

Efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de estacas de morera (*Morus alba* L.)

Effect of indolbutyric acid on the rooting of mulberry (*Morus alba* L.) cuttings

Pedro A. Moratinos López^{1,2*}, Emmy K. Flores Rodríguez³,
Daniel A. Perdomo Carrillo^{1,2}, Maribel del C. Ramírez
Villalobos⁴, Danny E. García Marrero^{5,6,7}, María G. Medina
Rivero^{1,8} y Katuska J. Castellanos⁹

¹Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR), Universidad de Los Andes (ULA), Trujillo, Venezuela. ²Grupo de Investigación en Producción Animal (GIPA), NURR-ULA, Trujillo, Venezuela. ³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Trujillo, Venezuela. ⁴Departamento de Botánica. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Zulia, Venezuela. ⁵Laboratorio de Fitoquímica, Departamento de Química Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC), Concepción, Biobío, Chile. ⁶Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables (CIBAS), UCSC, Concepción, Biobío, Chile. ⁷Investigador Asociado Área de Productos Químicos, Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT), Universidad de Concepción, Concepción, Biobío, Chile. ⁸Doctorado en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. ⁹Egresada del NURR-ULA. Correo electrónico: moratinosp13@gmail.com.

Resumen

La morera (*Morus alba* L.) constituye un forraje de excelente calidad nutricional para rumiantes y monogástricos. Con el objetivo de promover su uso en los sistemas de producción animal se evaluó el efecto del ácido indolbutírico (AIB) (0, 1000 y 2000 mg.kg⁻¹), sobre el enraizamiento de estacas de morera variedad Criolla con diferente tamaño (30 y 40 cm) y diámetro (1-2 y 2,5-3,5 cm). Al final del experimento se evaluó: porcentaje de estacas enraizadas, altura de planta, número de hojas, número y longitud de raíces. Se determinó una estrecha correlación entre el desarrollo de la parte aérea de la planta con el proceso de enraizamiento y calidad de las raíces obtenidas (número y longitud). Los mejores

Recibido el 06-02-2017 • Aceptado el 24-07-2019

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: moratinosp13@gmail.com.

resultados, mayor enraizamiento, se obtuvieron cuando se aplicó 2000 mg.kg⁻¹ de AIB a las estacas de 30 cm de longitud y de mayor diámetro. Se deben considerar estos parámetros para intensificar la multiplicación de la morera.

Palabras clave: número de hojas, auxina, *Morus alba*.

Abstract

The mulberry (*Morus alba* L.) is an excellent forage nutritional quality for ruminants and monogastric animals. With the aim of promoting their use in animal production systems was evaluated the effect of indolbutyric acid (AIB) (0, 1000 and 2000 mg.kg⁻¹), size (30 and 40 cm) and diameter (1-2 and 2.5-3.5 cm) of the cutting on the rooting of the mulberry variety Criolla, through the percentage of rooting, plant height, number of leaves, number and length of roots. It was found a close correlation between the development of the aerial part of the plant with the process of rooting and quality of the roots obtained (number and length). The best results, greater rooting was obtained when applied 2000 mg.kg⁻¹ of AIB to the cuttings of 30 cm of length and larger diameter. These parameters should be considered to enhance the multiplication of the mulberry.

Keywords: number of leaves, auxin, *Morus alba*.

Introducción

Resultados alcanzados con el uso de follaje de morera (*Morus alba* L.) como forraje en ganado cunícola, porcino, ovino, bovino y vacuno invitan a maximizar el aprovechamiento de esta especie multipropósito para mejorar los índices productivos en los sistemas de producción animal venezolanos (Martín *et al.*, 2014).

Sin embargo, según Borges *et al.* (2016), la generación de tecnologías que hagan más eficiente el proceso de propagación de esta especie ha sido baja, limitando las posibilidades de recomendar su disseminación entre productores. Por esto, el empleo de auxinas que estimulan el enraizamiento al promover la iniciación de las raíces, incrementando

su número y reduciendo el tiempo del proceso particularmente en especies que muestran una pobre formación de raíces adventicias sin estimulación externa (Hartmann *et al.*, 2011), constituye una alternativa viable para conseguir este cometido.

