



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS NATURALES Y ECOMIC (HMA),  
EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE GUAYABA  
(*Psidium guajava* L.) POR ESQUEJES**

**Osiris Hernández Morales**

**Tesis presentada en opción al Título de  
Especialista en Fruticultura**

**Jagüey Grande  
2018**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

# EVALUACIÓN DE PRODUCTOS NATURALES Y ECOMIC (HMA), EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) POR ESQUEJES

Tesis presentada en opción al Título de  
Especialista en Fruticultura Tropical

**Autor:** Ing. Osiris Hernández Morales

**Tutor:** MSc. José Pérez Rodríguez

Jagüey Grande

2018

## **DEDICATORIA**

A mi niña y a todos los que de una manera u otra han contribuido a mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su amor y apoyo incondicional.

A mi tutor MSc. José Pérez Rodríguez, por su paciencia y dedicación.

A todos los profesores de la especialidad en fruticultura que de una forma u otra han tomado parte en mi formación como persona y profesional.

*A todos muchas gracias*

## RESUMEN

La obtención de plantas por esquejes es un método de propagación sencillo y rápido; sin embargo, la insuficiente disponibilidad de sustancias que estimulen el enraizamiento de los esquejes constituye una limitante de la producción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el empleo de productos naturales para el enraizamiento. En la casa de producción de esquejes de guayaba de la CCSF “Camilo Cienfuegos” en Jagüey Grande, se probaron el ácido indol-3-butírico (AIB) a concentración de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , Pectimorf® líquido a concentración de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  como enraizadores, gel de Aloe vera y el EcoMic® aplicado en los cortes inferiores de las varetas. A los 45 días del tratamiento los esquejes tratados con enraizadores mostraron diferencias significativas con respecto al testigo en los parámetros formación de callos y raíces, destacándose el AIB en la formación de raíces, los mejores porcentajes de supervivencia (80%) se lograron con el AIB y AIB mas EcoMic®, con el PectiMorf® y PectiMorf® mas EcoMic® se supero el 75% mientras que con el Aloe vera se lograron un 65% de esquejes vivos. Los tratamientos con AIB y AIB más EcoMic® y PectiMorf® y PectiMorf® mas EcoMic® a los 90 días de plantados mostraron los mejores resultados en el número de raíces, diámetro y largo de los brotes, con el tratamiento PectiMorf® más EcoMic® el valor de la producción es de 135 159,5 CUP, con una ganancia de 119 175,5 CUP, una menor relación costo-beneficio 0,134 y mayor rentabilidad 745,6%.

**Palabras clave:** guayaba, esquejes, enraizadores.

<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Generalidades sobre el cultivo de la guayaba .....	4
2.1.1. Origen y distribución.....	4
2.1.2. Taxonomía.....	4
2.1.3. Características botánicas .....	5
2.1.4. Cultivares. ....	6
2.2. Métodos de propagación de la guayaba. ....	9
2.2.1. Propagación sexual por semillas .....	9
2.2.2. Propagación asexual o vegetativa.....	10
2.2.3. Propagación por enraizamiento de esquejes .....	10
2.3. Factores que influyen en la propagación por esquejes .....	12
2.3.1. Manejo y edad del banco de yemas .....	12
2.3.2. Calidad del esqueje.....	13
2.3.3. Medio de enraizamiento .....	13
2.3.4. Tratamiento con reguladores del crecimiento .....	14
2.4. El Pectimorf® y otros productos naturales como enraizadores .....	15
2.5. Aspectos generales del cultivo de la Sábila.....	18
2.5.1. Características y antecedentes del cultivo de la sábila .....	19
2.5.2. Usos y aplicaciones.....	19
2.6. Las micorrizas (Hongos micorrízicos arbusculares) .....	21
2.6.1. Características y potencialidades de empleo.....	21
2.6.2. Productos naturales a base de micorrizas. El EcoMic®. ....	23
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1. Localización del sitio experimental y material vegetal utilizado .....	24
3.1.1. Ubicación de la investigación.....	24
3.1.2. Material vegetal .....	24
3.2. Diseño experimental y tratamientos .....	25
3.3. Enraizamiento de esquejes de guayaba con diferentes productos .....	26
3.3.1. Efecto de los tratamientos en la formación de callo con raíces .....	26
3.3.2. Influencia de los tratamientos en la supervivencia y el enraizamiento .....	26

