



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
INSTITUTO DE HORTICULTURA

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUANÁBANO**

**T E S I S**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**PRESENTA:**

**JACOB MONTEJO GOMEZ**

Chapingo, México. Junio de 2015



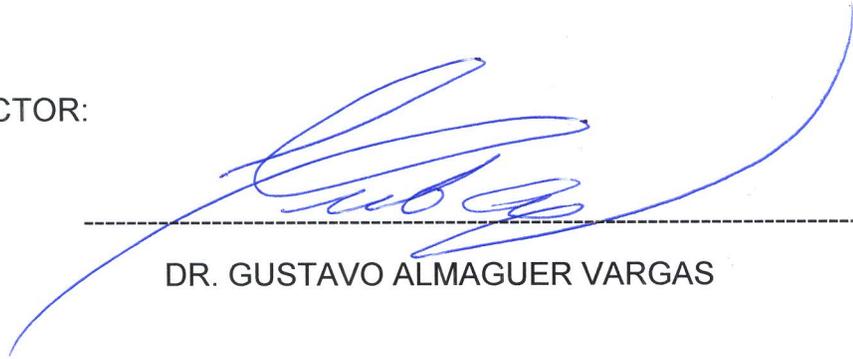
Instituto de Horticultura

## PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUANÁBANO

Tesis realizada por Jacob Montejo Gómez, bajo la dirección del comité asesor indicado aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

### MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



---

DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR:



---

DR. EDUARDO CAMPOS ROJAS

ASESOR:



---

DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

JACOB MONTEJO GOMEZ NACIÓ EL DIA 31 DE MARZO DE 1986 EN EL ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO. REALIZÓ SUS ESTUDIOS DE PRIMARIA Y SECUNDARIA EN DICHO ESTADO. CONTINUÓ SUS ESTUDIOS DE NIVEL MEDIO SUPERIOR EN LA PREPARATORIA AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, EN DONDE TAMBIEN CURSÓ SUS ESTUDIOS DE LICENCIATURA OBTENIENDO EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN FITOTECNIA EN DICIEMBRE DE 2009. COLABORÓ COMO ASESOR TECNICO Y COMERCIAL EN EL PERIODO 2010-2012 EN FRUTILLAS EN LOS REYES DE SALGADO, MICHOACAN. EN EL 2013 INGRESA AL POSGRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA EN EL INSTITUTO DE HORTICULTURA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, POR LA OPORTUNIDAD DE VIVIR.

A MIS PADRES QUE ME MUESTRAN EL EJEMPLO DEL CAMINO DE LA HUMILDAD Y LA GRANDEZA.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO POR ESTA SEGUNDA OPORTUNIDAD DE SEGUIR APRENDIENDO.

AL **CONACYT** POR EL APOYO BRINDADO EN LA ESTANCIA DE LA MAESTRIA.

AL PUEBLO DE MEXICO POR HACER POSIBLE ESPACIOS DE OPORTUNIDAD Y DE CONOCIMIENTO

A LOS REVISORES POR SU TIEMPO VALIOSO Y APORTACIONES EN EL PRESENTE TRABAJO.

A LA Dra Ma AMPARO MAXIMA BORJA DE LA ROSA POR SU SINCERIDAD Y ACERTADA APORTACION A LA PRESENTE TESIS.

A LA GENERACION 2013-2014 DE LA MAESTRIA EN HORTICULTURA Y AL DOCTORADO EN HORTICULTURA 2013-2015.

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES: MAURO Y GUADALUPE.

A MIS HERMANOS Y SUS FAMILIAS: MARGARITA, ADELAIDA, MIGUEL, MARÍA, REBECA, ELISA Y ELISEO; GRACIAS DIOS POR TAN GRANDE REGALO.

A VERONICA, POR SER QUIEN MAS SE ESFUERZA.

A BENJAMIN, QUE SABE HACER SENTIR BIEN A LAS PERSONAS.

Y A LAS PERSONAS QUE ES IMPOSIBLE OLVIDAR: MARIO, CHENTE, BALTA, JOVENAZO, ALEJANDRO, SEN, EL INVENCIBLE Y EL PERSEVERANTE.

A CELINA, POR ENSEÑARME A CREER.

## Contenido

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	- 1 -
<b>1.1 Objetivo</b> .....	- 2 -
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	- 2 -
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	- 3 -
<b>2.1 Importancia</b> .....	- 3 -
<b>2.2 Origen y distribución</b> .....	- 3 -
<b>2.3 Descripción botánica</b> .....	- 3 -
<b>2.4 Requerimientos edafoclimáticos</b> .....	- 4 -
<b>2.4.1 Clima</b> .....	- 4 -
<b>2.4.2 Suelo</b> .....	- 5 -
<b>2.5 Propagación</b> .....	- 5 -
<b>2.5.1 Propagación sexual</b> .....	- 5 -
<b>2.5.2 Propagación vegetativa</b> .....	- 6 -
<b>2.6 Factores que influyen en el enraizamiento en la propagación vegetativa</b> - 11 -	
<b>2.6.1 Auxinas</b> .....	- 12 -
<b>2.6.2 Ácido indolacético (AIA)</b> .....	- 12 -
<b>2.6.3 Ácido indolbutírico</b> .....	- 12 -
<b>2.6.4 Ácido naftalenacético</b> .....	- 13 -
<b>2.6.5 Otros compuestos</b> .....	- 13 -
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	- 14 -
<b>3.1 Localización</b> .....	- 14 -
<b>3.2 Material vegetal</b> .....	- 14 -
<b>3.3 Tratamientos</b> .....	- 14 -
<b>3.3.1 Acodos aéreos</b> .....	- 14 -
<b>3.3.2 Estacas de guanábano</b> .....	- 15 -
<b>3.4 Diseño y unidad experimental</b> .....	- 16 -
<b>3.4.1 Toma de datos</b> .....	- 17 -
<b>3.5 Variables a evaluar</b> .....	- 17 -
<b>3.5.1 Calidad de portainjerto</b> .....	- 17 -
<b>3.5.2 Calidad de raíz principal</b> .....	- 18 -
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	- 21 -

<b>4.1 Acodos aéreos</b> .....	- 21 -
<b>4.1.1 Variables físicas</b> .....	- 21 -
<b>4.1.2 Variables anatómicas</b> .....	- 29 -
<b>4.1.2.2 Grosor de corteza</b> .....	- 30 -
<b>4.2 Propagación por estacas</b> .....	- 33 -
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	- 34 -
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	- 35 -
<b>VII.  ANEXOS</b> .....	i

Cuadro 1. Métodos de propagación vegetativa y por semilla, recomendaciones comerciales y éxito en diferentes especies de Annona. ....	- 7 -
Cuadro 2. Compatibilidades de injertos y varetas y el método de propagación vegetativa recomendada de algunas especies de Annona. ....	- 9 -
Cuadro 3. Arreglo de tratamientos en acodos aéreos. ....	- 15 -
Cuadro 4. Arreglo de los tratamientos para estacas de guanábano. ....	- 16 -

Figura 1 Puntos de medición de cortes transversales de raíces de guanábano. ....	- 20 -
Figura 2. Supervivencia de acodos aéreos de guanábano. ....	- 22 -
Figura 3. Presencia de callos en acodos aéreos de guanábano.....	- 23 -
Figura 4. Enraizamiento de acodos aéreos de guanábano.....	- 24 -
Figura 5. Numero de raíces principales de acodos aéreos de guanábano. ....	- 25 -
Figura 6. Longitud promedio de las raíces en acodos aéreos de guanábano. ....	- 26 -
Figura 7. Diámetro promedio de las raíces principales en acodos aéreos de guanábano. ....	- 27 -
Figura 8. Numero de raíces secundarias en raíces principales de acodos aéreos de guanábano. ....	- 28 -
Figura 9. Grosor de epidermis en raíces principales de acodos aéreos de guanábano. . .	- 29 -
Figura 10. Grosor de corteza en raíces principales de acodos aéreos de guanábano. ...	- 30 -
Figura 11. Grosor de endodermis en raíces principales de acodos aéreos de guanábano. ....	- 31 -
Figura 12. Diámetro de cilindro vascular en raíces principales de acodos aéreos de guanábano. ....	- 32 -

## PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE GUANABANO

Jacob Montejo Gomez

### RESUMEN

Aunque la guanábana es un fruto de gran potencial, presenta problemas en su propagación, que es por semilla, implicando variabilidad genética, tiempos largos y costos altos para obtener portainjertos. Para ello se evaluaron dos métodos de propagación vegetativas: acodos aéreos y estacas en ramas de dos y tres años de edad. En acodos aéreos se hicieron cinco tratamientos a principios de otoño (50 y 300 mg·L<sup>-1</sup> de Ácido Indolbutírico (AIB), 1000 y 10 000 mg·L<sup>-1</sup> de Radifarm® y agua como testigo), cinco tratamientos a mediados de invierno similares al anterior y tres a mediados de primavera (50 mg·L<sup>-1</sup>, 10 000 mg·L<sup>-1</sup> de Radifarm® y agua). En estacas se usaron dos tiempos de inmersión, rápida y lenta (5 s y 24 h respectivamente), en dos dosis de AIB (500 y 4000 mg·L<sup>-1</sup> en lenta, 50 y 300 mg·L<sup>-1</sup> en rápida) y Radifarm® (1000 y 10 000 mg·L<sup>-1</sup> en lenta, 20 000 y 100 000 mg·L<sup>-1</sup> en rápida). Se establecieron en agrolita y se regaron con agua. Las variables evaluadas fueron sobrevivencia, presencia de callos, porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud y diámetro de raíces, número de raíces secundarias; también grosor de epidermis, corteza, endodermis y ancho del cilindro vascular. En acodos se obtuvieron enraizamientos de hasta 46.67 % con el tratamiento 50 mg L<sup>-1</sup> de AIB. En estacas el enraizamiento fue cero.