Con el objetivo de promover la utilización de la morera variedad Criolla en sistemas silvopastoriles y mejorar su multiplicación, se evaluó el efecto de la concentración de ácido indolbutírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de diferente tamaño y diámetro.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el sector El Jagüito, municipio Andrés Bello, estado Trujillo, Venezuela, enmarcado en una zona ecológica de

bosque seco tropical. En bolsas de polietileno negro de 1 kg con sustrato de tierra negra, estiércol de bovino lavado y arena, en proporción 6:3:1, se sembraron verticalmente 540 estacas semileñosas, subapicales, con al menos tres nudos y con hojas de morera de la variedad Criolla, de 120 días de edad. El experimento se realizó entre los meses de enero y marzo de 2016. Las estacas se mantuvieron bajo malla que ofrecía 60% de sombra y 28°C. El riego manual se hizo diario. Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con arreglo factorial de 3 dosis de AIB (0, 1000 y 2000 mg.kg⁻¹) x 2 tamaños (30 y 40 cm) x 2 diámetros (1-2 y 2,5-3,5 cm) de estacas, con seis réplicas por tratamiento, cada uno con cinco estacas. El AIB se aplicó en pasta, la cual se preparó con petrolato puro sin olor. A la octava semana, se realizaron las mediciones de las variables: porcentaje de estacas enraizadas (PEE), altura de la planta (AP) (desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical), número de hojas (NH) y de raíces (NR), y longitud de las raíces (LR), en cinco plantas por tratamiento identificadas como unidad de muestreo. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) ver. 24 para Windows® mediante la opción GLM y empleando para la comparación de medias la prueba de Tukey a $p < 0,05$. Los datos de PEE fueron transformados numéricamente según $\arcseno \sqrt{x}/100$ para la realización del ANOVA.

Resultados y discusión

El cuadro 1 muestra el efecto de los factores independientes: dosis de AIB, tamaño y diámetro de la estaca para las variables PEE y AP, al no observarse interacciones significativas entre ellos. De los tres factores de estudio, solo la aplicación de la auxina AIB implicó un incremento del PEE o cantidad de estacas que emitieron raíces adventicias, presentándose diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de las dosis de 1000 y 2000 mg.kg⁻¹ de AIB con respecto al testigo. Estos resultados son similares a los valores obtenidos por Singh *et al.* (2014) quienes alcanzaron 96,67% de estacas enraizadas de morera empleando 2000 mg.kg⁻¹ de AIB.

Adicionalmente, la mayor AP se presentó cuando se aplicó 2000 mg.kg⁻¹ de AIB, se utilizaron las estacas de menor longitud, o bien, las de mayor diámetro (cuadro 1), aunque resultó ser inferior a la reportada por Medina *et al.* (2007) de 47,0 cm a las ocho semanas. Esta respuesta se asoció a la particularidad de la morera de contener gran proporción de carbohidratos solubles, hormonas reguladoras y triterpenoides a nivel de tallo, compuestos éstos relacionados con el metabolismo del crecimiento que le confieren a la planta gran fortaleza y vigorosidad (García *et al.*, 2005).

En relación al número de hojas (NH), el resultado fue significativamente superior ($p < 0,05$) en estacas de 30 cm de longitud y de 1-2 cm de diámetro, tratadas con 2000 mg.kg⁻¹ de AIB. Para diámetros

Cuadro 1. Efecto de la concentración de AIB, del tamaño y diámetro de la estaca sobre el porcentaje de estacas enraizadas y altura de la planta de *Morus alba* variedad Criolla.

Factores	Niveles	Porcentaje de estacas enraizadas (%)	Altura de la planta (cm)
Concentración AIB (mg.kg ⁻¹)	0	87,80b	30,28b
	1000	96,19a	30,47b
	2000	99,07a	36,87a
EE±		3,38*	2,17*
Tamaño de la estaca (cm)	30	95,53	38,04a
	40	97,19	31,46b
EE±		0,83NS	3,29*
Diámetro de la estaca (cm)	1-2	96,65	30,59b
	2,5-3,5	97,11	38,33a
EE±		0,23NS	3,87*

a, b: Medias con letras distintas entre filas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

*Significativo ($p < 0,05$). NS: no significativo. EE: error estándar. AIB: ácido indolbutírico.

mayores y en estacas de igual longitud, no existen diferencias significativas entre las dosis de 1000 y 2000 mg.kg⁻¹. Para estacas de 40 cm de longitud y diámetros mayores, el resultado significativo indico un requerimiento de 2000 mg.kg⁻¹ de AIB (cuadro 2). Para el NR, los resultados más satisfactorios se lograron cuando a las estacas se les aplicó 2000 mg.kg⁻¹ de AIB, independientemente del diámetro y del tamaño de la misma (cuadro 3), lo que remarcó la tendencia favorable de emplear la auxina a este nivel específico de concentración. Husen *et al.* (2015) alcanzaron en estacas de

morera valores de NR iguales a 8,62 y 10,62 para aplicaciones de 2000 y 3000 mg.L⁻¹ de AIB, respectivamente, siendo inferiores a las obtenidas en el presente trabajo.