3.4. Efectos de los tratamientos en el crecimiento de los brotes .....	26
3.5. Factibilidad económica de los tratamientos de producción de esquejes .....	26
3.6. Programa estadístico empleado .....	27
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Enraizamiento de esquejes de guayaba con diferentes productos .....	28
4.1.1. Efecto de los tratamientos en la formación de callo con raíces .....	28
4.1.2. Influencia de los tratamientos en la supervivencia y el enraizamiento .....	31
4.2. Efectos de los tratamientos en el crecimiento de los brotes .....	35
4.3. Factibilidad económica de los tratamientos de producción de esquejes .....	36
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>6. RECOMENDACIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>41</b>



### 1. INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es un cultivo originario de América Tropical Continental y actualmente se encuentra muy difundido en todo el mundo. Este frutal es considerado el más valioso dentro del género *Psidium* de la familia Myrtaceae, por su alto contenido de sales minerales y vitaminas, entre ellas el ácido ascórbico (vitamina C), que en ocasiones sobrepasa los 400 mg por 100 g de pulpa, y brinda la posibilidad de consumo como fruta fresca o industrializada (MINAGRI, 2011).

En Cuba, esta fruta goza de una gran aceptación popular, además forma parte de las nuevas estrategias de producciones frutícolas nacionales, impulsadas por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y el Programa Nacional de Agricultura Urbana (Rodríguez y Sánchez, 2015). Dentro de los elementos decisivos de la cadena productiva, la propagación es una actividad de gran importancia.

Esta especie, inicialmente se propagó espontáneamente mediante reproducción sexual (Mata y Rodríguez, 2000). Con el desarrollo de la ciencia surgió la reproducción asexual, cuyos métodos más conocidos son: los injertos, estacas de raíz, estacas de brotes enraizados en el tronco, estacas de ramas lignificadas, acodos o margullos aéreos o en tierra, cultivo de tejido y enraizamiento de estacas de ramas herbáceas o esquejes (Farréz *et al.*, 2009).

Este último método, es el más utilizado en la guayaba cv. Enana Roja Cubana. La propagación por enraizamiento de esquejes permite obtener plántulas de alta calidad, con un notable ahorro de tiempo (3,5-6,0 meses), recursos humanos y financieros, además de las labores encaminadas a la producción y conducción de patrones, relacionadas con los injertos (Rodríguez *et al.*, 2001).

Un aspecto importante dentro de la tecnología, es la composición del sustrato, que desempeña un papel fundamental en el desarrollo de las raíces, en la vigorosidad y en el tiempo de obtención de las plantas (Méndez *et al.*, 2004; Suárez, 2011).



En Cuba, el Ministerio de la Agricultura, recomienda emplear un sustrato a base de zeolita y abono orgánico (MINAG, 2012). Sin embargo, existe la necesidad de optimizar su uso, a la vez que se pueda mejorar el valor agrobiológico del sustrato e influir en la calidad final de las plantas logradas por esta vía de propagación.

Para lograr una alta eficiencia en la producción de posturas por enraizamiento de esquejes, es necesaria la aplicación de reguladores del crecimiento y otras hormonas sintéticas como el ácido indolacético (AIA), ácido indol-3-butírico (AIB) y ácido-1-naftalenacético (ANA) (Domínguez, 2011). En búsqueda de alternativas que permitan la sustitución parcial o total de la hormona en la fase de enraizamiento, se puede emplear el Pectimorf® y el gel de aloe vera, productos naturales que pueden ser usados para estimular la emisión de raíces (Plana *et al.*, 2003; Costales *et al.*, 2007; Álvarez *et al.*, 2011; Fajardo *et al.*, 2011; Nieves *et al.*, 2016).