**Palabras clave:** acodos, estacas, ácido indolbutírico, enraizamiento, callos, inmersión.

## SOURSOP TREE VEGETATIVE PROPAGATION

Jacob Montejo Gomez

### ABSTRACT

Although the soursop is a fruit with good potential, it presents problems with its propagation. Currently, it is done by seed, which involves high genetic variability, long reproduction times and expensive costs to obtain rootstocks. In this study, two propagation methods were evaluated: air-layering branches and stakes from two and three-year-old branches. In air layering, five treatments were done in early autumn (50 and 300 mg · L<sup>-1</sup> of indole butyric acid (IBA); 1000 and 10 000 mg · L<sup>-1</sup> of Radifarm®, and water as control); other five treatments were done in mid-winter, similar to the previous ones. Another three treatments were applied in mid-spring (50 mg · L<sup>-1</sup>, 10 000 mg L<sup>-1</sup> · of Radifarm®, and water). For stakes, two immersion times were used: fast and slow (5 seconds and 24 hours respectively), with two doses of IBA (500 and 4000 mg L<sup>-1</sup> · slowly, 50 and 300 mg L<sup>-1</sup> in · quick), and Radifarm® doses (1000 and 10 000 mg · L<sup>-1</sup> for slow, 20 000 and 100 000 mg · L<sup>-1</sup> for fast). All the treatments were planted in perlite, and irrigated only with water. The evaluated variables were: survival, presence of callus, rooting percentage, number of roots, root's length and diameter, and number of secondary roots. Furthermore, epidermis thickness, cortex, endodermis and vascular cylinder width were measured. In the air layering method, a 46.67 % of rooting was obtained with 50 mg L<sup>-1</sup> of IBA treatment, which showed positive significant differences in most other variables too. With stakes, no rooting was found.

ADDITIONAL KEY WORDS: layering, cuttings, indole butyric acid, rooting, callus, immersion.

## I. INTRODUCCIÓN

La familia *Annonaceae* tiene alrededor de 75 géneros y está ampliamente distribuida. Algunas especies de *Annona* son cultivadas para uso ornamental, mientras que a otras son conocidas por su fruto comestible y aroma, como las guanábanas (*Annona muricata*), la chirimoya (*Annona cherimola*), entre otros (Paull y Duarte, 2012).

El guanábano tiene un fruto adecuado para el procesamiento y para consumo en fresco. Se cultiva ampliamente en varias partes de América. Venezuela cultiva alrededor de 4,000 ha, Brasil cuenta con más de 2000 ha y Perú con alrededor de 500 ha.

En México se produce en el Pacífico desde Culiacán hasta Chiapas, y en el Golfo desde Veracruz hasta la península de Yucatán. En esta región del Golfo se tienen grandes plantaciones con un total de 6000 ha. Con esta superficie, las exportaciones de fruta fresca son bajas aún con su potencial de procesamiento promovido por su excelente sabor característico de la pulpa, y a la producción de frutos grandes (Paull y Duarte; 2012).

La propagación del guanábano es normalmente por semilla. Su carácter recalcitrante hace que pierda viabilidad en menos de seis meses, por lo que una vez obtenidas tienen que sembrarse tan pronto como sea posible (Paull y Duarte, 2012).

Cuando se siembra la semilla, aún debe continuar en el semillero tres meses de iniciada su germinación, y cuando tiene de 15 a 20 cm de altura, se puede colocar en recipientes de plásticos (bolsas) con sustrato para que continúe su desarrollo durante 10 meses más para lograr el diámetro para que pueda ser injertado (Vidal *et al.*, 2000). Comúnmente se injerta cuando la plántula tiene aproximadamente un año de edad (Joshi *et al.*, 2011), que se considera un periodo largo, lo que incrementa los costos.

Sin embargo, en guanábano no se ha podido obtener un portainjerto a corto plazo que tenga además poco mantenimiento, grosor y tamaño para injertarse, y capacidad de establecimiento dado por número y longitud de raíces (Ferreira y Ferrari, 2010), por lo que se propone evaluar dos formas de propagación vegetativa para obtener plantas para injertar a corto plazo.

### **1.1 Objetivo**

Evaluar métodos de propagación vegetativa y sustancias que permitan la obtención de plantas para injertar a corto plazo con la mayor capacidad de enraizamiento.

### **1.2 Hipótesis**

El acodado permite obtener plantas con capacidad de enraizamiento reflejado en longitud, grosor y número de raíces para injertar a corto plazo.

El AIB y el Radifarm® permitirá la obtención de portainjertos con mayor número, longitud y grosor de raíces.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia

El guanábano es una de las especies más cultivadas, su fruto se caracteriza por un aroma exquisito y sabor excelente para hacer postres, jugos, refrescos, dulces, vinos, helados e incluso bebidas espirituosas; actualmente se le han encontrado propiedades plaguicidas, auxiliar en el tratamiento del reumatismo, enfermedades venéreas, incluso para la impotencia sexual, anticancerígenas (por contener acetogeninas) y antivirales, recomendado para la dieta de adultos mayores y niños por su digestibilidad y fibra soluble (SCUC, 2006; Guerrero y Fischer, 2007; Ragasa *et al.*, 2012).

### 2.2 Origen y distribución

*Annona muricata* L. es conocido en inglés como Soursop y en español como guanábana entre otros. El guanábano es la especie más tropical y produce el fruto más grande dentro del género *Annona* y aunque su origen es el Caribe, actualmente se le puede encontrar en los trópicos y subtrópicos del mundo (Paull y Duarte, 2012).

### 2.3 Descripción botánica

Reino: Vegetal

Subreino: Embriophyta

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: *Ranales*

Suborden: Magnoliales

Familia: *Annonaceae*

Subfamilia: Annonoideae

Género: *Annona*

Especie: *Annona muricata* L.

(González, 2013).

El guanábano es un árbol que tiene una altura en estado adulto de 4.55 a 9 m; tiene hojas alternadas, simples, enteras, de ovaladas a elípticas que van de los 12.7 a 20 cm, emiten un aroma cuando se quiebran y se desprenden de la planta cada año (Castro, 2007; Paull y Duarte, 2012).

## **2.4 Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.4.1 Clima**

Desarrolla muy bien a temperaturas cálidas de 28°C aunque puede encontrarse donde la temperatura llega a los 15°C, precipitaciones anuales de 1000 – 1500 mm, favorecen su desarrollo. Se le ha encontrado en los trópicos y en los subtrópicos hasta 1000 m de altitud. Tiene problemas de polinización a temperaturas de más de 30°C y menor de 25°C y humedades relativas superiores a 80 % y menores a 30 %. Hasta el momento no se ha informado del efecto del fotoperiodo en esta especie (SCUC, 2006; Paull y Duarte, 2012).

## **2.4.2 Suelo**

El guanábano, así como el género *Annona*, es capaz de prosperar en suelos arenosos hasta en suelos arcillosos, pero no prospera si tiene problemas de drenaje y aireación. El pH adecuado va de 5.5 a 6.5, pudiéndose encontrar hasta en suelos con pH de 7.5 (Pinto *et al.*, 2005; SCUC, 2006; Paull y Duarte, 2012).

## **2.5 Propagación**

La propagación del género *Annona* es comúnmente sexual o propagación por semilla aunque también se puede realizar vía asexual o propagación vegetativa. Ambos son importantes pero deben ser examinados cuidadosamente, pues la calidad de los materiales de siembra dependen del origen y preparación de la planta (Pinto *et al.* 2005; SCUC, 2006; Paull y Duarte, 2012).

### **2.5.1 Propagación sexual**

Las semillas del genero *Annona* presentan comúnmente germinación irregular y desuniforme y esto se presenta durante un largo tiempo, dificultando la propagación sexual. Sin embargo, debido a que la semilla pierde viabilidad desde campo, se deben sembrar tan pronto como sea posible después removerse en los frutos maduros. La germinación irregular está dada por diferentes niveles y tipos de letargo, aunque esto puede deberse a los distintos grados de madurez de la semilla en el momento del corte. El factor letargo puede también deberse a factores ambientales en lugar de ser innata (Pinto *et al.*, 2005).

Pretratamientos a la semillas de *Annona* ayudan a incrementar la germinación y estos pueden ser físicos como la escarificación o remojo reduce la permeabilidad de la cubierta seminal, o bien, químicos como el ácido giberélico (GA) para contrarrestar inhibidores endógenos de la germinación (Castillo *et al.*, 1997).

### **2.5.2 Propagación vegetativa**

Como el guanábano es comúnmente propagada por semillas produce una gran variabilidad en las plantas como resultado de la polinización cruzada, para superar este problema se puede utilizar la propagación vegetativa como por ejemplo la propagación por injertos, que requiere que la vareta como el portainjerto sean de grosor similares (Indriyani, 2011).

La propagación ya sea sexual, vegetativa o secciones de planta debe establecerse en un vivero y el productor debe evaluar diferentes formas de propagación en *Annonas* (Cuadro 1), tales como semillas, injertos, estacas, micropopagación, secciones de raíz y acodos (Pinto *et al.* 2005).

Cuadro 1. Métodos de propagación vegetativa y por semilla, recomendaciones comerciales y éxito en diferentes especies de *Annona*.

Método	Especie de <i>Annona</i>			
	Chirimoya ( <i>Annona cherimola</i> Mill.)	Anona roja ( <i>Annona reticulata</i> L.)	Guanábana ( <i>Annona muricata</i> L.)	Anona riñon, anon, saramuyo ( <i>Annona squamosa</i> L.)
Genéticamente (Planta de vivero)	Altamente variable	Variable	Uniforme	Baja variabilidad
Uso comercial (Planta de vivero)	No recomendable	Como portainjerto	Alto; también como portainjerto	Regular a bueno
Yemas y ápice	< 25 %	Desconocido	Exitoso	Algunos cultivares
Secciones de raíz	Sin éxito	Desconocido	Exitoso	< 5 %
Estratificación	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Alto si se modifica la técnica usada
Estratificación aérea	< 5 %	Desconocido	Desconocido	< 5 %
Injerto de yema	>70 %	>40 %	>40 %	>80 %
Injerto de vareta	>70 %	>70 %	>80 %	>70 %
Injerto de puenteo	Exitoso	Desconocido	Exitoso	Desconocido
Injerto de corona	Desconocido	Desconocido	Exitoso	Desconocido
Micropopagación	Desconocido	Desconocido	Exitoso	Desconocido

Fuente: (Pinto *et al.*, 2005).

### 2.5.2.1 Propagación por Injertos

La propagación de guanábano se hace por lo general a través de injertos. Uno de los problemas del injerto es la compatibilidad del portainjerto y la vareta o yema. Una incompatibilidad extrema puede causar la muerte de la planta. Los síntomas de incompatibilidad pueden ser observados a simple vista a los pocos años de realizado, como por ejemplo, poco crecimiento del injerto, crecimiento radicular débil, fácil quiebre en la unión de las partes de injerto o una hinchazón en esta zona, esto varía en función de la especie (Hartmann y Kester, 2002; Indriyani, 2011).

La edad de portainjertos para el caso de guanábano es de alrededor de un año y se han obtenido prendimientos de hasta 75 % a 140 días, por lo que se puede considerar una unión exitosa. Pero para estar seguros de la unión, se tiene que volver a mantener hasta tres meses más después de injertarse, en lo que se lleva a cabo la unión del injerto. Aunque se han realizado estudios de compatibilidades entre diversas especies de *Annona*, se ha visto que puede haber prendimiento en los primeros días, pero se puede presentar incompatibilidad retardada, por lo que para guanábano no se recomienda se injerte en: *A. cherimola*, *A. reticulata*, *A. glabra* y *A. squamosa* (Vidal et al., 2000) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Compatibilidades de injertos y varetas y el método de propagación vegetativa recomendada de algunas especies de *Annona*.