En relación a la LR los mayores valores se encontraron en las estacas de menor tamaño, el diámetro no influyó en la LR en ambas longitudes de estaca (figura 1). La aplicación de la auxina AIB también afectó significativamente ($p < 0,05$) el crecimiento de las raíces formadas o LR, aunque sin diferencias entre las dosis evaluadas (figura 2). Para el crecimiento de las raíces, en general se requieren

Cuadro 2. Efecto de la interacción de la concentración de AIB con el tamaño y el diámetro de la estaca sobre el número de hojas, durante el enraizamiento de *Morus alba* variedad Criolla.

Diámetro de la estaca (cm)	AIB (mg.kg ⁻¹)	Número de hojas	
		Tamaño de la estaca (cm)	
		30	40
1-2	0	6,98b	8,94b
	1000	7,61b	7,84b
	2000	11,15a	9,85b
2,5-3,5	0	8,00b	6,85b
	1000	11,99a	7,20b
	2000	11,82a	12,45a

EE± 0,63; AIB: Ácido indolbutírico. a, b: Medias con letras distintas presentan diferencias significativas (p<0,05).

Cuadro 3. Efecto de la interacción de la concentración de AIB con el tamaño y el diámetro de la estaca sobre número de raíces de *Morus alba* variedad Criolla.

Diámetro de la estaca (cm)	AIB (mg.kg ⁻¹)	Número de raíces	
		Tamaño de la estaca (cm)	
		30	40
1-2	0	6,19b	5,50b
	1000	8,55b	11,93b
	2000	16,95a	16,47a
2,5-3,5	0	9,54b	8,67b
	1000	10,47b	9,25b
	2000	18,20a	17,96a

EE± 0,93; AIB: Ácido indolbutírico. a, b: Medias con letras distintas presentan diferencias significativas (p<0,05).

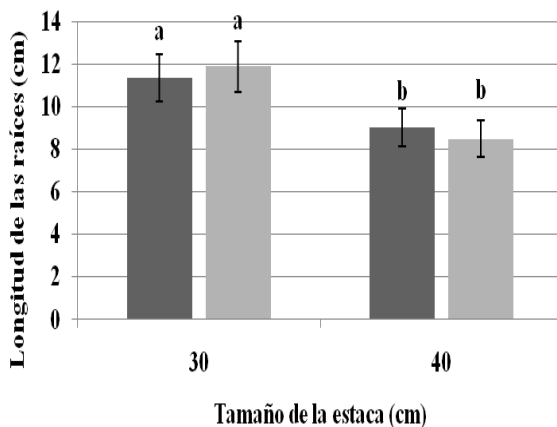


Figura 1. Efecto de la interacción del tamaño con el diámetro de la estaca en la longitud de las raíces de *Morus alba* variedad Criolla. a, b: Medias con letras distintas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

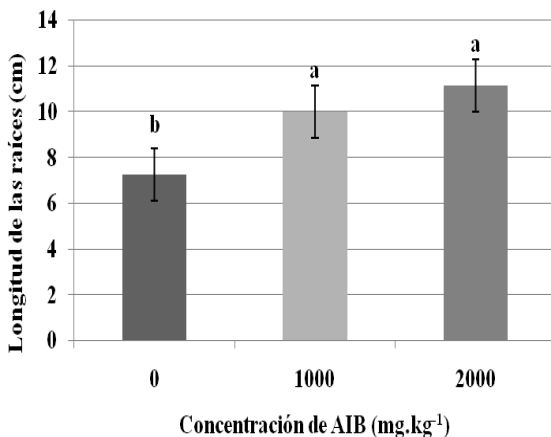


Figura 2. Efecto de la concentración de AIB en la longitud de las raíces de *Morus alba* variedad Criolla. a, b: Medias con letras distintas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

bajas concentraciones auxínicas (dependiendo de la especie y la edad de la planta), debido a que las células de los meristemos radicales contienen un nivel de auxinas, provenientes de la parte aérea, suficientes para una elongación normal; no así para la formación de raíces adventicias, en donde se requieren mayores concentraciones (Salisbury, 2000), esta pudiera ser la razón por la cual el mayor número de raíces se obtuvo con la aplicación de 2000 mg.kg⁻¹ de AIB independientemente del diámetro y tamaño de estaca (cuadro 3), mientras que la mayor longitud radical se logró a partir de la concentración de 1000 mg.kg⁻¹ de AIB (figura 2).

