

## Nota Técnica:

### Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.)

## Technical Note:

### Rooting on acerola (*Malpighia glabra* L. and *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.) stakes

P. Moratinos<sup>1</sup>, E. Flores<sup>1</sup>, Á. Gómez<sup>2</sup> y M. Ramírez-Villalobos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, <sup>2</sup>Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia. Venezuela.

## Resumen

Con la finalidad de mejorar el enraizamiento en estacas de semeruco se evaluó el efecto del ácido indolbutírico (AIB) a 0, 2500, 5000, 7500 y 10000 mg.kg<sup>-1</sup> en las especies *Malpighia glabra* y *M. emarginata*. Después de nueve semanas se encontró que sólo el efecto de la especie expresó diferencias ( $P < 0,05$ ) sobre el porcentaje de estacas vivas (PEV), brotadas (PEB), número de brotes (NB) y longitud del brote (LB). *M. glabra* presentó el máximo PEV (74%), PEB (59,32%), NB (2,96) y LB (1,94 cm). En las estacas con mayor PEB hubo mayor porcentaje de estacas enraizadas (PEE), NB, PEV, LB, número de raíces (NR) y longitud de raíz más larga (LR). Igualmente, a mayor NB fueron mayores PEE, LB, NR y LR. Se concluye que la formación de brotes en la estaca fue un factor imprescindible para el enraizamiento del semeruco, no siendo necesaria la aplicación de AIB.

**Palabras clave:** estacas, semeruco, enraizamiento, ácido indolbutírico, *Malpighia* spp.

## Abstract

In order to improve rooting in acerola stakes, the effect of indole butyric acid (IBA), at 0, 2500, 5000, 7500 and 10000 mg.kg<sup>-1</sup> was evaluated in the species *Malpighia glabra* and *M. emarginata*. Nine weeks later, the species effect showed significant differences ( $P < 0.05$ ) for percentage of live stakes (PLC), percentage of budded stakes (PBC), shoots number (SN) and shoot length (SL). *M. glabra*

showed the maximum PLC (74%), PBC (59.32%), SN (2.96) and SL (1.94 cm). In stakes with higher PBC there was greater percentage of rooted stakes (PRC), SN, PLC, SL; roots number (RN) and length of longest root (LLR). In the same way, when the SN was high the PRC, SL, RN and LLR were also higher. We conclude that the formation of shoots in the cutting is an important factor for the rooting in acerola and that the IBA application is not necessary.

**Key words:** stakes, acerola, rooting, indole butyric acid, *Malpighia* spp.

## Introducción

La fruticultura venezolana ha estado fundamentalmente asociada a la producción de los renglones tradicionales: cambures, plátanos, naranjas y mango. Sin embargo, existe un número de frutales menores como semeruco, guanábano, merey, níspero, entre otros, sobre los cuales la información es limitada y cuya demanda es alta en los mercados internacionales (Avilán y Soto, 2000). Expertos del Centro Internacional de Comercio (ITC, UNCTAD/GATT Génova) señalan que el semeruco tiene un mercado internacional potencial debido a las cualidades nutritivas, antioxidantes y múltiples usos de su fruta (Barbeau, 1994).

El semeruco (*Malpighia* spp.) es un arbusto oriundo del norte de Sur América y América central. En Venezuela existen dos especies *M. glabra* y *M. emarginata*, siendo la primera la más cultivada en América (Hoyos, 1994). *M. glabra* posee hojas de ápice agudo o acuminado, distribuidas a lo largo de las ramas, comúnmente con pecíolos de 5 a 12 mm de largo y frutos lisos. *M. emarginata* con hojas obtusas, redondeadas, emarginadas en el ápice, aglomeradas en cortos nudos y comúnmente con pedúnculos menores a 5 mm de largo y frutos con 4 a 9 lóbulos (Hoyos, 1994). Informes citados

## Introduction

Fruit growing in Venezuela has been especially associated to the traditional crops production: bananas, plantains, oranges and mango. However, there is a fruit trees number like acerola, soursop, cashew, medlar, among others, on which information is limited and they have a high demand in the international markets (Avilán and Soto, 2000). Experts of Centro Internacional de Comercio (ITC, UNCTAD/GATT Genova) express that acerola has a potential international market because the nutritive, antioxidant qualities and multiple uses of its fruit (Barbeau, 1994).

Acerola (*Malpighia* spp.) is a shrub comes from the north of South America and Central America. In Venezuela there are two species *M. glabra* and *M. emarginata*, being the first one the more cultivated in America (Hoyos, 1994). *M. glabra* have leaves of acute apex or acuminate, distributed along branches, commonly with periods of 5 to 12 mm long and flat fruits. *M. emarginata* with obtuse leaves, rounded, emarginated in apex, agglomerate in shorts nudos and commonly with peduncle inferior to 5 mm long and fruits with 4 to 9 lobules (Hoyos, 1994). Reports cited by Avilán

por Avilán *et al.* (1992) indican rendimientos entre 15 a 23 kg por planta.

La producción de semeruco se realiza en Brasil, Puerto Rico, Estados Unidos, Surinam, Guyana, Barbados y otras islas del Caribe (Avilán *et al.*, 1992; Barbeau, 1994). En Venezuela, este frutal es una especie silvestre en la zona norte, especialmente hacia el oriente y el occidente (Guadarrama, 1984), con pocas y pequeñas plantaciones comerciales establecidas sin criterio de selección, con plantas obtenidas mediante semillas, exhibiendo una gran variabilidad genética (Laskoswki y Bautista, 1999).