Este producto se pueda aplicar combinado con EcoMic®, inoculantes sólidos que contienen especies naturales de hongos micorrizógenos de alto grado de pureza, eficiencia y estabilidad biológica, desarrollados en sustratos adecuados y evaluados con éxito en diferentes condiciones edafoclimáticas (Carbera y Napoles, 2015).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) según (Rivera *et al.*, 2014) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan.

Existe escasa experiencia del empleo de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en los viveros de frutales, por lo que su utilización se haría necesario en estos cultivos donde la aplicación de los paquetes tecnológicos en nutrición es limitada.

En los últimos años la disponibilidad de sustancias que favorezcan la emisión de raíces en estacas leñosas ha disminuido considerablemente, de ahí la necesidad de buscar sustancias naturales y hongos micorrízicos que estimulen el enraizamiento de los esquejes de guayaba.

### **Problema.**

La producción de plantas por esquejes de guayaba cv. Enana Roja Cubana, se ve limitada por la baja disponibilidad del enraizador AIB (ácido indol-3-butírico) utilizado durante la etapa de propagación por esquejes en el municipio Jagüey Grande.

### **Hipótesis**

Si utilizamos los productos naturales Pectimorf®, Aloe vera y EcoMic® (HMA) como tratamientos alternativos al empleo del AIB, se podrán obtener mayores producciones de plantas de guayaba cv. Enana Roja Cubana por esquejes.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto del Pectimorf®, Aloe vera y la aplicación de EcoMic® (HMA) en el enraizamiento de los esquejes de guayaba cv. Enana Roja Cubana.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto del Pectimorf®, Aloe vera y la aplicación de EcoMic® (HMA) en la producción inicial de callo y raíces en esquejes de guayaba cv. Enana Roja.
- Determinar la influencia de los tratamientos con los productos naturales utilizados en indicadores del enraizamiento final de los esquejes de guayaba.
- Valorar el efecto económico de los tratamientos alternativos a base de Pectimorf®, Aloe vera y EcoMic® en sustitución del ácido indol-3-butírico (AIB) para la producción de plantas de guayabo por esquejes.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. Generalidades sobre el cultivo de la guayaba.

#### 2.1.1. Origen y distribución.

Según Cañizares (1968) el guayabo (*Psidium guajava* L.) fue semidomesticado hace más de 2000 años; pero sólo desde hace poco tiempo ha adquirido una gran importancia en las áreas tropicales y subtropicales del mundo, principalmente por su alto contenido de ácido ascórbico y por lo rentable de su cultivo.

El origen de *Psidium guajava* L. es ciertamente desconocido, pero se considera originaria de América Tropical, específicamente del sur de México o de Centroamérica. También se reportó su aparición en excavaciones realizadas en Perú, donde encontraron semillas de la especie, se plantea que los aztecas la conocían desde tiempos remotos y la llamaban xalxocotl (Mata y Rodríguez, 2000).

En el período de colonización los españoles la llevaron al nuevo mundo, en las Indias Orientales y Guam. Luego se encontró en otros lugares del mundo, dígase Asia, las partes calurosas de África, Palestina, Argelia, Indonesia, Brasil y Puerto Rico. En Hawai llegó alrededor de 1800 y en las islas del Pacífico se puede encontrar como un árbol de traspatio (Mendoza *et al.*, 2005). Actualmente, se cultiva en forma comercial en la India, Sudáfrica, Pakistán, Estados Unidos, Australia, Filipinas, Venezuela, Brasil, México, Cuba, Egipto, Tailandia, Indonesia, Colombia y algunos otros países (MINAG, 2012).

#### 2.1.2. Taxonomía.

El guayabo pertenece al orden Myrtales, que se compone de cinco familias: Myrtaceae, Lecythrídaceae, Melastomacetae, Combretaceae y Rhizophocaceae. La familia Myrtaceae, en la cual se encuentra este frutal, está representada por cerca unos 100 géneros y alrededor de 3000 especies de árboles y arbustos que prosperan en la mayor parte de las áreas tropicales y subtropicales del mundo (MINAG, 2012).