Especie de porta injerto	Vástago (especie)			
	<i>A. cherimola</i>	<i>A. muricata</i>	<i>A. reticulata</i>	<i>A. squamosa</i>
<i>A. cherimola</i>	C; yema, vareta	NC. Ninguno	Desconocido	C. vareta
<i>A. glabra</i>	Desconocido	BC. yema	C. yema	C. yema y vareta
<i>A. muricata</i>	NC..ninguno	C. yema, vareta.	C. yema	BC. ninguna
<i>A. reticulata</i>	C. yema	C. yema, vareta	C. yema	C. vareta
<i>A. squamosa</i>	BC. Ninguno	BC. yema, vareta	C. yema	C. yema y vareta

C: compatible; BC: Baja Compatibilidad; NC: No Compatible.  
Fuente: (Pinto *et al.*, 2005).

### 2.5.2.2 Estacas

Ferreira y Ferrari (2010), realizaron un estudio para enraizar estacas con tratamientos de auxinas y encontraron que en atemoya (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.) 'Gefter', un tratamiento de inmersión durante 24 horas con 200 mg·L<sup>-1</sup> de NAA, incrementó el enraizamiento hasta un 92 %; de igual manera, una inmersión por cinco segundos de ácido indolbutírico (AIB) a concentraciones de 500 a 5000 mg·L<sup>-1</sup>. En este estudio se tuvieron nebulizaciones intermitentes con agua cada 8 y 4 minutos durante 180 días y aplicaciones quincenales de fungicidas.

Castillo *et al.* (1997) no obtuvieron enraizamiento en propagación del chirimoyo, aun cuando algunas brotaron y permanecieron vivas durante casi un año, concluyendo que esta especie es difícil de enraizar mediante este método.

### **2.5.2.3 Micropopagación**

Aunque se han hecho diversos estudios en la especie *Annona*, el carácter recalcitrante (oxidación y fenolización de explantes) de las yemas vegetativas dificulta la Micropopagación. Esta limitante se ha superado con una modificación a esta técnica mediante microinjertación monofásica, que es una técnica que permite regenerar plantas a partir de tejido vegetal con problemas de propagación *in vitro* o proveniente de árboles viejos (Acosta *et al.*, 2011).

Esta técnica requiere de la utilización de antioxidantes como el ácido cítrico o el ácido ascórbico pues el guanábano se oxida rápidamente en tanto que también es importante considerar el origen del explante, para el caso de yemas la tercera y cuarta yema en orden descendente son las mejores para su propagación (Rivero *et al.*, 2001). El tejido vegetal de plantas jóvenes tienen mayor potencial para generar órganos y plantas *in vitro*, a partir de un nuevo explante (Acosta *et al.*, 2011).

### **2.5.2.4 Separación de raíces**

Se ha indicado que en guanábano silvestre es posible realizar la propagación vegetativa mediante la separación de los brotes de raíz (SCUC, 2006). Ferreira y Ferrari, 2010, informan que en atemoya (*Annona Cherimola* Mill. X *A. squamosa* L.) fue posible el enraizamiento de estacas utilizando hormonas sintéticas y ambiente controlado.

### **2.5.2.5 Acodos aéreos**

Generalmente se utilizan en especies que son difíciles de propagar por injerto o estaca. La época para realizar este proceso es en primavera para maderas del año anterior, y el verano para ramas parcialmente endurecidas. Algunas desventajas de la técnica es que es complicada ya que se realiza en la posición original de la rama y la altura es un riesgo, también puede ocurrir la muerte de las plantas cuando se realiza la separación de la rama enraizada de la planta madre ya que el sistema radicular es muy débil (Hartmann y Kester, 2002).

Castillo *et al.* (1997), realizaron pruebas de acodos en chirimoyo encontrando que acodos sin reguladores de crecimiento obtuvieron enraizamientos de hasta 23 %, en tanto que usando  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de AIB obtuvieron hasta un 35 % sin haber diferencia estadística entre ellos.

## **2.6 Factores que influyen en el enraizamiento en la propagación vegetativa**

Uno de los factores que ejercen una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas es la nutrición dado por factores internos, tales como el contenido de auxina, contenido nutrimental y las reservas de carbohidratos (Hartmann y Kester, 2002). Otras características que favorecen el enraizamiento son: la edad del material, la presencia o adición de hormonas, edad de la planta, la época de colecta. En *Abies religiosa* que es una especie difícil de enraizar en donde las estacas más jóvenes son las que tuvieron mejor enraizamiento (Castillo *et al.*, 2013).

### **2.6.1 Auxinas**

Las auxinas se generan principalmente en partes jóvenes de la planta como los ápices, frutos tiernos y hojas en desarrollo. Las auxinas estimulan el crecimiento por alargamiento de tallos y participan en la formación de curvaturas fototrópicas (hacia la fuente de luz) y gravitrópicas (gravedad en la raíz o lo contrario en el tallo). Estas hormonas también inhiben la abscisión de órganos como las hojas y los frutos (Leszek, 2003).

Dentro de las auxinas podemos encontrar al ácido indolacético, ácido indolbutírico, ácido naftalenacético, el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) entre otros.

### **2.6.2 Ácido indolacético (AIA)**

La concentración de AIA para enraizar es quejes con el método de inmersión en soluciones diluidas durante 24 horas de tratamiento va de 100 a 150  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Leszek, 2003).

### **2.6.3 Ácido indolbutírico**

Es usado para enraizar estacas en concentraciones de 20 a 50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y con 24 horas de tratamiento. La ventaja de aplicarse es que es de baja toxicidad para la planta en caso de aplicarse a concentraciones excesivas. No se sabe porque la actividad del AIB es más potente que la del AIA (Leszek, 2003). Es la hormona más utilizada en los trabajos de propagación vegetativa (los acodos, estacas, micropropagacion) (Castillo *et al.*, 1997; Ferreira y Ferrari, 2010; Acosta *et al.*, 2011).

#### **2.6.4 Ácido naftalenacético**

Se aplica en solución acuosa a concentración de 20 a 40 mg·L<sup>-1</sup> durante 24 horas de tratamiento. A concentraciones más elevadas causa efectos tóxicos. También se puede utilizar en el raleo de frutos (Leszek, 2003).

#### **2.6.5 Otros compuestos**

Los fenoles y los polifenoles (ácido salicílico, rutín, catecol, pirogalol, florogucinol) estimulan el enraizamiento, por lo que a cierto grupo de estos compuestos se les denomina “cofactores de auxina”. Se utilizan a muy bajas concentraciones (1 – 10 mg·L<sup>-1</sup>) con el método de soluciones diluidas. Estos compuestos a concentraciones muy altas no inhiben la formación de raíces pero tampoco la estimulan. (Leszek, 2003).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

El experimento se realizó en una plantación propiedad del Sr. Fortino Ramos en la localidad de San Miguel, municipio de Tlapacoyan, Veracruz, que tiene las coordenadas 20° 02' 33" N y 97° 07' 03" y un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (INEGI, 2009).

#### **3.2 Material vegetal**

El material vegetal utilizado fueron arboles de guanábanos en producción de una variedad regional de ocho años de edad, provenientes de semillas (franco) con una altura promedio de 4 m, dispuestas en marco de 3 m entre plantas x 4 m entre calles, sin fertilización en el último año y con control químico de hierbas.

#### **3.3 Tratamientos**

##### **3.3.1 Acodos aéreos**

Se realizó una incisión alrededor de ramas de guanábano sin despuntar de entre uno y dos años de edad y de aproximadamente 1.5 a 2 cm de diámetro y se les hizo un anillado de 1.5 cm de longitud a una altura de 5 cm sobre la bifurcación de la rama. Posteriormente se cubrió el descortezado con 100 g de sustrato de peat moss humedecido con el tratamiento respectivo y se fijó con plástico de color negro atado en ambas extremidades como lo describe Castillo *et al.* (1997), y se generaron los siguientes tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Arreglo de tratamientos en acodos aéreos

Fecha de acodo	Ingrediente activo	Concentración (mg·L <sup>-1</sup> )	Tratamiento
28-sep-13	agua	0	1
	AIB	50	2
	AIB	300	3
	Radifarm®	1000	4
	Radifarm®	10, 000	5
22-feb	agua	0	6
	AIB	50	7
	AIB	300	8
	Radifarm®	1000	9
	Radifarm®	10,000	10
14-may-14	agua	0	11
	Radix 10,000 ®	10 000	12
	Radifarm®	10,000	13

### 3.3.2 Estacas de guanábano.

Se utilizaron estacas con cinco hojas activas de ramas sanas del mismo huerto de guanábano los cuales tenían entre uno y dos años de edad de un diámetro de entre 1.5 a 2 cm de 30 cm de largo sin hojas colectadas el día 29 de septiembre de 2013, se envolvieron en papel periódico húmedo para su transporte. Lotes de 50 estacas fueron inmersas de acuerdo a cada determinado tiempo y con sus respectivas soluciones como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Arreglo de los tratamientos para estacas de guanábano.

Tiempo de inmersión	Ingrediente activo	Concentración (mg·L <sup>-1</sup> )	Tratamiento
Inmersión lenta (24 h)	Agua	0	1
	AIB	50	2
		300	3
		1,000	4
	10,000	5	
Inmersión rápida (5 s)	Agua	0	6
	AIB	50	7
		300	8
		1,000	9
	10,000	10	

Las estacas se colocaron en una cama con agrolita de 10 cm de profundidad el día 30 de septiembre de 2013 y se regaron cada 4 días durante un mes a temperatura ambiente en el Laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo y se realizaron

### 3.4 Diseño y unidad experimental

El método de propagación por acodo se condujo en un experimento completamente al azar desbalanceado de al menos cinco repeticiones siendo la unidad experimental un árbol seleccionado al azar con 10 acodos en él.

El método de propagación por estacas se condujo en un experimento factorial 2 x 2 x 2, correspondiendo a dos tiempos de inmersión, dos tratamientos de hormonas y dos niveles de concentraciones, establecidos bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, donde la unidad experimental estuvo comprendida por 10 estacas.

### **3.4.1 Toma de datos**

Acodos realizados el día 28 de septiembre de 2013 se muestrearon a los 5 meses (22 de febrero de 2014) para observar la aparición de raíces, encontrando que de 20 muestras solo uno presentó primordios de raíces, por lo que se decidió continuara en el árbol. A los ocho meses y medio (14 de mayo de 2014) se revisaron 20 muestras para conocer el número de acodos enraizados de los cuales se encontraron dos acodos con primordios de raíz y uno con raíces de no más de 5 cm.