Los frutos tienen gran importancia debido al alto contenido de ácido ascórbico o vitamina C en la madurez (Laguado *et al.*, 2001), son utilizados altamente a nivel industrial (Hoyos, 1994). Se calcula que de 100 g de frutos se obtienen de 1000 a 4000 mg de ácido ascórbico (Guadarrama, 1984, Laguado *et al.*, 2001), valores que reflejan que posee diez veces más ácido ascórbico que las naranjas, las guayabas y el merey. Una fruta contiene suficiente vitamina C para suplir las necesidades diarias de una persona adulta (Hoyos, 1994).

La propagación de la planta se puede realizar mediante semillas, estacas, acodos e injertos (Hoyos, 1994), aunque las semillas muestran bajo porcentaje de germinación (12%) (Laskoswki y Bautista, 2000). La propagación vegetativa por estaca parece ser la más conveniente para asegurar las características del cultivar, aunque los porcentajes de enraizamiento no siempre son altos (Avilán *et al.*, 1992).

*et al.* (1992) shows yields between 15 to 23 kg by plant.

Acerola production in accomplished in Brazil, Puerto Rico, United States, Surinam, Guyana, Barbados and other Caribbean islands (Avilán *et al.*, 1992; Barbeau, 1994). In Venezuela, this fruit tree is wild specie in the north region, especially toward orient and the occident (Guadarrama, 1984), with few and little commercial plantations established without selection criterion, and with plants obtained through seeds, exhibiting a high genetic variability (Laskoswki and Bautista, 1999).

Fruits have a lot of importance due to the high content of ascorbic acid or vitamin C in maturity (Laguado *et al.*, 2001), are used at industrial level (Hoyos, 1994). It is estimated that from 100 g of fruits, 1000 to 4000 mg of ascorbic acid are obtained (Guadarrama, 1984, Laguado *et al.*, 2001); these values shows that this fruit have 10 times more ascorbic acid than oranges, guavas and cashew. One fruit contains enough vitamin C for supplying daily requirements of an adult person (Hoyos, 1994).

Plant propagation is can be made by seeds, stakes, layers and grafting (Hoyos, 1994), although seeds shown little germination percentage (12%) (Laskoswki and Bautista, 2000). The vegetative propagation by cutting can look the more convenient for securing the cultivar characteristics, although the rooting percentages not always are high (Avilán *et al.*, 1992).

For guarantee a good cutting rooting, growth regulators type auxin

Para garantizar un buen enraizamiento de las estacas se utilizan particularmente reguladores de crecimiento tipo auxina, que favorece la emisión de raíces. También son importantes para la estaca la presencia de cierto número de cofactores, así como de reservas de carbohidratos del tallo y de las hojas (Hartmann y Kester, 2000). La velocidad y proporción de enraizamiento varía con la especie, siendo las estacas de las plantas leñosas, a la cual pertenece el semeruco, las de difícil enraizamiento (Laskowski y Bautista, 1999).

Arbustos de semeruco obtenidos por propagación vegetativa son productivos en el primer año y con rendimientos satisfactorios (Barbeu, 1994) mientras que los provenientes de semilla lo hacen a los tres años (Avilán *et al.*, 1992). En este sentido, se requieren esfuerzos para la propagación clonal de plantas selectas de semeruco a nivel nacional (Avilán y Soto, 2000). Al respecto existen algunos antecedentes de éxito utilizando estacas de tallo (Ferreira y Martins, 1996; Martins y Ferreira, 1996; Pires *et al.*, 1996; Laskowski y Bautista, 1999; Gontijo *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2005a,b). Tomando en cuenta lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la concentración de ácido indolbutírico en el enraizamiento de estacas de las especies de *M. glabra* y *M. emarginata*.

## Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el propagador del Vivero Universitario, Facultad de Agronomía, Univer-

is particularly used, that favors the root emission. Also, presence of certain number of co-factors is important for cutting, likewise, the reserve of stems carbohydrates and leaves (Hartmann and Kester, 2000). Rooting speed and proportion varies according to the specie, being the stakes of woody plants, those of acerola, of difficult rooting (Laskowski and Bautista, 1999).

Acerola shrubs obtained by vegetative propagation are productive in the first year and with satisfactory yields (Barbeu, 1994) whereas those coming from seed will do at three years old (Avilán *et al.*, 1992). In this sense, efforts are required for the clonal propagation of plants selected from acerola at national level (Avilán and Soto, 2000). There are previous successful studies by using stem stakes (Ferreira and Martins, 1996; Martins and Ferreira, 1996; Pires *et al.*, 1996; Laskowski and Bautista, 1999; Gontijo *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2005a,b). Taking this into account, this research had as purpose the effect of concentration of indole butyric acid in the cutting rooting of *M. glabra* y *M. emarginata* species.

## Materials and methods

This research was carried out in the University Greenhouse, Agronomy Faculty, Universidad del Zulia, which is located in a life region of very dry tropical forest, with main temperatures of 28°C, mean rainfall of 500 mm.año<sup>-1</sup>, relative moisture of 76% and solar radiation of 1101.72 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (Ewel and Madriz, 1976).

The vegetal material was

sidad del Zulia, el cual está en una zona de vida de bosque muy seco tropical, con temperaturas promedio de 28°C, precipitación promedio de 500 mm.año<sup>-1</sup>, humedad relativa promedio de 76% y radiación solar de 1101,72 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (Ewel y Madriz, 1976).