El género *Psidium*, incluido en esta familia, es el más importante y posee unas 233 especies (Lozano *et al.*, 2002). Algunas de las más importantes son:

- *Psidium cattleianum* Sabine (Guayaba fresa)
- *Psidium fredrichsthalianum* (Berg) Nied (Guayaba de Costa Rica)
- *Psidium guajava* L. (Guayaba manzana)
- *Psidium guineense* (Guayaba guinea)
- *Psidium montanum* (Guayaba de la montaña)

Su clasificación taxonómica es la siguiente según (Mederos, 2011):

División: Spermatophyta.

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Magnoliatae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Psidium*

Especie: *Psidium guajava* L.

### **2.1.3. Características botánicas**

Rodríguez *et al.* (2010) plantea que el guayabo es un árbol bajo o un arbusto de tres a 10 m de altura. Ramifica libremente cerca del suelo y puede llegar a ser muy denso. Su consistencia es dura y leñosa. El sistema radicular es muy superficial, pero el árbol lo compensa con la extensión y el número de raíces, las cuales sobrepasan la proyección de la copa. Esto es lo que incrementa su posibilidad de sobrevivir en áreas donde frecuentemente se tienen problemas con ciclones y le permite además que se desarrolle en casi todos los tipos de suelos.

El tallo puede alcanzar entre dos y nueve metros de altura, con un diámetro de hasta 30 cm, con tendencia a ramificarse profusamente, aún desde brotes radicales. Su consistencia es dura y leñosa (Rodríguez *et al.*, 2010).

Las hojas son algo coriáceas; ovals, oblongas o elípticas y con pecíolos cortos. Se disponen en pares alternos a lo largo de las ramas. Miden de tres a 6,5 cm de ancho y de cinco a 15 cm de largo. Tienen pubescencia fina en el envés y presentan aroma específico al ser estrelladas, el cual proviene de un aceite esencial y el olor depende del cultivar (Rodríguez *et al.*, 2010).

Las flores son hermafroditas, blancas y grandes. Pueden aparecer solitarias o formando grupos variables (dos a tres). Posee de cuatro a cinco pétalos. Los estambres son numerosos y con mucho polen. La floración puede mantenerse todo el año si las condiciones fitotécnicas son buenas y las condiciones ambientales lo permiten (Rodríguez *et al.*, 2010).

El fruto es una baya cuyas dimensiones varían enormemente de una variedad a otra. Puede ser redondeado, oblongo o piriforme y conserva en el ápice los restos del cáliz. La corteza puede ser lisa o rugosa y con un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez, aunque en algunos tipos se distingue un tinte ligeramente rosado en el lado expuesto. El color de la pulpa es muy variable: blanco, blanco amarillento, amarillo, rosado claro u oscuro, rojo y naranja. El sabor varía desde dulce a ácido o muy ácido. Presentan numerosas semillas pequeñas cuyo número puede variar de 112 a 535, aunque algunas guayabas no tienen semillas o presentan muy pocas (Rodríguez *et al.*, 2010).

#### **2.1.4. Cultivares.**

Peña *et al.* (2006) indica que para la selección de un cultivar de guayabo la planta y sus frutos deben reunir las siguientes características:

- Que las plantas sean buenas productoras y precoces.
- Plantas de porte pequeño.

En las condiciones de Cuba según Rodríguez *et al.* (2010a) se encuentran en la colección de guayabo en la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, los siguientes cultivares:

