabla 3), se observó que las estacas medias presentaron mayor porcentaje de mortalidad.

Tabla 1. Resumen del análisis de varianza del porcentaje de mortalidad, porcentaje de enraizamiento, porcentaje de callos, número y longitud de raíces (cm), en función al tipo de estaca y dosis de AIB, a los 90 días después del proceso de enraizamiento.

Factor de variación	GL	Cuadrados medios				
		% Mortalidad	% de Enraizamiento	% de Callos	Nº de Raíces	Long. De raíz (cm)
T.E.	1	7363,33*	35,54*	5,82ns	0,57*	2,48*
D	4	141,67ns	7,62*	2,81ns	0,25*	0,86ns
T.ExD	4	921,67ns	10,73*	3,43ns	0,38*	1,53*
error	20	366,67	0,57	4,88	0,06	0,37
CV (%)		34,82	27,88	39,44	20,12	42,7

* = Significativo; n.s = No significativo por la prueba de Tukey, respectivamente.

Tabla 2. Porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces (cm) por el efecto del tipo de estacas y dosis de AIB.

Dosis de AIB	% de Enraizamiento		Numero de raíces		Longitud de raíces (cm)	
			Tipo de estacas			
	Apical	Media	Apical	Media	Apical	Media
0ppm	0,00Ab	0,00Aa	0,00Ab	0,00Aa	0,00Ab	0,00Aa
1000ppm	6,67Ab	10,00Aa	0,00Ab	0,67Aa	0,00Ab	2,27Aa
3000ppm	10,00Ab	0,00Ba	0,66Ab	0,00Aa	3,23Aa	0,00Aa
6000ppm	30,00Aa	3,33Ba	1,33Ab	0,33Aa	2,42Aa	0,17Aa
9000ppm	43,33Aa	0,00Ba	3,33Aa	0,00Ba	8,79Aa	0,00Ba

En cada dosis de AIB (lineal), medias seguidas de por lo menos una letra mayúscula no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En cada tipo de estacas (columna), medias seguidas de por lo menos una letra minúscula no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Tabla 3. Prueba de Tukey para el porcentaje de mortalidad y callo por el efecto simple del tipo de estaca y dosis de AIB.

Tipo de estaca	% de Mortalidad	% de Callos	% de Enraizamiento
Apical	39,33 b	29,33 a	18,00 a
Media	70,67 a	40,00 a	2,67 b
Promedio	55	34,67	10,33
Dosis de AIB	% de Mortalidad	% de Callos	% de Enraizamiento
0	58,33 a	36,67 a	0,00 c
1000	50,00 a	43,33 a	10,00 b
3000	53,33 a	25,00 a	15,00 a
6000	61,67 a	28,33 a	5,00 b
9000	51,67 a	40,33 a	21,66 a
Promedio	55,00	34,73	10,33

En cada tipo de estaca y dosis de AIB (columna), medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula no difieren entre sí, por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)



Figura 1. Estas apicales enraizadas en concentración de 9000ppm de AIB

DISCUSIONES

En relación al porcentaje de enraizamiento los resultados son similares a los encontrados por Gondim *et al.* (2001), donde demostraron que las estacas apicales combinada con altas dosis de AIB presentaron resultados superiores. En ese sentido Hartmann & Kester (1995), afirman que la mayor capacidad de sobrevivencia y porcentaje de enraizamiento, están dadas utilizando estacas juveniles de la especie, porque en el proceso a la madurez tienen la capacidad de formar inhibidores del enraizamiento. También Tonietto *et al.* (2001); Soudre *et al.* (2008) y Mesen (1998) afirman que el AIB es uno de los reguladores de crecimiento más utilizados para la inducción de raíces y que el genotipo es uno de los factores que influyen en el enraizamiento, existiendo una grave variación entre especies, cultivos y clones, por consiguiente, algunas especies pueden requerir dosis mayores o menores de hormonas de enraizamiento. Las variables longitud y número de raíces del experimento realizado tienen relación con Gonzales & Centurión (2012), quienes refieren que estas variables en el enraizamiento de *Stevia rebaudiana* son eficaces, debido a la acumulación de sustancias estimuladoras. Este patrón de respuesta ha sido encontrado en gran cantidad de otras especies donde normalmente se da un aumento en la capacidad de enraizamiento al aumentar la dosis de auxina hasta alcanzar un óptimo, a partir del cual, cualquier aumento en dosis de auxina resulta por el contrario en una disminución en el enraizamiento debido a los efectos tóxicos de la sobredosis (Hartmann & Kester, 1995; Mesén, 1998).