El material vegetal se recolectó de plantas de *M. emarginata* y *M. glabra* ubicadas en el Centro Frutícola del Estado Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA) localizado en el Municipio Mara del Estado Zulia. Se seleccionaron plantas sanas y sin ningún tipo de estrés visible. La recolección de las estacas, se llevó a cabo durante las primeras horas de la mañana y se mantuvieron en cámara húmeda hasta el momento de su preparación, de manera de evitar déficit hídrico en las mismas. La cámara húmeda consistió en colocar varias estacas, de las recolectadas, en bolsas plásticas grandes. Después se rociaron con un poco de agua y se amarró la bolsa con el objeto de aumentar la humedad relativa.

Se prepararon estacas de tallo, semiduras, con tres pares de hojas, de 15 cm de largo, 5 mm de diámetro, y que no presentaran ni flores ni frutos. Antes de la siembra a las estacas se les impregnó aproximadamente 2 cm de su base, previamente humedecida, con el regulador de crecimiento AIB (polvo) a concentraciones de 0, 2500, 5000, 7500 y 10000 mg.kg<sup>-1</sup>, luego se eliminó el exceso del regulador, excepto a los testigos a los que no se les aplicó el tratamiento de AIB. Las estacas se sembraron en vasos desechables de 300 cm<sup>3</sup> conteniendo un sustrato constituido por abono de

collected from *M. emarginata* and *M. glabra* plants belonging to the Centro Frutícola del Estado Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA) located in Mara municipality, Zulia state. Healthy plants and without any type of visible stress were selected. Cutting selection was accomplished during the first hours in morning and they were maintained in moisture chamber until the moment of its preparation, for avoiding the water deficit. The moisture chamber consisted in placing several stakes, those collected, in big plastic bags. After, these bags were sprinkled out with a little of water and bag was lied for increasing the relative humidity.

Stem stakes were prepared, semi-hard, with three pairs of leaves, of 15 cm long, 5 mm diameter, and without showing flowers or fruits. Before sowing, stakes were impregnated approximately with 2 cm of its base, previously moisturized with the growth regulator IBA (powder) at concentrations of 0, 2500, 5000, 7500 and 10000 mg.kg<sup>-1</sup>, after, the excess of regulator was eliminated, except to the control to which IBA treatment was applied. Cutting were sowed in disposable glasses of 300 cm<sup>3</sup> by having a substrate formed by river manure (vegetal organic matter decomposed dragged by fluvial currents and placed in the edges) (Ramirez *et al.*, 2004): grind coconut fiber: earthworm humus in proportion 4:1:1. Substrate was irrigated at field capacity. After that, stakes were sprinkled with Captan® (Carboximídico 3%) (2 g.L<sup>-1</sup>); a transparent plastic bag was placed for creating a moisture chamber, which

río (materia orgánica vegetal descompuesta arrastrada por corrientes fluviales y depositada en las orillas) (Ramírez *et al.*, 2004): concha de coco molida: humus de lombriz en proporción 4:1:1. El sustrato se regó a capacidad de campo. Después las estacas se asperjaron con Captan® (Carboximídico 3%) (2 g.L<sup>-1</sup>), se colocó una bolsa plástica transparente para crear una cámara húmeda, la cual consistió en colocar dos alambres en forma de arco en el recipiente para evitar el contacto de las hojas con la bolsa. La pérdida de humedad se evitó atando la bolsa al recipiente, asegurando de esta manera una humedad relativa cerca del 100%.

Se estableció un arreglo factorial 2 x 5 (dos especies de semeruco y cinco concentraciones de AIB) en un diseño experimental totalmente al azar, con una unidad experimental de 5 estacas y 6 repeticiones para un total de 30 estacas por cada tratamiento y 300 estacas en el experimento. Los tratamientos se obtuvieron de la combinación de los factores de estudio: especie de semeruco y concentración de AIB para un total de diez. A las nueve semanas se midieron las variables: porcentaje de estacas enraizadas (PEE), de estacas vivas (PEV), el número de raíces (NR) y la longitud de la raíz más larga (LR). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de estacas brotadas (PEB), el número de brotes (NB) y la longitud del brote más largo (LB), con el fin de realizar correlaciones entre todas estas variables.

Los datos obtenidos se procesaron con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS,

consisted in placing two wires in arch way on the recipient for avoiding the contact of leaves with the bag. The moisture lost was avoided by using a lie the bag to the recipient, securing relative moisture close to 100%.

A factorial arrangement 2 x 5 (two species of acerola and five concentrations of IBA) was established in an experimental totally random design, with a experimental unit of 5 stakes and 6 replications for a total of 30 stakes by each treatment and 300 stakes in the experiment. Treatments were obtained from the combination of study factors: acerola specie and IBA concentration for a total of ten. Variables were measured at nine weeks: percentage of rooting stakes (PRC), of live stakes (PLC), the roots numbers (RN) and the length of longer root (LLR). Additionally, the percentage of shoot stakes was determined (PBC), the shoot number (BN) and the length of longer shoot (LLS), with the purpose of making correlations among all the variables.

Data obtained were processed with the statistical program SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 1987) and the analysis of variance were used for evaluating the effect of IBA concentration and the acerola specie on the studied variables. In this research the coefficient of lineal correlation of Pearson was used for determining the correlation between the variables. The variables LLR, RN, LLS and SN were changed with the logarithm of the average of these variables and PLC, PRC and PBC were changed with the arcsine equation (P)<sup>1/2</sup>, for adjust them the normality.

1987) y se utilizó el Análisis de Varianza para evaluar el efecto de la concentración de AIB y la especie de semeruco sobre las variables estudiadas. En este estudio se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson para determinar la correlación entre las variables. Las variables LR, NR, LB y NB se transformaron con el logaritmo de la media de dichas variables y PEV, PEE y PEB se transformaron con la ecuación arcoseno  $(P)^{1/2}$ , para ajustarla a la normalidad.