- E.E.A 18-40 ('Enana Roja Cubana'). Cultivar cubano obtenido por Jesús Cañizares en 1962 a partir de una selección de plantas propagadas por semillas del cultivar 'Indian Pink' (introducido desde Estados Unidos). Árbol de porte pequeño, frutos de diferentes formas y tamaño pero generalmente son aperados de pulpa roja-rosada. Cultivar muy prolifero de alto potencial productivo (más de 70 t.ha<sup>-1</sup>.año), su follaje es de color verde oscuro. Fue evaluado en la Estación Nacional de Frutales (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical) y propuesto para la producción en 1992. Se adapta a la mayoría de los suelos, incluso los poco profundos. Es el cultivar más generalizado en el país.
- 'EEA1-23'. Árbol de porte pequeño, más ancho que alto. Frutos algo ovalados de tamaño mediano a grande con pulpa color rosado, alto potencial productivo (50 t.ha<sup>-1</sup>.año), las hojas son grandes de color verde claro.
- 'EEA 38 - 4'. Cultivar que se encuentran en colección en el Banco de Germoplasma de Estación de frutales de Alquizar.
- 'Suprema Roja'. Cultivar prolífico introducido de Estados Unidos de Norte América. Se considera que produce uno de los frutos más hermosos y de buena calidad, que son ideales para consumirlos frescos. Árbol de crecimiento medio, vigoroso, frutos avalados algo, pulpa roja y de buena calidad.
- 'N6'. Cultivar procedente de Florida, Estados Unidos de Norte América, se introdujeron por el año 1958 unos nueve cultivares obtenidos por el Profesor Roy O. Nelson de la Universidad de Miami. Se denominaron como 'N1' a 'N9' y se plantaron en Sancti Espíritus, constituyendo la primera plantación comercial en Cuba. De ellos, la 'N6' ha sido el más propagado por sus altos rendimientos y calidad del fruto. Es un árbol de porte de mediano a alto, frutos de color rosado, con tamaño medio de 225 g.

- 'Belic L-123'. Cultivar cubano. Fue obtenido en el vivero de Belic, probablemente a partir de semillas del cultivar 'Indian Pink'.
- 'Belic L-207'. Cultivar cubano. Fue obtenido en el vivero de Belic, probablemente a partir de semillas del cultivar 'Indian Pink'. Posee alto potencial productivo y se refiere que no posee pulpa arenosa.
- 'Belic L-213'. Cultivar cubano. Fue obtenido en el vivero de Belic, probablemente a partir de semillas del cultivar 'Indian Pink'.
- 'BG 76-10'. Cultivar cubano obtenido por Cañizares en 1962 a partir de una selección de plantas propagadas por semillas del cultivar 'Indian Pink' (introducido desde Estados Unidos). Evaluado en la Estación Nacional de Frutales (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical) fue propuesto para la producción en 1992, por sus altos rendimientos y su porte enano.
- 'BG 76-18', 'BG 76-19', 'BG 76-23'. Cultivares que se encuentran en colección en el Banco de Germoplasma de Estación de frutales de Alquizar.
- 'Cotorrera'. Se le denomina a las diferentes formas silvestres de guayabo que crecen en Cuba. Poseen hojas generalmente más pequeñas que los cultivares reconocidos y sus frutos tienen una corteza externa fina y gran número de semillas. Tradicionalmente, por su gran rusticidad se han empleado como patrones para propagar por injerto los diferentes cultivares comerciales de guayabo.
- 'Homero No. 1'. Cultivar que se encuentran en colección en el Banco de Germoplasma de Estación de frutales de Alquizar.
- 'Ibarra'. Cultivar cubano. Se considera una mutación del cultivar 'N6'.
- 'Indonesia Blanca'. Cultivar introducido de Estados Unidos de Norteamérica. Se introdujo como cultivar 'Indonesia', pero por su color blanco de la pulpa, se generalizó posteriormente el nombre de 'Indonesia Blanca'. Posee una pulpa finísima, casi sin semillas y es muy prolífero.



- 'Microguayaba'. Guayaba silvestre considerada como la subespecie púmila de *Psidium guajava* L.
- 'Selección Seychelles'. Selección obtenida de semillas introducidas de Islas Seychelles en la Unidad Científica Tecnológica de Base de Alquizar.

## **2.2. Métodos de propagación de la guayaba.**

### **2.2.1. Propagación sexual por semillas.**

La propagación del guayabo se puede realizar por dos vías: sexual o por semillas y asexual o por partes vegetativas de la planta, ésta última es la que mayores ventajas proporciona ya que permite garantizar la características agronómicas de los cultivares y además reduce la fase juvenil o período pre productivo (Farrés *et al.*, 2009).