En el cuadro 4 se observa que la correlación lineal de Pearson entre las variables estudiadas resultó altamente significativa ($p < 0,01$) y positiva, exceptuando la correlación

existente entre PEE con AP y NR que se mostró significativa ($p < 0,05$) y positiva. En las estacas que presentaron mayor PEE hubo mayor AP, NH, NR y LR. Igualmente, a mayor AP el resultado fue mayor para el NH, NR y LR. La misma tendencia presentaron las variables NR y LR con el NH, ya que al incrementarse el NR la LR también lo hizo. Al respecto varios autores (Moratinos *et al.*, 2008; Hartmann *et al.*, 2011; Borges *et al.*, 2016) han enfatizado la relación existente entre el desarrollo de la parte aérea de la planta y la formación del sistema radical. Esto puede significar que la producción de nuevas hojas en el esqueje sea garantía de los carbohidratos, auxinas y cofactores que se trasladarán a la base de la estaca, estimulando el proceso de enraizamiento y calidad de las raíces, tanto en número como en longitud.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación lineal de Pearson para las variables estudiadas durante el enraizamiento de estacas de *Morus alba* variedad Criolla.

Indicadores	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Número de raíces	Longitud de las raíces (cm)
Porcentaje de estacas enraizadas	0,435*	0,675*	0,841**	0,560**
Altura de la planta (cm)		0,537**	0,659**	0,572**
Número de hojas			0,704**	0,726**
Número de raíces				0,791**

**Altamente significativo ($p < 0,01$); *Significativo ($p < 0,05$).

Conclusiones

El enraizamiento de estacas de la especie forrajera *Morus alba* variedad Criolla, resultó satisfactoria con la utilización de la auxina ácido indolbutírico en una proporción de 2000 mg.kg⁻¹, para estacas de una longitud mínima de 30 cm y diámetro entre 2,5-3,5 cm. Este resultado favorece su incorporación en sistemas silvopastoriles.

Literatura citada

- Borges, J., M. León, E. Marturet y M. Barrios. 2016. Fitoestimulación en estacas de morera (*Morus alba* L.) mediante extractos vegetales. *Bioagro* 28(3): 215-219.
- García, D. E., M. G. Medina y F. Ojeda. 2005. Carbohidratos solubles en cuatro variedades de morera (*Morus alba* Linn.). *Pastos y Forrajes* 28(3): 233-239.
- Hartmann, H., D. Kester, F. Davis y R. Geneve. 2010. *Plant Propagation: principles and practices*. 8th. ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 915 p.
- Husen, A., M. Iqbal, S. Siddiqui, S. Sohrab and G. Masresha. 2015. Effect of Indole-3-Butyric Acid on clonal propagation of mulberry (*Morus alba* L.) stem cuttings: rooting and associated biochemical changes. *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.* doi: 10.1007/s40011-015-0597-7.
- Martín, G., Y. Noda, Y. Arias, G. Pentón, M. Prieto, J. Brunet y L. Castañeda. 2014. Evaluación de la capacidad de reproducción vegetativa de variedades de morera (*Morus alba* L.). *Pastos y Forrajes* 37(2): 151-157.
- Medina, M. G., D. E. García, T. Clavero, J. M. Iglesias y J. G. López. 2007. Evaluación inicial de la morera (*Morus alba* L.) en condiciones de vivero. *Zootecnia Tropical* 25(1): 43-49.
- Moratinos, P., E. Flores, Á. Gómez y M. Ramírez. 2008. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 25(3): 405-420.
- Salisbury, F. y C. Ross. 2000. *Fisiología de las plantas*. Primera Edición. Editorial Paraninfo-Thomson Learning. 988 p.
- Singh, K., T. Choudhary and A. Kumar. 2014. Effect of various concentrations of IBA and NAA on the rooting of stem cuttings of mulberry (*Morus Alba* L.) under mist house condition in Garhwal Hill region. *Indian Journal of Hill Farming* 27(1): 125-131.