## Resultados y discusión

Los porcentajes de estacas enraizadas logrados en *M. emarginata* y *M. glabra* fueron 45,05% y 52,27%, respectivamente. El análisis de varianza no detectó efectos significativos ( $P>0,05$ ) de la especie sobre dicha variable (cuadro 1). Los porcentajes obtenidos en ambas especies se asemejan a los indicados en varias investigaciones de *Malpighia* (Ferreira y Martins, 1996; Martins y Fereira, 1996; Pires *et al.*, 1996; Gontijo *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2005a,b). En *M. glabra* Pires *et al.* (1996) obtuvieron 66% y 48% de enraizamiento de estacas en las selecciones COOPAMA-1 y MIRÓ, respectivamente. Otros estudios con la misma especie señalan 53,27, 63,33 y 48% de enraizamiento en estacas de madera suave al tratarlas con AIB a 100 mg.L<sup>-1</sup> (Ferreira y Martins, 1996), 200 mg.L<sup>-1</sup> (Martins y Fereira, 1996) y 750 mg.kg<sup>-1</sup> (Rivero *et al.*, 2005b), respectivamente. El trabajo de Gontijo *et al.* (2003) señaló un 50% de enraizamiento, 100 días después de la siembra, en estacas con dos pares

## Results and discussion

Rooting cutting percentages in *M. emarginata* and *M. glabra* were 45.05% and 52.27%, respectively. The analysis of variance did not detected significant effects ( $P>0.05$ ) of the specie on this variable (table 1). Percentages obtained in both species are similar to those indicated in several researches of *Malpighia* (Ferreira and Martins, 1996; Martins and Fereira, 1996; Pires *et al.*, 1996; Gontijo *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2005a,b). In *M. glabra* Pires *et al.* (1996) obtained 66% and 48% of cutting rooting in the selections COOPAMA-1 and MIRÓ, respectively. Other studies with the same specie shows 53.27, 63.33 and 48% of rooting in soft wood cutting when treated with IBA at 100 mg.L<sup>-1</sup> (Ferreira and Martins, 1996), 200 mg.L<sup>-1</sup> (Martins and Fereira, 1996) and 750 mg.kg<sup>-1</sup> (Rivero *et al.*, 2005b), respectively. The work of Gontijo *et al.* (2003) said that a 50% of rooting, 100 days after sowing, in stakes with two pairs of leaves collected from the medium portion of the branch, and immersed in 2800 mg.L<sup>-1</sup> of IBA. In relation to *M. emarginata*, a 47.5% of rooting in green wood stakes with three pairs of leaves treated with 5000 mg.kg<sup>-1</sup> of IBA, at 56 days (Rivero *et al.*, 2005a).

In this research the PRC obtained corresponded to the ninth week (63 days) after the cutting establishment. It is important to detach those stakes that do not have rooted until that moment they were collected in moisture chambers with irrigation at field capacity. After four weeks, the

**Cuadro 1. Medias y grado de significancia de las variables porcentaje de estacas enraizadas (PEE), vivas (PEV) y brotadas (PEB), número de brotes por estaca (NB), longitud del brote más largo (LB), número de raíces por estaca (NR) y longitud de la raíz más larga LR) para *Malpighia emarginata* y *M. glabra*, después de 9 semanas de establecidas.**

**Table 1. Means and significance degree of percentage of rooting stakes (PRC), lives (PLC) and budded (PBC), shoots number by cutting (SN), length of longer shoot (SL), roots number by cutting (RN) and longer root length (LLR) for *Malpighia emarginata* and *M. glabra*, after 9 weeks established.**

Variable	Especie de semeruco	
	<i>Malpighia emarginata</i>	<i>Malpighia glabra</i>
PEE	45,05 <sup>a</sup>	52,27 <sup>a</sup>
PEV	51,33 <sup>a</sup>	74,00 <sup>b</sup>
PEB	48,00 <sup>a</sup>	59,32 <sup>b</sup>
NB	2,02 <sup>b</sup>	2,96 <sup>a</sup>
LB (cm)	0,81 <sup>b</sup>	1,94 <sup>a</sup>
NR	2,67 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>
LR (cm)	6,22 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>

Medias con letras diferentes en la misma hilera difieren significativamente ( $P < 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de diferencias mínimas significativas.

de hojas recolectadas de la porción media de la rama, y sumergidas en 2800 mg.L<sup>-1</sup> de AIB. En cuanto a *M. emarginata* se ha indicado 47,5% de enraizamiento en estacas de madera verde con tres pares de hojas tratadas con 5000 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB, a los 56 días (Rivero *et al.*, 2005a).