Las ramas acodadas el 22 de Febrero de 2014 se revisaron a los tres meses de iniciado el experimento y se encontró que habían muerto sin producir callos.

Acodos realizados el 14 de Mayo de 2014 se muestrearon a los tres meses de iniciado el experimento (21 de agosto de 2014) y se encontró que de 10 muestras 5 presentaban raíces.

Las estacas empezaron a presentar necrosis por oxidación a los cuatro días de iniciado el experimento pero se decidió continuar hasta el mes para confirmar algún resultado posible.

### **3.5 Variables a evaluar**

#### **3.5.1 Calidad de portainjerto**

Para la evaluación de estos caracteres se utilizó un vernier plástico de precisión marca Caliper donde la sensibilidad de la medición indicada es de  $5 \times 10^{-5}$  m. las variables que corresponden a calidad del portainjerto fueron:

- a) Sobrevivencia: esta característica se evaluó mediante la turgencia del tallo y el color verde característico de la presencia de actividad celular.
- b) Presencia de callo: se consideraron aquellas que presentaron aglomeraciones de células sin diferenciar en la zona del anillado o bien en la base de las estacas.
- c) Enraizamiento: se consideró un portainjerto enraizado aquella que tuviese al menos una raíz adventicia proveniente del callo o de otra parte de la rama dentro de la zona acodada o bien de cualquier parte de la estaca.
- d) Numero de raíces: se consideró raíz aquella protuberancia de color cristalino o bien café característico de una raíz en crecimiento.
- e) Longitud de raíz: con un vernier de precisión marca Caliper ® de una precisión de  $1 \times 10^{-5}$  m, se midió la raíz y se consideró la longitud de raíz desde la base hasta el ápice de raíces principales desenrollando y estirando aquellas raíces aglomeradas.
- f) Diámetro de raíz: con un vernier de precisión se midió el diámetro la zona de medición fue la primera cuarta parte de la raíz principal.
- g) Raíces secundarias: se consideraron aquellos apéndices o protuberancias que contenía la raíz principal excepto el ápice de ella misma.

### **3.5.2 Calidad de raíz principal**

Para la obtención de datos de esta variable se colectaron tres raíces principales representativos del tratamiento y se conservaron para su transportación en una

solución de GAA (glicerina-alcohol-agua) en una proporción 1:1:1 hasta el momento del corte. Las muestras fueron de 1.5 mm de longitud de ápices de raíz cortados hasta antes de iniciar la curvatura de la cofia hacia la base de la raíz. Las muestras se fijaron en parafina e inmediatamente se realizaron cortes transversales de 17  $\mu\text{m}$  de grosor usando un micrótopo rotatorio manual marca Leica Hung Histocut. Las observaciones de las preparaciones se realizaron en un microscopio marca Leica modelo DM3000 a 25 y 50 aumentos y se tomaron imágenes para ser analizadas con el programa LAS V3.7 (Leica Application Suite) y calcular longitudes correspondientes de las siguientes variables.

- a) Grosor de epidermis: se midió la primera capa de células organizadas, de afuera hacia el centro de la raíz como se indica en la letra a, Figura 1.
- b) Grosor de corteza: se midió la segunda capa de células como se indica en la letra b, de la Figura 1.
- c) Grosor de endodermis: correspondiente a la tercera capa como se observa en la letra c, Figura 1.
- d) Diámetro de cilindro vascular: corresponde al círculo central de la raíz (d, Figura 1).

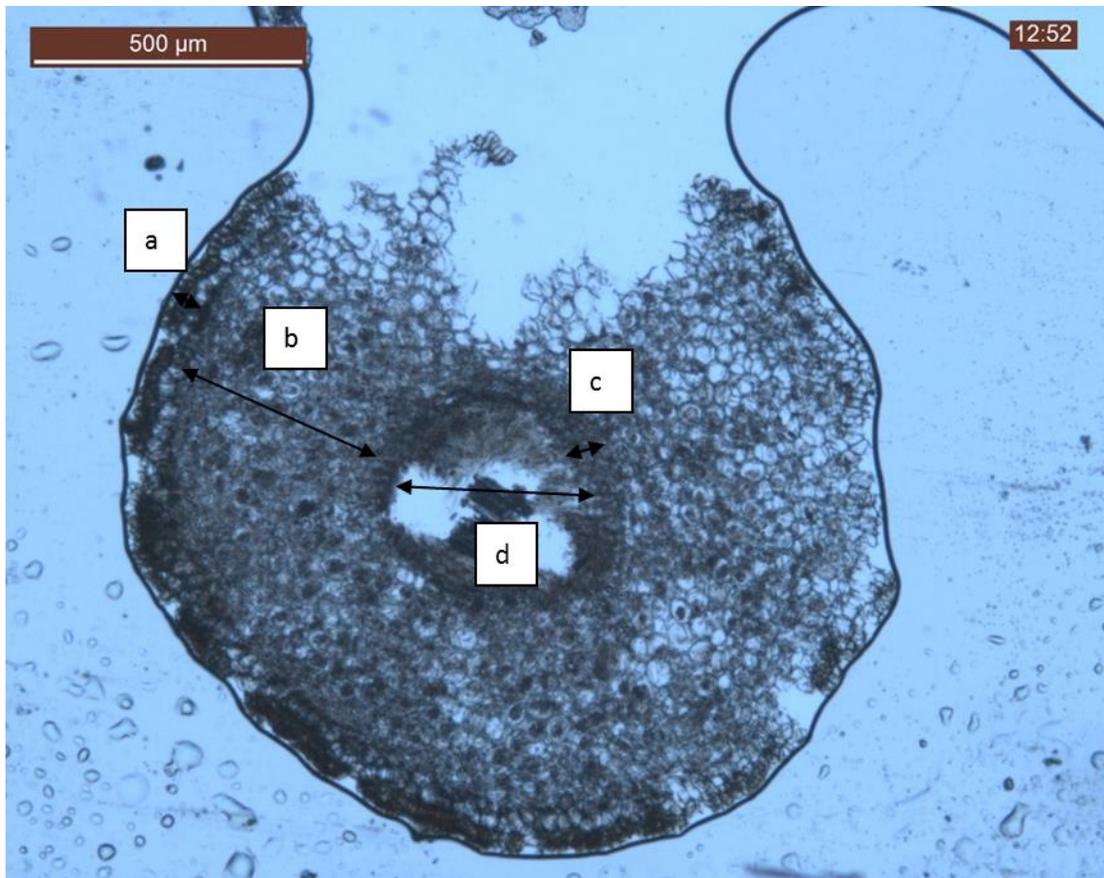


Figura 1. Puntos de medición de cortes transversales de raíces de guanábano.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Acodos aéreos**

Los acodos realizados en invierno (22 de febrero de 2014), murieron poco después de ser acodados. Cabe mencionar que la estación del año en que se realizaron estos acodos fue invierno y no presentaban hojas debido a que este árbol cambia de hojas cada año (Castro, 2007), por lo que Hartman y Kester, 2002, solo recomiendan la primavera y el verano para esta actividad cuando las plantas tienen hojas.

#### **4.1.1 Variables físicas**

##### **4.1.1.1 Porcentaje de sobrevivencia**

En lo referente a sobrevivencia no se observaron diferencias estadísticas significativas, por lo que se puede inferir que la sobrevivencia no es una variable afectada por los tratamientos (Figura 2). Estos resultados son similares a los encontrados por Castillo *et al.* (1997) y Sánchez *et al.* (2009), al encontrar que los resultados de los acodos no fueron efecto de tratamientos.

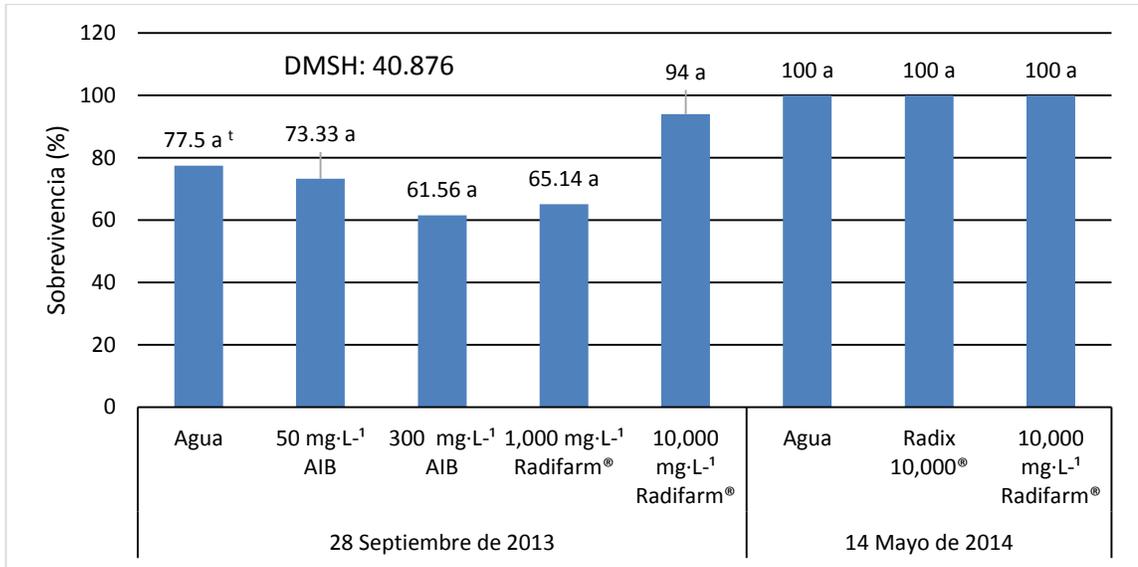


Figura 2. Supervivencia de acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.1.2 Porcentaje de presencia de callo

Los tratamientos no tuvieron diferencias significativas en lo que a formación de callo se refiere (Figura 3). Los resultados concuerdan con los de Castillo *et al.* (1997) y Sánchez *et al.* (2009), en donde los tratamientos no tuvieron efecto en esta variable.