En relación al porcentaje de callos se observa que la formación de callo fue superior a la tasa de enraizamiento lo que confirma que estos procesos son independientes en la mayoría de las plantas, siendo que la ocurrencia simultánea se debe a la dependencia de condiciones internas y ambientales similares, sin embargo, en algunas especies, la formación de callo puede ser precursora de la formación de raíces adventicias (Hartmann *et al.*, 2002). En ese sentido Mayer *et al.* (2006) trabajando con enraizamiento de estacas de 4 cultivares de uva, verificó que la presencia de callos en 3 de ellos, no estuvo directamente relacionada con la formación de raíces adventicias, puesto que ellas se originaron en los locales próximos a los callos de la base de las estacas, mas no directamente de ellos. En relación al porcentaje de mortalidad de las estacas Sousa (2007), menciona que es influenciada por diversos factores ambientales y fisiológicos, entre ellos está la madurez de los segmentos, los más desarrollados tienen bajo contenido de reservas y poseen mayores células lignificadas lo que se traduce en un menor porcentaje de enraizamiento y mayor porcentaje de mortalidad.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que este trabajo fue desarrollado, se puede concluir que las estacas apicales en combinación con la dosis 9000 ppm de AIB se comportó mejor en el proceso de enraizamiento de estacas de copoazú.

REFERENCIAS

- Azevedo A, Kopcak U, Mohamed R. 2003. Extraction of fat from fermented Cupuaçu seeds with super critical solvents. *The Journal of Supercritical Fluids* 27 (2): p 223-237.
- Alverson W, Whitlock B, Nyffeler R, Bayer C, Baum D. 1999. Filogenia del núcleo Malvales: evidencia de datos de secuencias ndhF. *American Journal of Botany*, 86 (10): 1474-1486.
- Baudilli J, Cumapa L, Lasser T. 2005. Revisión taxonómica del género *Theobroma* (STERCULIACEAE) en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28 (1), p 113-133.
- Chagas AE, Bacelar-Lima CG, Carvalho AS, Ribeiro GMI, Sakazaki TR & Neves CL. 2012. Propagação do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). *Revista Agro@ambiente*, 6:67-73.
- Donadio L. 2000. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Willd.) Berg). *Jaboticabal, FUNEP*. 55p.
- Ferreira D. 2010. SISVAR Versão 5.3. Lavras: UFLA.
- Gondim T, Thomazini M, Cavalcante M, Souza J. 2001. Aspectos da produção do cupuaçu. Rio Branco: Embrapa Acre. 43 p. (Embrapa Acre. Documentos; 67).
- Gonzales F, Centurión T. 2012. Enraizamiento de *Stevia* (*Stevia rebaudiana*) con cuatro tipos de estacas en dos tipos de sustratos. Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) - Universidad Nacional de Asunción (UNA). Filial Santa Rosa - Misiones. Paraguay.
- Giraldo AL, Ríos FH & Polanco FM. 2009. Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 0(1):41-47.
- Hartmann H, Kester D. 1995. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4ª ed. Continental. México. 760p.
- Hartmann H, Kester D, Davies F, Geneve R. 1997. Plant propagation. Principles and practices. 6th ed. New Jersey. Prentice Hall.
- Hartmann H & Kester D. 1998. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 6ª edición. México D. C., Compañía Editorial Continental. 760p.
- Hartmann H, Kester D, Davie F & Genever R. 2002. Plant Propagation: principles and practices. 7ª ed. New Jersey, Prentice Hall. 880p.
- Longman K. 1993. Rooting cutting of tropical trees. Commonwealth Science Council. London.
- Mayer SLJ, Biasi AL & Bona. 2006. Capacidade de enraizamiento de estacas de quatro cultivares de *Vitis* L. (Vitaceae) relacionada com os aspectos anatómicos. *Revista Acta Botânica Brasileira*, 20:563-568.
- Machado G, Coelho A, Leite R. 1994. Influência do tamanho das sementes de cupuaçu (*T. grandiflorum*) no fruto, sobre a produção de mudas. In: CONG. BRAS. FRUT., 13. Salvador. Resumos... Salvador: SBF, 2: 533-534.
- Mesen F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE, Proyecto PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica.
- Muller C, Reategui H, Gonzales J. 1995. A cultura do Copoacu. EMBRAPA-SPI. Brasília. 61 p.
- Pinedo PM, Delgado VC, Farroñay PR, Imán CS, Villacrés VJ, Faching ML, Oliva CC, Abanto RC, Bardales LR & Vega VR. 2010. Camu-Camu (*Myrciaria dubia*-Myrtaceae): Aportes para su Aprovechamiento Sostenible en la Amazonia Peruana. Iquitos, FINCyT. 130p.
- Soudre M, Mesen F, Del Castillo D, Guerra H. 2008. Memoria del curso internacional "Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas" IIAP, Pucallpa. Perú. 100 p.
- Sousa E. 2007. Enraizamiento de diferentes tipos de estacas de cupuaçuzeiro. Cruz das almas: universidade federal do recôncavo da bahia.
- Tonietto A, Fortes G, Silva J. 2001. Enraizamiento de miniestacas de ameixeira. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP*. 23(2): 373-376