En esta investigación los PEE obtenidos correspondieron a la novena semana (63 días) después del establecimiento de las estacas. Es importante resaltar que las estacas que no habían enraizado para ese momento se sembraron en las cámaras húmedas con un riego a capacidad de campo. Después de cuatro semanas se

roots formation was observed in the most of stakes because it would be convenient proportion a lot of time in the substrate, with a previous irrigation, to those stakes that do not have rooted for those achieve the process, like the times of 100 and 79 days used by Gontijo *et al.* (2003) and Vargas *et al.* (1999), respectively. On the other hand, rooting obtained in *Malpighia* spp. is related to the low morphogenetic capacity of cells that participates in this process (Hartmann and Kester, 2000). On this respect, it has to be determined that adventitious roots of *M. emarginata* are originated from radial

observó la formación de raíces en la mayoría de las estacas por lo que sería conveniente proporcionar mayor tiempo en el sustrato, con un riego previo, a aquellas estacas que no hayan enraizado para que éstas logren alcanzar el proceso, tal como los tiempos de 100 y 79 días empleados por Gontijo *et al.*, (2003) y Vargas *et al.*, (1999), respectivamente. Por otra parte, el enraizamiento obtenido en *Malpighia* spp. se relaciona a la baja capacidad morfológica de las células que participan en este proceso (Hartmann y Kester, 2000). Al respecto se ha determinado que las raíces adventicias de *M. emarginata* se originan a partir de células parenquimáticas radiales asociadas al cambium vascular (Laskowski y Bautista, 1999; Rivero *et al.*, 2005a).

El efecto de la especie de *Malpighia* mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) sobre PEV, PEB, NB y LB (cuadro 1), siendo estas variables mayores en *M. glabra* (PEV 74%, PEB 59,32%, 2,96 brotes y 1,94 cm) en comparación con *M. emarginata* (PEV 51,33%, PEB 48%, 2,02 brotes y 0,81 cm). En cuanto a la concentración de AIB y la interacción entre la especie, ambos efectos no resultaron significativos ( $P > 0,05$ ) para ninguna de las variables de estudio, lo que evidenció que no determinaron el enraizamiento del semeruco.

Las diferencias en el PEV entre las dos especies denotaron que las estacas de *M. emarginata* requieren de algunas condiciones de manejo especiales (planta madre, técnica de enraizamiento, sustrato y condiciones ambientales) (Hartmann y Kester; 2000, Ramírez *et al.*, 2004) para man-

parenchymatic cells related to the vascular cambium (Laskowski and Bautista, 1999; Rivero *et al.*, 2005a).

The effect of *Malpighia* specie showed significant differences ( $P < 0.05$ ) on PLC, PBC, SN and LLS (table 1), being these variables higher in *M. glabra* (PLC 74%, PBC 59.32%, 2.96 shoots and 1.94 cm) in comparison with *M. emarginata* (PLC 51.33%, PBC 48%, 2.02 shoots and 0.81 cm). In relation to the IBA concentration and the interaction between the specie, both effects did not result significant ( $P > 0.05$ ) for any of the study variables, which showed that they not determined the acerola rooting.

Differences in PLC between the two species of *M. emarginata* requires of several conditions of special management (mother plant, rotting technique, substrate and environmental conditions) (Hartmann and Kester; 2000, Ramírez *et al.*, 2004) for keeping them alive and after rooting. In the forest specie *Gmelina arborea* 54.9 and 53.2% of stakes with shooting in apical stakes and intermediate, respectively (García *et al.*, 2005), values that correspond with those reached in this study. Differences in SN and LLS were attributed to the genetic condition (Hartmann and Kester, 2000).

The roots number obtained in acerola (0.89-3.02 roots) is located above those found in other researches of *M. glabra* (Ferreira and Martins, 1996; Rivero *et al.*, 2005b) and *M. emarginata* (Rivero *et al.*, 2005a) who reported 2.5, 0.80 and 1.65 roots per cutting, respectively. In contrast, the

tenerse vivas y enraizar. En la especie forestal *Gmelina arborea* se han reportado 54,9 y 53,2 % de estacas con brotación en estacas apicales e intermedias, respectivamente (García *et al.*, 2005), valores que se corresponden con los alcanzados en este estudio. NB y LB las diferencias se atribuyó a la condición genética (Hartmann y Kester, 2000).

El número de raíces obtenido en semeruco (0,89-3,02 raíces) se ubica por encima de los encontrados en otras investigaciones de *M. glabra* (Ferreira y Martins, 1996; Rivero *et al.*, 2005b) y *M. emarginata* (Rivero *et al.*, 2005a) que señalaron 2,5, 0,80 y 1,65 raíces por estaca, respectivamente. En contraposición los NR logrados en este estudio fueron superados ampliamente por los conseguidos por Martins y Ferreira (1996), quienes obtuvieron un promedio de 13 raíces por estacas utilizando 200 mg.L<sup>-1</sup> de AIB en *M. glabra*. Estas diferencias se asocian a las técnicas de enraizamiento empleadas (concentración, sustrato, entre otras)

El número de raíces producidas por estacas pudo deberse a la cantidad de auxina endógena en la zona de regeneración, dado que en la mayoría de las plantas existe una correlación entre las auxinas endógenas y la respuesta de enraizamiento. La liberación y la translocación de la auxina endógena en la estaca son un requerimiento para la iniciación de las raíces adventicias en tallos y para la división de las primeras células iniciadoras de la raíz (Vargas *et al.*, 1999; Hartmann y Kester, 2000; Ramírez *et al.*, 2004). Otro aspecto importante es la sensibilidad del tejido u órgano a las auxinas

RN achieved in this research were widely surpassed by Martins and Ferreira (1996), who obtained an average of 13 roots by stakes using 200 mg.L<sup>-1</sup> of IBA in *M. glabra*. These differences are related to the rooting techniques used (concentration, substrate, among others)

Number of produced roots by stakes could be caused by the quantity of endogenous auxin in the regeneration area, because in the most of plants there is a correlation between the endogenous auxin and the rooting answer. Liberation and transformation of the endogenous auxin in the cutting is a requirement for the initiation of adventitious roots in stems and for the division of the first beginning cells of roots (Vargas *et al.*, 1999; Hartmann and Kester, 2000; Ramirez *et al.*, 2004). Another important aspect is the sensibility of tissue or the organ to the auxin that could vary with age and environmental conditions, among them, those that probably accomplished a superior role: concentration of hormonal receptors, the effectively of the union receptor-hormone and the event chain that happen with a subsequent union, from which depends the final answer. For several authors, the hormonal response is only conditioned by sensibility, although, the more extended opinion is that the variation of concentration and sensitivity in front to the auxin are important in the hormonal action (Acosta *et al.*, 2000; Ramirez *et al.*, 2004).