Tradicionalmente la guayaba ha sido propagada de forma sexual o por semillas en todos aquellos países donde se cultiva, cuyas semillas germinan con extrema facilidad; constituyendo en algunos países extensos guayabales espontáneos (González *et al.*, 2010).

Para la obtención de semillas como porta injertos debe establecerse un área o plantación de material vegetativo básico de propagación en un lugar aislado donde no existan formas de guayaba cercanas, debe utilizarse la mejor forma o planta madre que reúna los caracteres siguientes (González *et al.*, 2010):

- Ser una forma representativa de la especie.
- Encontrarse en perfecto estado fitosanitario.
- Poseer un alto potencial productivo de forma periódica.
- Tener sus frutos un alto porcentaje de semillas de calidad.
- Poseer una alta capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas.

### **2.2.2. Propagación asexual o vegetativa.**

En la propagación del guayabo se pueden utilizar varios métodos asexuales o vegetativos, como: injertación, estacas de raíz, estacas de brotes enraizados en el tronco, estacas de ramas herbáceas o esquejes, estacas de ramas lignificadas, acodos o margullos aéreos o en tierra y cultivo de tejido (González *et al.*, 2010).

Existen varios tipos de injertos que pueden utilizarse en la propagación vegetativa del guayabo. El injerto de chapa de corteza de vástagos o ramas lignificadas se puede utilizar cuando los patrones tienen más de 0,5 cm de diámetro hasta aquellos que pudieran encontrarse en plantas adultas en plantaciones que se desean realizar un cambio de copa o variedad (González *et al.*, 2010).

### **2.2.3. Propagación por enraizamiento de esquejes.**

En la literatura internacional se emplea el término esquejes o estacas para definir aquella parte de planta equipada de yemas, que una vez separada de la planta, son capaces de emitir brotes y raíces, y propiciar el crecimiento de un nuevo individuo con características similares a la planta madre (Bhardwaj y Mishra, 2005; Almeida *et al.*, 2012). Mientras Brondanietal (2012) y Wendlingetal (2013) plantean que puede considerarse estaca, a raíces, hojas, fracciones de hojas o de tallos, capaces de regenerarse, emitir raíces y derivar en una planta nueva.

Este método de propagación vegetativa, es muy empleado a nivel mundial, porque permite la multiplicación rápida y uniforme de grandes volúmenes de posturas de diferentes especies, en espacios relativamente pequeños (Sanoussi *et al.*, 2012).

En Cuba, la propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes, se emplea para propagar fundamentalmente cultivares de alto potencial productivo y de alta demanda entre los pobladores. En este sentido, el cultivar más deseado por productores y consumidores, es la 'E.E.A 18-40' (Enana Roja Cubana). Los programas de desarrollo de la fruta en el país potencian la creación de viveros para su propagación (Rodríguez y Sánchez, 2015).

Según Farréz *et al.* (2009) la propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes representa una alternativa viable, pero requiere de condiciones tecnológicas especiales. Cañizares (1968) describe lo que pudiera ser el antecedente de la tecnología actual y reporta la recomendación del Dr. George D. Ruehle, investigador de la Estación Experimental Sud-tropical de Homestead, Florida. Básicamente el método constaba de tomar una rama de madera dura provista de hojas, embeberlas en soluciones de hormonas enraizadoras y ponerlas en un cajón propagador, garantizar la aspersion constante de agua en forma de neblina y una vez emitidas las primeras raíces, se podían hacer cambios en el sustrato y reducciones de la aplicación de agua.

Con el desarrollo de las investigaciones en torno a la propagación por enraizamiento de esquejes, entraron a surgir otros factores importantes como la luz, humedad del ambiente y otros relacionados con la calidad del esqueje, conformando lo que hoy se maneja en Cuba como tecnología de propagación por esquejes enraizados, la cual consta de cuatro etapas fundamentales: enraizamiento, culminación del enraizamiento, brotación y endurecimiento (Peña *et al.*, 2005).