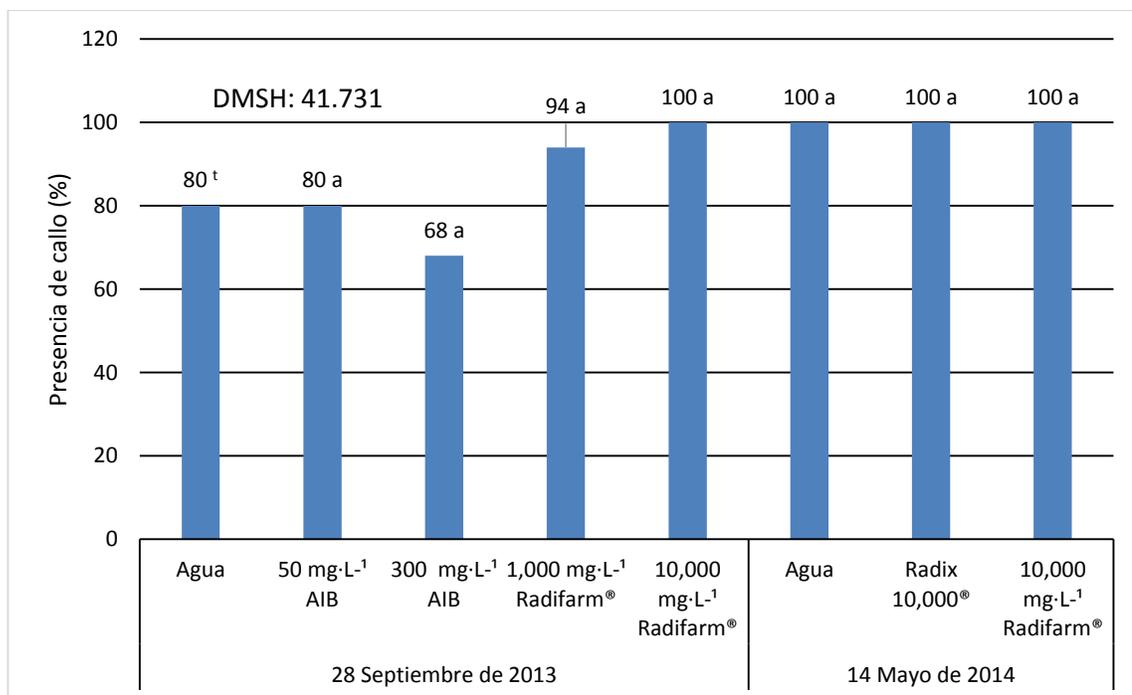


Figura 3. Presencia de callos en acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.1.3 Porcentaje de enraizamiento

Los resultados no muestran diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos excepto en el tratamiento que corresponde a la aplicación de 300 mg·L<sup>-1</sup> de AIB. Los resultados de las demás variables concuerdan con los resultados obtenidos en chirimoyo por Castillo *et al.* (1997), en donde obtuvieron un enraizamiento máximo de 35 % sin que también existan diferencias significativas con los demás tratamientos. Es importante señalar que en este trabajo se obtuvo 11 % más enraizamiento que en Chirimoyo, lo cual puede deberse a como lo comentan los autores que a mayor edad el porcentaje de enraizamiento baja.

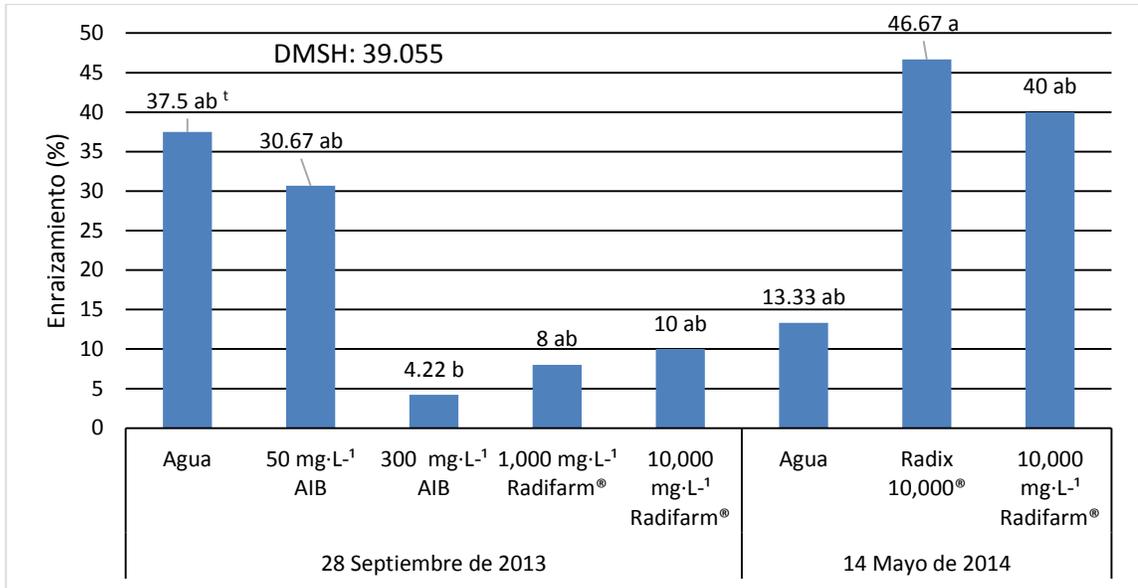


Figura 4. Enraizamiento de acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

La presencia de raíces en acodos de guanábano, es menor a algunos acodos realizados en aguacate (73.7 %), que es también una especie difícil de enraizar (Alves *et al.*, 1999); pero a diferencia de los estudios de chirimoyo y guanábana los acodos de aguacate se realizan en estados juveniles, en tanto que en las *Annonas*, éstas ya estaban en producción.

#### 4.1.1.4 Numero de raíces principales

El tratamiento de Radix® mostró el valor más alto en el número de raíces por acodo superando al Radifarm® en ambas épocas, sin diferencia estadística del testigo acodado en otoño y del testigo acodado en primavera (Figura 5); este comportamiento difiere a lo encontrado por Deccetti *et al.* (2005) en anona y Alves *et al.* (1999), en aguacate, en donde a medida que se incrementaba la concentración de AIB se incrementaba el número de raíces.

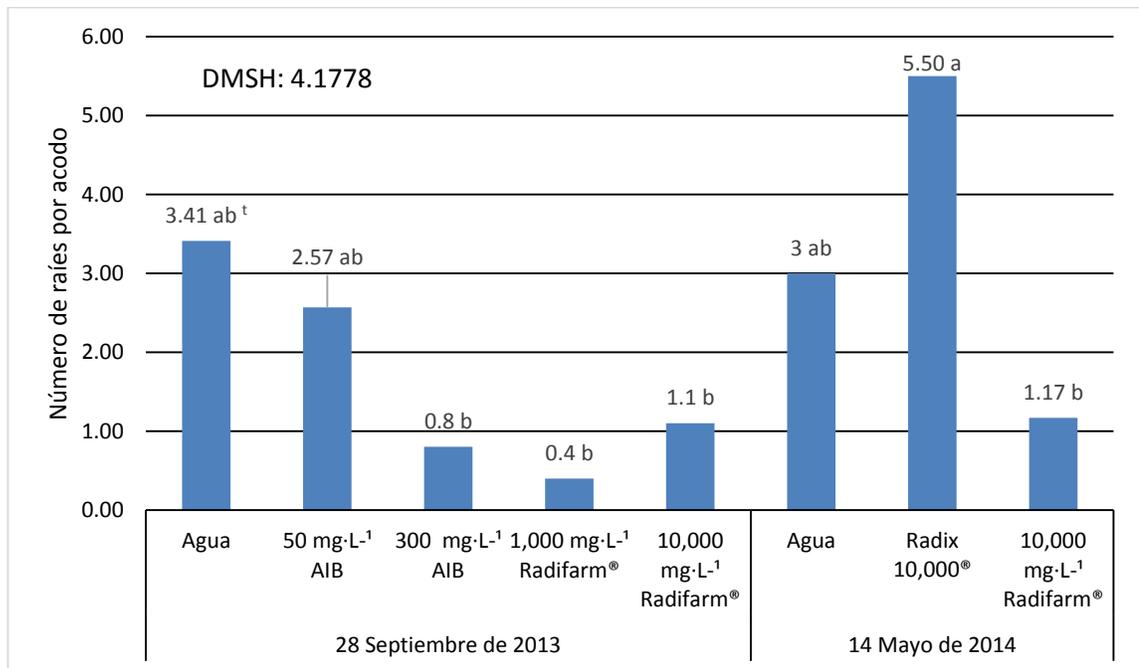


Figura 5. Numero de raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.1.5 Longitud de raíces

Todos los tratamientos producen efectos similares en la longitud de raíces de guanábano (Figura 6). Deccetti *et al.* (2005), mencionan que esta variable no es afectada de manera a en raíces estacas en la micropropagación de *A glabra*, por lo que hace inferir que en acodos puede suceder de igual manera en las concentraciones realizadas en este trabajo. Resultados de Castillo *et al.* (1997) sugieren que las anonas no son especies que tengan reacción a enraizadores al menos con las sustancias evaluadas en las concentraciones de AIB de 1 a 1000 mg·L<sup>-1</sup>.

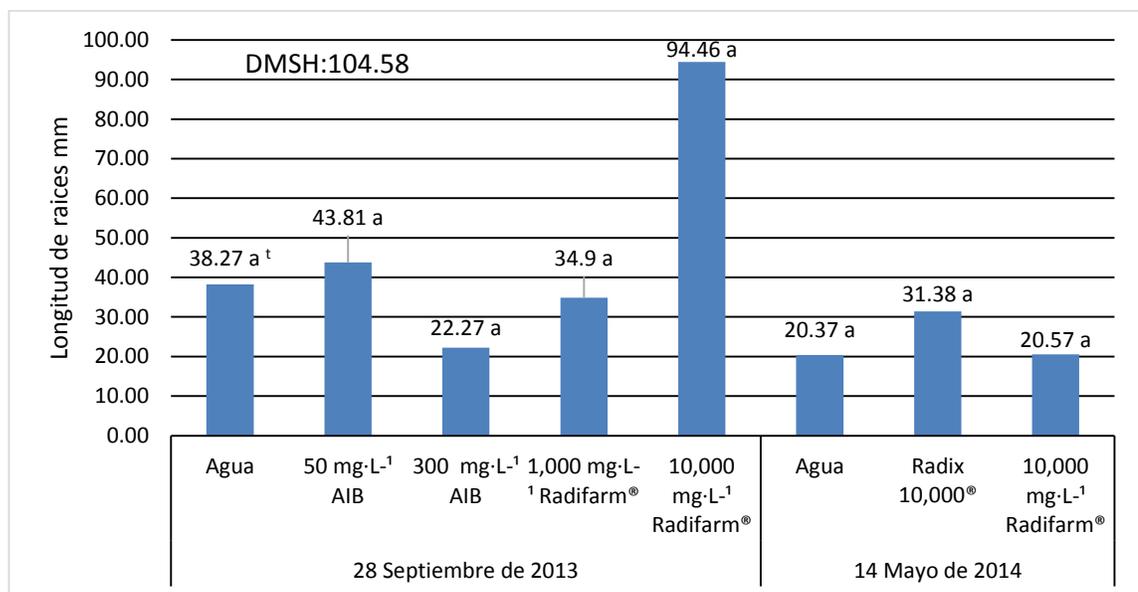


Figura 6. Longitud promedio de las raíces en acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.1.6 Diámetro de raíces

El diámetro de raíces no es una variable afectada por los tratamientos, los estudios Deccetti *et al.* (2005), también demuestran que esta variable no fue afectada al aplicar auxinas (AIB, ANA) (Figura 7). Lo que hace suponer que las sustancias y concentraciones no son las adecuadas para modificar esta variable o bien que la planta no es sensible a estas sustancias aplicadas.