Even though significant effects were not observed in the IBA concentration on all the studied va-

que puede variar con la edad y las condiciones ambientales, entre estos, los que probablemente desempeñen un papel mayor, se encuentran: la concentración de los receptores hormonales, la efectividad de la unión receptor-hormona y la cadena de acontecimientos que se sucede con posterioridad a dicha unión, de la que depende la respuesta final. Para algunos autores la respuesta hormonal está condicionada únicamente por la sensibilidad, aunque, la opinión más extendida es que tanto la variación de la concentración como la sensibilidad frente a las auxinas son importantes en la acción hormonal (Acosta *et al.*, 2000; Ramírez *et al.*, 2004).

Aún cuando no se observaron efectos significativos de la concentración de AIB sobre todas las variables de estudio, se encontró que la concentración de 2500 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB mostró los máximos valores en PEE (57,61%), PEB (63,35%), NB (3,47), NR (3,02) y LR (8,44), exceptuando PEV y LB. Estos resultados sugirieron que la aplicación de auxina tipo AIB no sea necesaria, o bien, que el requerimiento de auxina sea muy bajo por lo que deberían considerarse otros tipos de auxinas o concentraciones de AIB menores a 2500 mg.kg<sup>-1</sup> y otras técnicas de enraizamiento como el lesionado, sustratos y mezclas. Por su parte, Gontijo *et al.*, (2003), quienes trabajaron con *M. glabra* concluyeron que la concentración de 2800 mg.L<sup>-1</sup> de AIB promovió mayor cantidad de materia seca de raíces, número de raíces y longitud de la raíz, lo cual coincidió con lo reportado en esta investigación.

En otros experimentos se han

riables, the concentration of 2500 mg.kg<sup>-1</sup> de IBA showed the maximum values in PRC (57.61%), PBC (63.35%), SN (3.47), RN (3.02) and LLR (8.44), except for PLC and LLS. These results suggest that application of auxin type IBA not be necessary, or, that the auxin requirement would be very low, so, it have to be considered other types of auxin or IBA concentrations inferior to 2500 mg.kg<sup>-1</sup> and other rooting techniques, the lesionado, substrates and mixing. Gontijo *et al.* (2003), who worked with *M. glabra* concluded that concentration of 2800 mg.L<sup>-1</sup> of IBA promoted a high quantity of roots dry matter, roots number, and root length, which agree with those reported in this research.

In other experiments similar PRC to those found in this paper have been obtained by applying IBA at 2800 mg.L<sup>-1</sup> (Gontijo *et al.*, 2003), 200 mg.L<sup>-1</sup> (Martins and Fereira, 1996) and 100 mg.L<sup>-1</sup> (Fereira and Martins, 1996). These studies support the use of little IBA concentrations and not of high concentrations like those used in other species of hard rooting (Vargas *et al.*, 1999; Ramirez *et al.*, 2004) for obtaining good results. Also, the use of little auxin concentrations would reduce the production costs to the sales man by the concept of growth regulator, with a price located from moderately high to very high

The lineal correlation of Pearson between the studied variables was significant (P<0.05) and positive, except for the correlation existent between PLC with SN, RN and LLR. In stakes that showed high PBC was a superior PRC (r=0.8502), SN

obtenido PEE semejantes a los obtenidos en este trabajo aplicando AIB a 2800 mg.L<sup>-1</sup> (Gontijo *et al.*, 2003), 200 mg.L<sup>-1</sup> (Martins y Fereira, 1996) y 100 mg.L<sup>-1</sup> (Fereira y Martins, 1996). Estos estudios apoyan el uso de bajas concentraciones de AIB en semeruco y no de altas concentraciones como las empleadas en otras especies de difícil enraizamiento (Vargas *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2004) para obtener buenos resultados. Además, el empleo de bajas concentraciones de auxinas reducirían los costos de producción al viverista por el concepto de regulador de crecimiento, cuyo precio se ubica de moderadamente alto a muy alto.

La correlación lineal de Pearson entre las variables estudiadas fue significativa ( $P < 0,05$ ) y positiva, exceptuando la correlación existente entre PEV con NB, NR y LR. En las estacas que presentaron mayor PEB hubo mayor PEE ( $r = 0,850$ ), NB ( $r = 0,687$ ), PEV ( $r = 0,530$ ), LB ( $r = 0,724$ ), NR ( $r = 0,353$ ) y LR ( $r = 0,633$ ). Igualmente, a mayor NB fueron mayores el PEE ( $r = 0,599$ ), la LB ( $r = 0,690$ ), el NR ( $r = 0,703$ ) y la LR ( $r = 0,726$ ). Las correlaciones anteriores fueron altas ( $r \geq 0,65$ ) para PEB con PEE, NB y LB, y NB con LB, NR y LR, medias ( $r \geq 0,50, < 0,65$ ) para PEB con PEV y LR, y NB con PEE, y bajas ( $r < 0,50$ ) para PEB con NR.