La fase de enraizamiento, es una etapa crítica dentro del proceso de propagación y requiere de la aplicación de sustancias enraizadoras (Abbas, 2013), manejo eficiente del agua, humedad, temperatura, iluminación y otras cuestiones relacionadas con la calidad del esqueje, así como un lecho de enraizamiento a base de materiales filtrantes (MINAG, 2010); los más empleados en Cuba son la zeolita y la arena de río, este lecho puede ser construido en canteros de cemento rellenos con una capa inferior de grava, una intermedia de gravilla y una capa superficial de zeolita o arena de río, con un espesor entre 10-15 cm cada una (Rodríguez *et al.*, 2001) o en su defecto, poner una capa fina de arena o zeolita directamente en la bolsa, método muy empleado por los viveristas cubanos (Farréz *et al.*, 2009).

Esta etapa para las condiciones de Cuba tiene una duración promedio de cuatro a ocho semanas; momento en el cual el esqueje emite las primeras raíces y comienza la fase de culminación del enraizamiento (MINAG, 2005). Esta etapa se desarrolla en

la bolsa y básicamente, comprende el crecimiento de la raíz en contacto directo con el sustrato que le proporciona los diferentes nutrientes, necesarios para garantizar la funcionalidad biológica de las raíces (García, 2010). La composición del sustrato que se lleva a la bolsa, es una mezcla de materia orgánica y zeolita. Esta etapa tiene una duración entre cuatro-seis semanas.

La fase de brotación, es de gran importancia, ya que si esta no ocurre, pues no se pueden lograr las posturas, la misma, se caracteriza por el crecimiento de brotes de las yemas axilares presentes en el esqueje, una vez iniciada la misma, se pueden pasar las posturas a pleno sol para la fase de endurecimiento, que tiene como finalidad aclimatar las posturas para su posterior vida en el campo. Entre los elementos distintivos de esta etapa, destacan, las reducciones del suministro de agua y el incremento de la exposición solar (MINAG, 2009).

### **2.3. Factores que influyen en la propagación por esquejes.**

Entre los factores de mayor importancia para la propagación por esquejes enraizados figuran: manejo y edad de las plantas madres o campos de yemas como se le conoce en Cuba, calidad del esqueje, superficie y retención foliar, tratamientos hormonales, medio o sustrato de enraizamiento y las condiciones ambientales (iluminación, temperatura y humedad relativa). La combinación adecuada de todos estos factores propicia, la inducción de raíces en el esqueje y el posterior desarrollo del mismo para convertirse en una postura de calidad de uso agrícola (Castillo *et al.*, 2013).

#### **2.3.1. Manejo y edad del banco de yemas.**

El manejo de los bancos de yemas, es muy importante para la obtención de esquejes de adecuada calidad. En este sentido, se debe garantizar un buen manejo fitosanitario, condiciones hídricas adecuadas y buena nutrición. Una planta madre sana, con células turgentes y bien nutridas, influye de manera decisiva en el posterior desarrollo del esqueje. Factores intrínsecos como el contenido de auxina, cofactores del enraizamiento, las reservas de carbohidratos y los nutrientes esenciales, pueden

influir decisivamente en la iniciación de las raíces en el esqueje (Hartmann y Kester, 1995).

La edad de la planta, es uno de los factores más decisivos en el enraizamiento de esquejes. Plantas jóvenes con una adecuada madurez, aseguran esquejes de mayor calidad. Las plantas muy viejas, alcanzan altos niveles de lignificación y pierden la capacidad de producir esquejes viables para la propagación (Loeza *et al.*, 2013).

### **2.3.2. Calidad del esqueje.**

Para la propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes, deben tomarse estacas semileñosas de la parte terminal de las plantas, provistas con dos pares de hojas y sin yemas florales desarrolladas. Estos requisitos responden a la importancia que tiene la selección del esqueje (García, 2010).

Cualquier violación de estas exigencias, perjudica la calidad del mismo. Si se toman esquejes con una desarrollada brotación de las yemas, se movilizan las reservas nutricionales, hídricas y hormonales en este sentido y se perjudica el enraizamiento. Los largos períodos de exposición al sol, una vez cortado el esqueje, propician la rápida oxidación de los tejidos por concentración de fenoles y también perjudica el enraizamiento (Cabrera *et al.*, 2010).