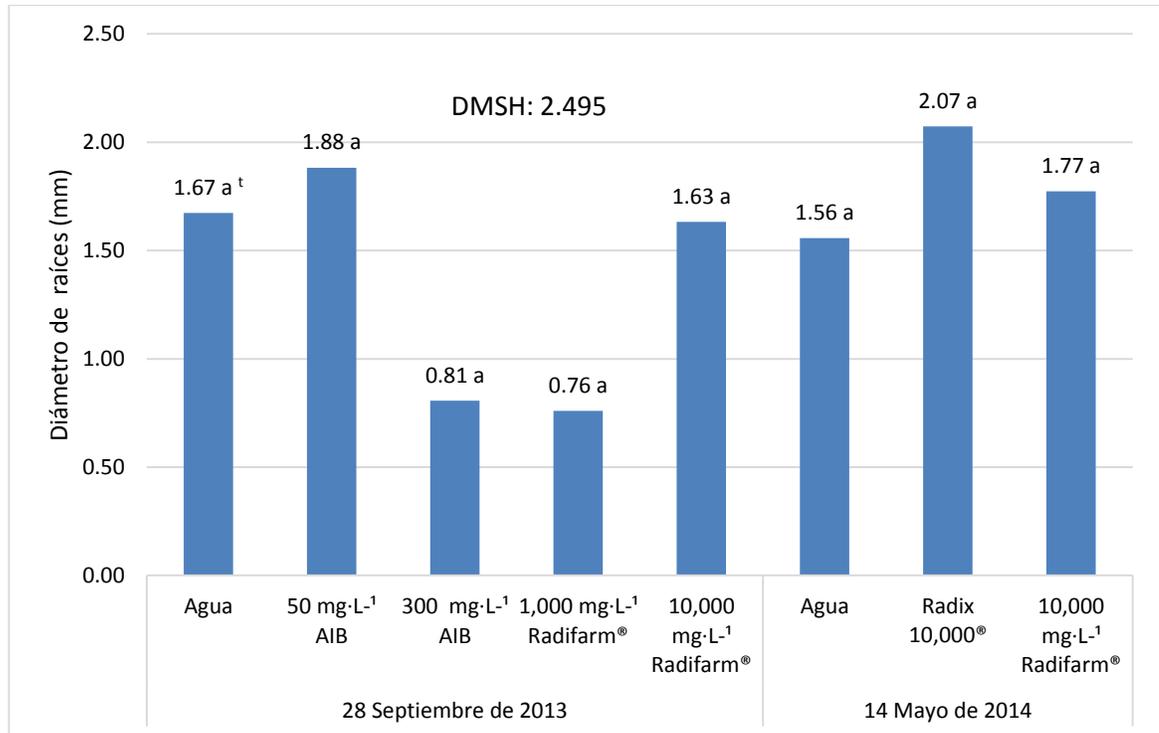


Figura 7. Diámetro promedio de las raíces principales en acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.1.7 Promedio de raíces secundarias

La prueba de comparación de medias dio similar para todos los tratamientos de acodos realizados, el rango crítico fue demasiado amplio para encontrar diferencias, por lo que se concluye que todos los tratamientos tienen el mismo efecto en el desarrollo de raíces secundarias (Figura 8).

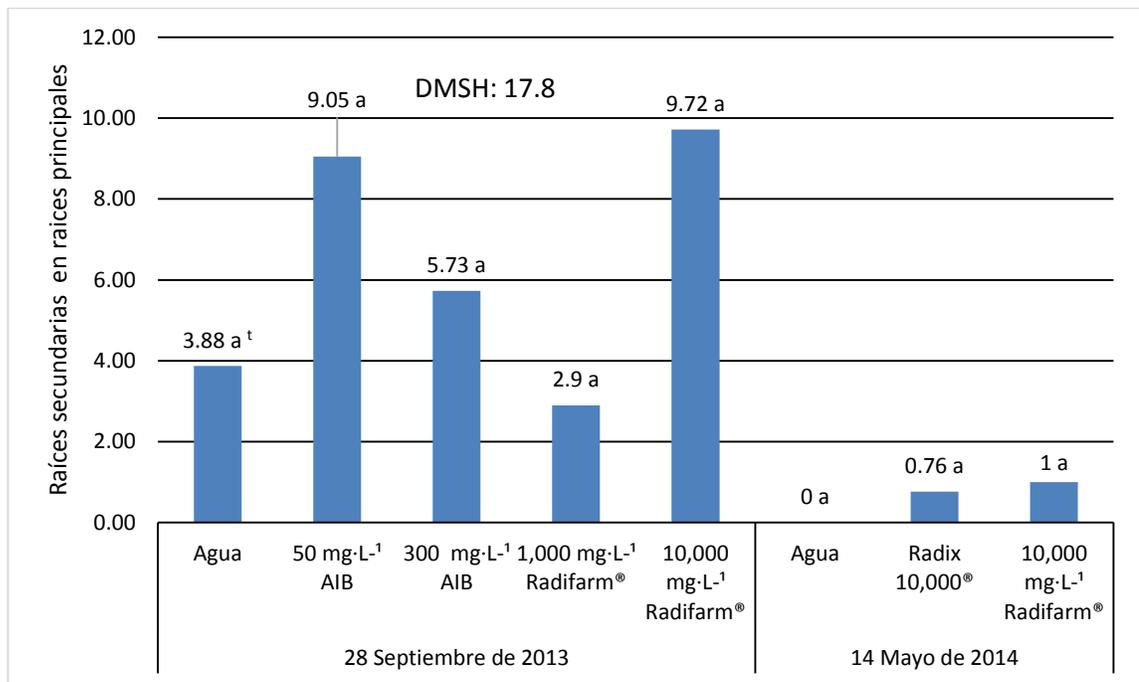


Figura 8. Número de raíces secundarias en raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

## 4.1.2 Variables anatómicas

### 4.1.2.1 Grosor de la epidermis

El tratamiento 13 correspondiente a la aplicación de Radifarm® a dosis de 10,000 mg·L<sup>-1</sup> de producto comercial en primavera o bien aplicaciones de 50 mg·L<sup>-1</sup> de AIB a principios de otoño favorece una epidermis más gruesa en los acodos (Cuadro 18). Si bien una de las funciones del AIB es el enraizamiento no se encontró estudios comparativos para determinar las causas de este comportamiento.

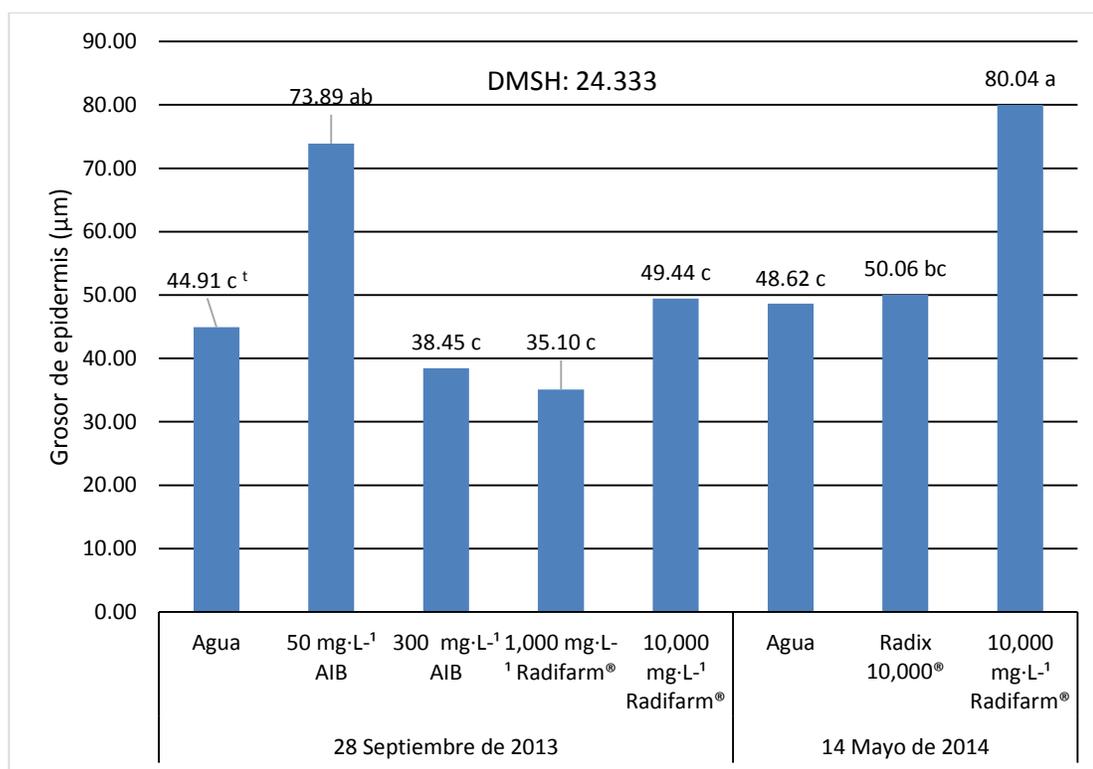


Figura 9. Grosor de epidermis en raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.2.2 Grosor de corteza

La prueba de comparación de medias indica que los acodos del testigo presentaron el mayor grosor de corteza en raíces, lo que significa que para este caso los tratamientos ejercen efecto negativo en el grosor de corteza (Figura 10). Aunque se tiene informes de que las anonas no son sensibles a la aplicación de sustancias enraizadoras (Castillo *et al.*, 1997; Decchetti *et al.*, 2005), podemos observar que las sustancias tuvieron efecto negativo en acodos realizados en primavera. En tanto que en otoño el Radifarm® superó en esta variable a aplicaciones de AIB en las dosis realizadas. La época del año determinó las diferencias de esta variable, debido a que en otoño, las plantas caducifolias han acumulado reservas que en primavera vuelven a usar, mientras que en primavera todos los fotosintatos son detenidos por el acodo por lo que el vigor de la rama es mayor (Hartmann y Kester, 2002).