El porcentaje de estacas enraizadas se correlacionó alta y positivamente con el porcentaje de estacas brotadas, la longitud del brote y la longitud de la raíz. Al respecto varios autores han enfatizado la relación existente entre la formación de la parte aérea de la planta y el desarrollo de las raíces. De allí que, la for-

( $r = 0,877$ ), PLC ( $r = 0,5309$ ), LLS ( $r = 0,7249$ ), RN ( $r = 0,3536$ ) and LLR ( $r = 0,6330$ ). In the same way, when SN was superior, PRC ( $r = 0,5998$ ), LLS ( $r = 0,6909$ ), RN ( $r = 0,7033$ ) and LLR ( $r = 0,7266$ ) were also superior. Previous correlations were high ( $r \geq 0,65$ ) for PBC with PRC, SN and LLS, and SN with LLS, RN and LLR, averages ( $r \geq 0,50, < 0,65$ ) for PBC with PLC and LLR, and SN with PRC, and lower ( $r < 0,50$ ) for PBC with RN.

The percentage of rooted stakes was highly and positively correlated with the percentage of shooted stakes, edge length and root length. ON this respect, several authors have studied the relationship between the formation of the aerial part of the plant and the root development. From that, the formation of new leaves and the buds shooting in cutting because the new leaves and the shooted buds represents carbohydrates sources, auxin and co-factors that contributes to increase its rooting, due to these compounds after moved to the base of cutting for stimulating process (Lampert *et al.*, 1999; Hartmann and Kester, 2000, Ramirez *et al.*, 2004; Felzener *et al.*, 2007).

The correlations detected between the studied variables agreed with other researches establishing that the leaves emission favored the survival and the cutting rooting of *Platanus acerifolia* (Lampert *et al.*, 1999). In the same way, there was analogy with one research on avocado (*Persea americana*) that concludes that the percentage and rooting speed of the stem stakes were correlated with the leaves number retained in cutting, and that the rooting capacity

mación de nuevas hojas y la brotación de yemas en la estaca sea muy importante dado que las hojas nuevas y las yemas brotadas representan fuentes de carbohidratos, auxinas y cofactores que contribuyen a incrementar su enraizamiento, debido a que estos compuestos posteriormente son translocados a la base de la estaca estimulando el proceso (Lampert *et al.*, 1999; Hartmann y Kester, 2000, Ramírez *et al.*, 2004; Felzener *et al.*, 2007).

Las correlaciones detectadas entre las variables de estudio concordaron con otros trabajos que destacaron que la emisión de hojas favoreció la sobrevivencia y el enraizamiento de estacas de *Platanus acerifolia* (Lampert *et al.*, 1999). De igual manera hubo analogía con una investigación en aguacate (*Persea americana*) que concluye que el porcentaje y la velocidad de enraizamiento de las estacas de tallo estuvieron correlacionados con el número de hojas retenidas en la estaca, y que la capacidad de enraizamiento se correlacionó con la acumulación de almidón en la base de la estaca, y no se asoció con el contenido de carbohidratos en hojas y base de las estacas ni con el contenido de minerales de las hojas, exceptuando el manganeso (Mn) que se relacionó negativamente con la capacidad de enraizamiento; altas cantidades de Mn en las hojas interfirió en el proceso, debido a que este elemento es un activador de la ácido indolacético oxidasa (AIA-oxidasa) (Reuveni y Raviv, 1980). En *Gmelina arborea* el mayor número y tamaño de las raíces y brotes aéreos en las estacas apicales

was correlated with the starch accumulation in the cutting base, and was not associated to the carbohydrates content in leaves and cutting base nor the mineral content in leaves, except manganese (Mn) that was negatively related to the rooting capacity; high quantities of Mn in leaves interfered with process, because this element is an activator of the indole acetic acid oxidase (AIA-oxidase) (Reuveni and Raviv, 1980). In *Gmelina arborea* the higher number and size of roots and aerial shoots in the apical stakes were related to the higher rooting speed and shooting of this cutting type (García *et al.*, 2005).

As a consequence, in acerola, the formation of new shoots represented a very important factor on rooting stakes because when SN or LLS were superior, RN and LLR were superior too. This was in agreement with Lampert *et al.* (1999) research, who said that the leaves number formed in stakes showed a positive correlation with the number and length of roots.

## Conclusions

It is possible to implement in a successfully way a massive program of clonal propagation of *Malpighia* spp. with semi hard apical stakes with three pairs of leaves without flowers and fruits, of 15 cm long and 5 mm diameter, by using the substrate formed by manure river: coconut concha and earthworm humus in proportion 4:1:1.

Formation of shoots in stakes favored the rooting of *M. glabra* and

se asociaron con la mayor velocidad de enraizamiento y brotación de este tipo de estaca (García *et al.*, 2005).

Por consiguiente, en semeruco la formación de nuevos brotes representó un factor muy importante en el enraizamiento de las estacas debido a que a mayor NB o LB hubo mayor NR y LR. Lo anterior concordó la investigación de Lampert *et al.* (1999), quienes indicaron que el número de hojas formadas en la estacas presentó correlación positiva con el número y la longitud de las raíces.

## Conclusiones

Es factible implementar con éxito un programa masivo de propagación clonal de *Malpighia* spp. con estacas apicales semiduras con tres pares de hojas, sin flores y ni frutos, de 15 cm de largo y 5 mm de diámetro, utilizando el sustrato constituido por abono de río: concha de coco y humus de lombriz en proporción 4:1:1.

La formación de brotes en las estacas favoreció el enraizamiento en *M. glabra* y *M. emarginata*. En ambas especies el porcentaje de estacas enraizadas se correlacionó con el porcentaje de estacas brotadas, el número y la longitud del brote y con la longitud de la raíz. La especie *M. glabra* presentó mayor formación de brotes en las estacas que *M. emarginata*.

## Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia (LUZ) por el apoyo prestado a esta investigación, que forma parte del Proyecto "Propa-

*M. emarginata*. In both species, the percentage of rooted stakes was correlated to the percentage of shooted stakes, the number and length of edge and with the root length. The *M. glabra* specie showed a superior formation of shoots in stakes than *M. emarginata*.

## Acknowledgement

To the "Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES)" de la Universidad del Zulia (LUZ) by the support gave to this research, that takes part of Project "Propagación de especies de interés frutícola y ornamental" registered in CONDES under No. 0637-02. Likewise, to the Centro Frutícola of Zulia State (CENFRUZU) - CORPOZULIA through the FONACIT S1 2000000795 and F-2001000117; and to the University Nursery of LUZ by offer its instalations for carrying this research.

*End of english version*

---

gación de especies de interés frutícola y ornamental" registrado en el CONDES bajo el No. 0637-02. Así mismo al Centro Frutícola del estado Zulia (CENFRUZU) - CORPOZULIA mediante el FONACIT S1 2000000795 y F-2001000117; y al Vivero Universitario de LUZ por proporcionar sus instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

## Literatura citada

Acosta E.M., J. Sánchez B. y M. Bañón A. 2000. Auxinas. En: Azcón, J. y M. Bieto (Eds.). Fundamentos de

fisiología vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Edicions Universitat de Barcelona. pp. 305-323.

- Avilán, L. y E. Soto. 2000. Situación de la fruticultura a nivel nacional. En: Del Valle, R., F. Moreno, S. Roa, W. Briceño, M. Ramírez (Eds.). Resúmenes VII Congreso Nacional de frutales. Universidad Nacional experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela. p. 1-7.
- Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1992. Manual de Fruticultura. Principios y manejo de la producción. Segunda edición. Editorial América, C.A. Venezuela. 1469 p.
- Barbeau, G. 1994. Tropical fruit trees in the non french caribbean. Crops, exports, trends. *Fruits* 49:335-339.
- Ewel, J. y A. Madriz. 1976. Zonas de vida en Venezuela. Memoria Explicativa sobre mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). Caracas. # pag
- Felzener, L., A. Barreiro, E. Ono, S. Cardoso y J. Rodrigues. 2007. Efeitos de reguladores vegetais no enraizamento de estacas caulinares de *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito). *Rev. Bras. Frutic.* 29:399-402.
- Ferreira, R. y A. Martins. 1996. Efeito do ácido indolbutírico (AIB) e da sacarose no enraizamento de estacas herbáceas de acerola (*Malpighia glabra* L.). En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds.). Curitiba, Brasil. p. 33.
- García, R., J. Vargas, V. Cetina y A. Villegas. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:319-326.
- Gontijo, C., J. Ramos y V. Mendoza. 2003. Rooting of different types of acerola cuttings using indol butiric acid. *Rev. Bras. Frutic.* 25:290-292.
- Guadarrama, A. 1984. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco. *Rev. Fac. Agron. (UCV).* 13:111-128.
- Hartmann, H. y D. Kester. 2000. Propagación de plantas. Principios prácticos. Octava edición. Editorial continental. México. 760 p.
- Hoyos, J. 1994. Frutales en Venezuela. Monografía N° 36. Segunda edición. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas, Venezuela. 375 p.
- Laguado, N., L. Arenas y M. Marín. 2001. Contenido de vitamina C en algunas especies frutales de origen tropical. En: IX Jornadas Científico Técnicas. Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía LUZ (Ed.). Venezuela. p. 61.
- Lampert, R., E. Franco y A. Días. 1999. Enaizamento de estacas de diferentes diámetros en *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. *Ciência Florestal* 9:127-136.
- Laskoswki, L. y D. Bautista. 1999. Características anatómicas de raíces adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) tratadas con ácido indolbutírico. *Bioagro* 11:88-96.
- Laskoswki, L. y D. Bautista. 2000. Características de la germinación de semillas y huesos de semeruco. En: Del Valle, R., F. Moreno, S. Roa, W. Briceño, M. Ramírez (Eds.). Resúmenes VII Congreso Nacional de frutales. Universidad Nacional experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela. p. 131.
- Martins, A. y R. Ferreira. 1996. Efeito do tratamento de estacas herbáceas de acerola com auxinas (AIB e ANA) em diferentes doses. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds.). Curitiba, Brasil. p. 32.
- Pires, E., N. Suassuna, J. Dos santos, W. Okasaki y R. Musser. 1996. Comportamento de estacas

- subterminais de quatro seleções de aceloreira (*Malpighia glabra* L.) em ambiente de câmara úmida. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. p. 30.
- Ramírez-Villalobos, M., A. Urdaneta-Fernández y G. Vargas-Simón. 2004. Tratamientos con ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Agron. Trop.* 54:203-218.
- Reuveni, O. y M. Raviv. 1980. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:127-130.
- Rivero, G., M. Ramírez, B. Caraballo y R. Guerrero. 2005a. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 22:130-142.
- Rivero, G., R. Guerrero y M. Ramírez. 2005b. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 22:34-41.
- SAS, Institute, INC. 1987. S.A.S. (Statistical Analysis System) The Institute INC, Cary, NC, USA. 494 p.
- Vargas, S., G. Arellano y R. Soto. 1999. Enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) sometidas a aplicaciones de auxinas. *Bioagro* 11:103-108.