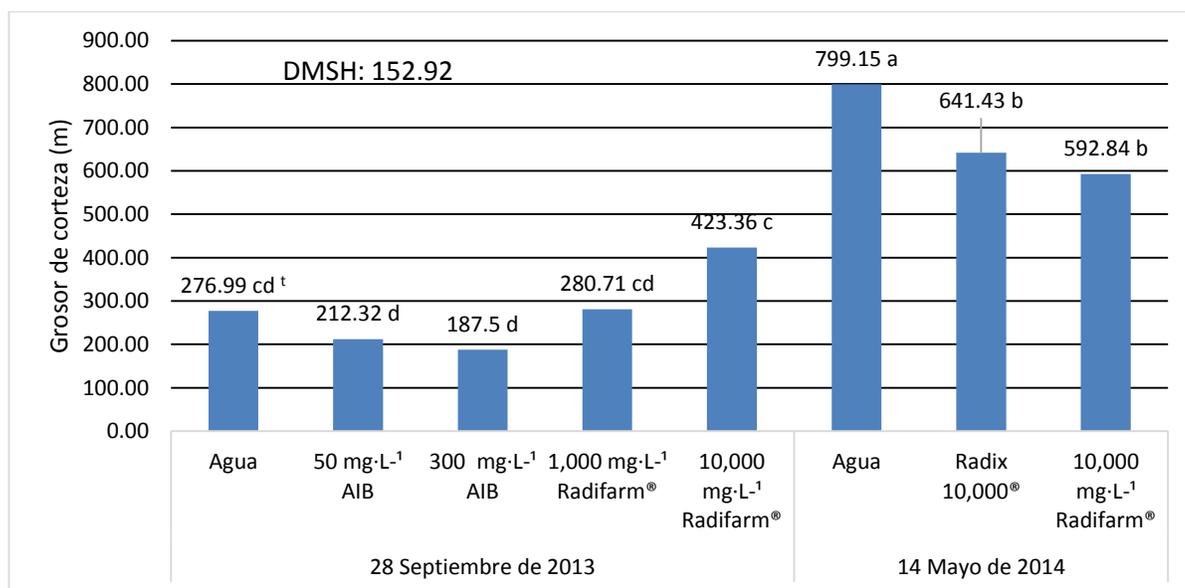


Figura 10. Grosor de corteza en raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.2.3 Grosor de la endodermis

El grosor de la endodermis está relacionada la época de acodo (Figura 11), el mayor grosor lo presentan acodos de primavera. Hartmann y Kester (2002), explican que a medida que se acerca al invierno en plantas caducifolias, las hojas proporcionan cada vez menos carbohidratos y por lo tanto los acodos serán menos vigorosos.

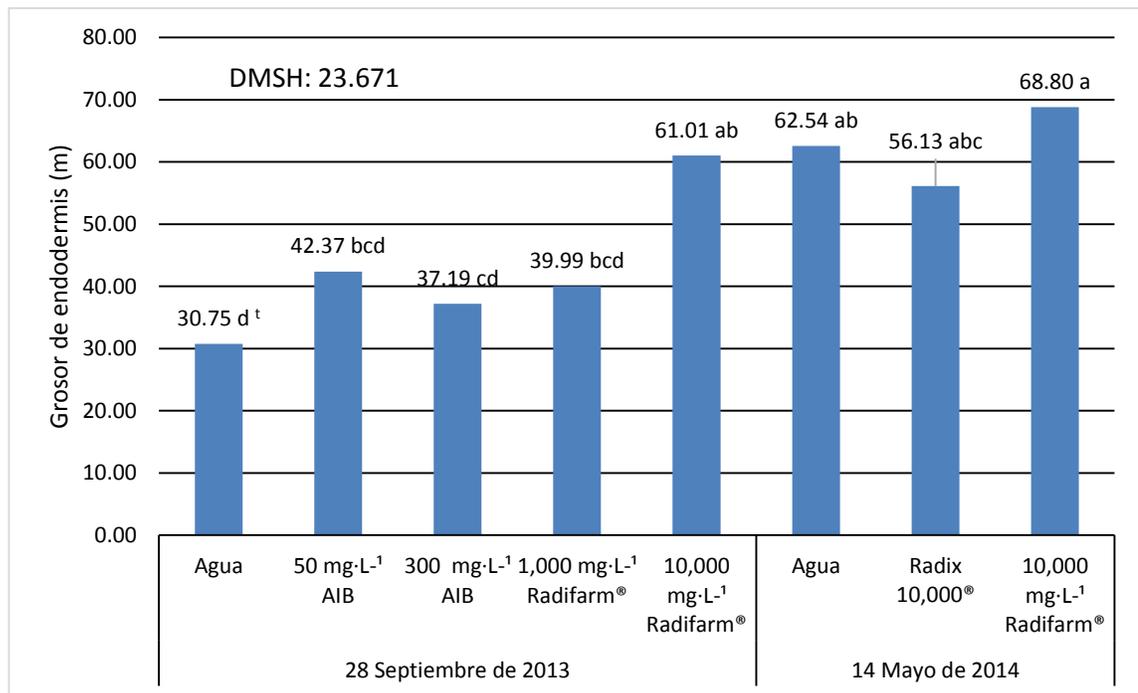


Figura 11. Grosor de endodermis en raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>t</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

#### 4.1.2.4 Diámetro del cilindro vascular

Los resultados muestran que los mejores tratamientos fueron los acodos realizados en primavera si se comparan los tratamientos similares (Figura 12). Los resultados son efecto de la época de acodos, pues los acodos de invierno tuvieron poco tiempo de acumular carbohidratos además de utilizarlos en la brotación de primavera, en tanto que los acodos de primavera tuvieron mejores condiciones climáticas y no reinvirtieron en la formación de hojas (Hartmann y Kester, 2002).

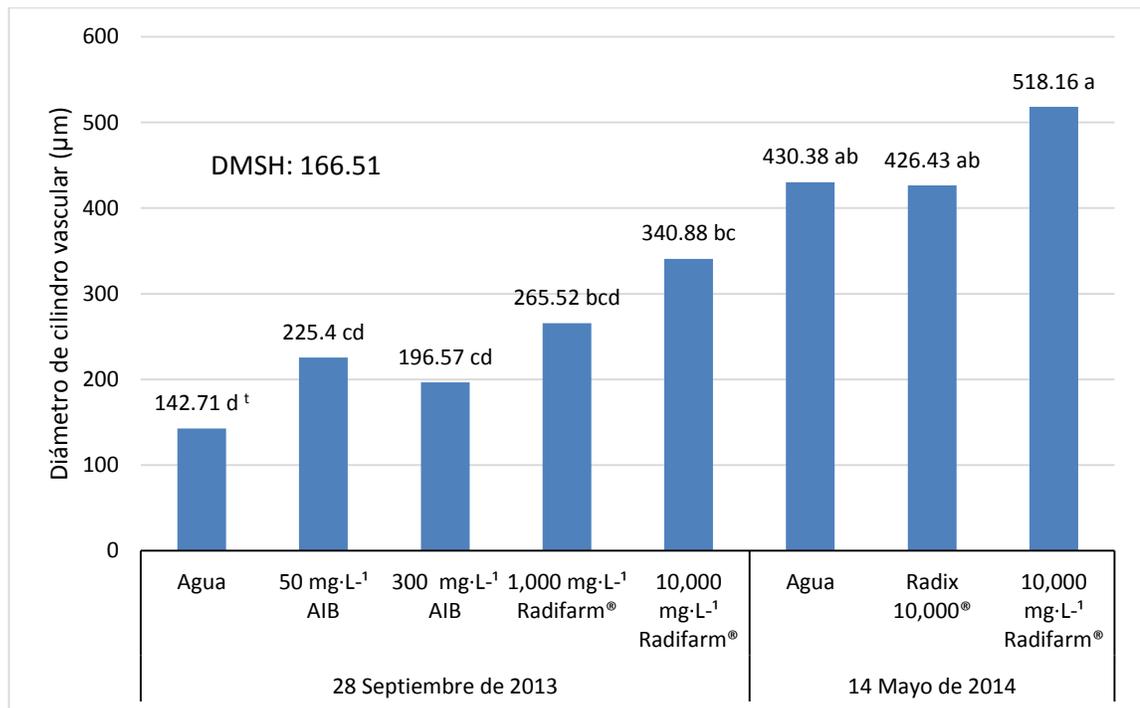


Figura 12. Diámetro de cilindro vascular en raíces principales de acodos aéreos de guanábano.

<sup>†</sup> Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey (0.05); DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

## 4.2 Propagación por estacas

Todas las estacas de los tratamientos murieron, esto se debe a que esta especie es susceptible a la oxidación formando rápidamente fenoles que causan muerte de las células (Rivero, 2001; Hernández y Gonzáles, 2010). En las propagaciones de estacas de esta especie se recomienda el control de la humedad relativa y el uso continuo de antioxidantes para evitar muerte celular. Ferreira y Ferrari (2010), lograron el enraizamiento de estacas de hasta 92 % usando un tratamiento de inmersión de 24 h en una solución de 400 mg·L<sup>-1</sup> de NAA sin que su estudio mencione el uso de antioxidantes, pero si nebulizaciones frecuentes, lo que hace suponer que en éste trabajo, las estacas no prosperaron debido a la deshidratación o a ambos problemas. Castillo *et al.* (1997), también obtuvieron resultados similares al no encontrar estacas enraizadas.

## **V. CONCLUSIONES**

El método de propagación por acodos fue el único método que proporcionó capacidad de enraizamiento.

Los tratamientos no tuvieron efecto en la capacidad de enraizamiento, por lo que la respuesta de las variables es en su mayoría debidas al método de propagación.

La calidad de la raíz principal está dada por la fecha de acodo.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta R., A. M.; Peña S., E. J.; Castro, R., D. 2011. Evaluation de Medios de Cultivo para la Produccion in vitro de *Annona muricata* mediante la tecnica de microinjertacion seriada. Acta Agronomica. 60(2): 140-146.
- Alves O., A.; Carlos K., O.; Villegas M., A. 1999. Propagación Vegetativa de Aguacate Selección 153 (*Persea sp*) por Acodo en Contenedor. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 221-225.
- Bourke D., O. D. 1976. "Annona spp." The Propagation of Tropical Fruit Trees. Edited by R. J. Garner and Chaudhri S. A. Horticultural Review N. 4. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Kent, UK. pp. 223-248.
- Castillo F., J. D.; López L., M. A.; López U., J.; Cetina A., V. M., Hernández T., T. 2013. Factores de Influencia en el Enraizamiento de Estacas de *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham. Revista: Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 19(1): 175-184.
- Castillo A., P.; Muñoz P., R. B., Rubí A., M., Cruz C., J.G. 1997. Métodos de Propagación del Chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.) Revista Chapingo Serie Horticultura 3(2): 59-62.
- Castro R., J. J. 2007. Cultivo de la Anona (*Annona cherimola* Mill). Ministerio de Agricultura. San José, Costa Rica. 56 p.
- Deccteti, C. S.F.; Paiva, R.; Duarte, O. P., Aloufa, M. A I. 2005. La Micropogation d'*Annona glabra* L. á partir de Segments Nodaux. Fruits 60(5): 319-325

- López E., C. 2005. *Annona sp.* Atemoya, Cherimoya, Soursoup and Sugar Apple. En: Biotechnology of Fruit and Nut Crops. Biotechnology in Agriculture (29): 74-89
- Ferreira, G.; Ferrari, T. B. 2010. Enraizamento de Estacas de Ateemoieira (*Annona Cherimola* Mill. X *A. squamosa* L.) cv. Gefner Submetidas a Tratamento Lento e Rápido com Auxinas. Ciênc. agrotec., Lavras. 34 (2): 329-336.
- González V. M. E. 2013. Chirimoya (*Annona cherimola* Miller). Cultivos Tropicales. 34(3): 52-63
- Guerrero E., J.; Fischer, G. 2007. Manejo Integrado en el Cultivo de Anon (*Annona squamosa* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2 (1): 154-169,
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E. 2002. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice Hall. 7a Ed. New Jersey. 869 p.
- Hernández, Y.; González, M. E. 2010. Efectos de la Contaminación Microbiana y la Oxidación Fenólica en el Establecimiento *in vitro* de Árboles Frutales. Cultivos Tropicales 31(4): 58-69.
- Indriyani, K. L.N. 2011. The Effect of Rootstocks on soursoup (*Annona muricata* L.) Grafting. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 6(11): 29-32.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Tlapacoyan, Veracruz de Ignacio de la Llave. (Consultado el 26 mayo de 2015). En <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/30/30102.pdf>

- Joshi, P.S.; Jadhao, B.J.; Chaudhari, G.V. 2011. Studies on Vegetative Propagation in Custard Apple. *Asian J. Hort.*, 6 (1): 261-263.
- Leszek S.J. 2003. Reguladores del Crecimiento, Propiedades y Accion. Edit. Mundiprensa. Mexico D.F., pp: 317-319.
- Paull, R. E. Duarte, O. 2012. Annonas: soursop and Rollinia.. *Tropical Fruits*, 2nd Edition, 1: 1-24.
- Pinto, A. C. de Q.; Cordeiro, M. C. R., Andrade, S. R. M.; Ferreira, F. R.; Figueiras, A. de C.; Alves, R. E.; Kinpara, D. I. 2005. *Annona Species*. International Centre for Underutilized Crop. University of Southamptom. Southamptom U.K. pp: 71-84.
- Ragasa, C.Y.; Soriano, G.; Torres, O. B.; Don, M. J.; Shen, C.C. 2012. Acetogenins from *Annona muricata*. *Phcog J.* 4: 32-37.
- Rivero M., G.C.; Ramirez V., M.C.; Sierralta S.L. 2001. Tipo de explante en el establecimiento *in vitro* de guanábano (*Annona muricata* L.). *Rev. Fac. Agron.* 18:258-265.
- Sánchez U., A. B.; Suáres E.; Gonzáles M., R.; Amaya, Y.; Colmenares C., V.; Ortega J. 2009. Efecto del Ácido Indolbutírico sobre el Enraizamiento de Acodos Aéreos de Guayabo (*Psidium guajava* L.) en el Municipio Baralt, Venezuela. *UDO Agrícola* 9 (1): 113-120.
- SCUC. 2006. *Annona: Annona cherimola, A. muricata, A. reticulata, A. senegalensis and A. squamosa*, Field Manual for Extension Workers and Farmers, University of Southampton, Southampton, UK . 19 p.
- Vidal H., L.; Villegas M, A.; García V. A.; Becerril R., A.E., Mosqueda V., R. 2000. Relaciones Anatómicas y Compatibilidad de *Annona muricata* L. 'sin fibra' Injertada sobre diversas Anonáceas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 89-96.

## VII. |ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de variables físicas de raíces de acodos de guanábano.

Tratamiento	Repeticion	Sobrevivencia (%)	Formacion de callo (%)	Enraizamiento (%)	Numero de raíces	Longitud de raíces (mm)	Diámetro de raíces (mm)	Numero de secundarias en raíces principales
1	1	40.000	40.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	2	80.000	80.000	20.000	1.000	19.000	2.700	0.000
1	3	90.000	100.000	50.000	6.400	78.594	2.109	9.781
1	4	100.000	100.000	80.000	6.250	55.480	1.886	5.720
2	1	90.000	90.000	30.000	2.333	40.143	1.843	6.429
2	2	40.000	40.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	3	70.000	70.000	30.000	4.333	75.769	2.422	15.231
2	4	66.667	100.000	33.333	1.667	50.580	2.980	11.200
2	5	100.000	100.000	60.000	4.500	52.548	2.167	12.370
3	1	77.778	100.000	11.111	3.000	77.333	2.233	28.667
3	2	30.000	50.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	80.000	60.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	4	40.000	40.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	5	80.000	90.000	10.000	1.000	34.000	1.800	0.000
4	1	85.714	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	2	70.000	90.000	20.000	1.000	103.000	2.550	11.500
4	3	60.000	90.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	4	50.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	5	60.000	90.000	20.000	1.000	71.500	1.250	3.000
5	1	90.000	100.000	10.000	1.000	33.500	3.000	1.000
5	2	100.000	100.000	10.000	1.000	201.000	1.900	19.000
5	3	100.000	100.000	20.000	2.500	89.820	1.760	5.600
5	4	90.000	100.000	10.000	1.000	148.000	1.500	23.000
5	5	90.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	1	100.000	100.000	20.000	6.000	28.000	2.425	0.000
11	2	100.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	100.000	100.000	20.000	3.000	33.100	2.250	0.000
12	1	100.000	100.000	40.000	5.500	41.182	1.936	1.727
12	2	100.000	100.000	60.000	5.667	19.353	2.191	0.059
12	3	100.000	100.000	40.000	5.330	33.616	2.095	0.500
13	1	100.000	100.000	40.000	1.500	28.667	1.433	1.000
13	2	100.000	100.000	40.000	1.000	14.500	2.025	1.000
13	3	100.000	100.000	40.000	1.000	18.548	1.865	1.000

Anexo 2. Resultados de las variables anatómicas de raíces principales de acodos de guanábano

Tratamiento	Grosor de epidermis ( $\mu\text{m}$ )	Grosor de corteza ( $\mu\text{m}$ )	Grosor de endodermis ( $\mu\text{m}$ )	Ancho del cilindro vascular ( $\mu\text{m}$ )
1	47.48	294.25	30.91	101.26
1	42.23	294.35	32.54	124.55
1	42.53	333.35	36.22	133.25
2	70.63	216.015	26.38	198.89
2	81.64	224.08	27.2	184.28
2	82.24	195.74	58.24	291.2
3	37.62	184.18	38.67	174.2
3	42.42	164.2	37.452	201.34
3	35.312	214.12	35.45	214.18
4	40.92	183.96	39.14	312.04
4	36.8	214.32	38.209	354.11
4	43.57	399.46	53.91	406.33
5	49.4	452.43	66.65	324.33
5	53.58	423.45	64.93	346.84
5	45.35	394.2	51.45	351.47
11	65.91	869.38	65.21	453.65
11	34.6	824.53	62.456	423.65
11	45.36	703.54	59.967	413.84
12	62.53	666.05	59.84	392.34
12	43.91	715.38	65.484	413.87
12	43.73	542.87	43.07	473.08
13	81.84	581.43	73.08	509.87
13	81.83	603.54	68.46	543.21
13	76.45	593.54	64.874	501.4

Anexo 3. Análisis de varianza de porcentaje de sobrevivencia de acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	7583.00812	1083.28687	3.62
Error	25	7483.47678	299.33907	
Total correcto	32	15066.4849		
C.V. (%)	21.30272			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 4. Análisis de varianza de porcentaje de acodos aéreos con callo en guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	4751.51515	678.78788	2.18
Error	25	7800	312	
Total correcto	32	12551.5152		
C.V. (%)	19.89407			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 5. Análisis de varianza de porcentaje de acodos aéreos enraizados en guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	7635.42061	1090.77437	3.99
Error	25	6831.5399	273.2616	
Total correcto	32	14466.9605		
C.V. (%)	76.35457			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 6. Análisis de varianza de número de raíces por acodo aéreo de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	75.4190361	10.774148	3.45
Error	25	78.1748169	3.1269927	
Total correcto	32	153.593853		
C.V. (%)	87.12288			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 7. Análisis de varianza de longitud de raíces de acodo aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	19107.5841	2729.65487	1.39
Error	25	48988.1215	1959.52486	
Total correcto	32	68095.7056		
C.V. (%)	108.4293			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 8. Análisis de varianza de promedios de diámetro de raíces en acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	7.26326158	1.0376088	0.93
Error	25	27.8803985	1.11521594	
Total correcto	32	35.1436601		
C.V. (%)	72.12179			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 9. Análisis de varianza de promedios de número de raíces secundarias en acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	398.346241	56.906606	1
Error	25	1419.03742	56.761497	
Total correcto	32	1817.38366		
C.V. (%)	157.5716			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 10. Análisis de varianza de grosor de la epidermis en raíces de acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	6990.44732	998.635332	10.99
Error	21	1908.20698	90.866999	
Total correcto	28	8898.6543	8898.6543	
C.V. (%)	18.13469			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 11. Análisis de varianza de grosor de la corteza en raíces de acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	1208985.95	172712.278	48.13
Error	21	75365.191	3588.819	
Total correcto	28	1284351.14		
C.V. (%)	15.0991			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 12. Análisis de varianza de grosor de la endodermis en raíces de acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	4660.21679	665.745256	7.74
Error	21	1805.87396	85.993998	
Total correcto	28	6466.09075		
C.V. (%)	19.32225			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

Anexo 13. Análisis de varianza de diámetro del cilindro vascular en raíces de acodos aéreos de guanábano.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor
Tratamiento	7	411432.43	58776.0615	13.81
Error	21	89359.0945	4255.195	
Total correcto	28	500791.525	500791.525	
C.V. (%)	21.58837			

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.



Anexo 14. Raíces de guanabano de acodos realizados el 28 de septiembre de 2013.