Pierik *et al.* (1997) plantean que existen otras cuestiones a tener en cuenta para el corte de esquejes de calidad, como son: la polaridad- los esquejes enraízan por la parte basal, la pérdida de las yemas y hojas, estado nutricional determinan la capacidad de enraizamiento, poseer hojas demasiado jóvenes- se marchitan y caen, la edad de la planta madre, la época del año, grado de lignificación, longitud y diámetro, (estacas de entrenudos largos enraízan mejor), suposición en la planta y lugar del corte basal, deben cortarse cerca de la base del entrenudo, porque en esta zona existe mayor concentración de auxinas (Vázquez y Torres, 2006).

### **2.3.3. Medio de enraizamiento.**

La importancia del medio de enraizamiento, radica en su función para garantizar la iniciación radical, en consecuencia, un buen medio de enraizamiento debe tener

buena porosidad para que facilite la aeración, el drenaje de agua y retención de humedad, debe ser estable y de garantizada limpieza fitosanitaria. Otros atributos importantes a tener en cuenta son: la capacidad de sostener el esqueje durante el periodo de enraizamiento, proveer condiciones de oscuridad en la base del esqueje y valores de PH entre 6,5 – 7,0. Existen muchas variantes de medios para el enraizamiento de esqueje, pero la zeolita y arena de río resultan los más factibles (Rivero *et al.*, 2005).

La zeolita es un producto completamente ecológico que por sus propiedades físicas permite retener la humedad, disminuir el contenido de sodio y acidez de las tierras, y fijar los nutrientes a las raíces de las plantas. Los altos poderes de la zeolita le permiten intercambiar cationes de sodio—iones con carga positiva—y calcio con nitrógeno y fósforo. Se ha demostrado su eficacia como sustrato en cultivos de ciclo corto—hortalizas y vegetales—, con destino al consumo nacional y la exportación, y reporta importantes dividendos en el cultivo de la guayaba enana (Vázquez, 2007).

El tipo de sustrato puede afectar apreciablemente el porcentaje de acodos enraizados, según la mezcla Albany *et al.* (2004) encontraron que la combinación de abono de río + espuma fenólica fue más favorable (92,1%) en comparación con el abono de río solo (80,5%) en la producción de plantas de guayabo por acodo. Este factor determinó el comportamiento del porcentaje de acodos no enraizados, cuyos valores fueron 13,3 % para el abono de río y 2,4 % para la mezcla de sustratos. Las variables porcentaje de acodos muertos, número y longitud de raíces, no mostraron diferencias estadísticas.

#### **2.3.4. Tratamiento con reguladores del crecimiento.**

Los reguladores de crecimiento son compuestos sintéticos u hormonas vegetales, que posibilitan el desarrollo de procesos fisiológicos en el esqueje y son capaces de estimular la iniciación radical. La aplicación práctica de los reguladores de crecimiento tiene entre sus funciones: la estimulación de raíces, garantizar la homogeneidad de las raíces, acelerar el enraizamiento, aumentar el porcentaje de

supervivencia, ahorro de mano de obra y la liberación rápida del espacio en los viveros (Ramírez *et al.*, 2003).

Es importante destacar que estos productos, se aplican como regla general en bajas concentraciones y el límite entre la dosis que estimula el enraizamiento y la inhibición, es muy estrecho. Existe una gran gama de productos empleados como reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, productos naturales, microorganismos, oligosacáridos, entre otros) y la dosis de aplicación varía incluso, dentro de una misma especie (Ramos *et al.*, 2006; Carranza *et al.*, 2012; Ramos *et al.*, 2013).

Las auxinas son las más utilizadas para el enraizamiento de esquejes y están implicadas en muchos procesos del desarrollo vegetal porque afectan la división, crecimiento y diferenciación de las células. Participan en muchos procesos del desarrollo vegetal: crecimiento, dominancia apical, enraizamiento, partenocarpia, tropismos y abscisión (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Se utilizan auxinas sintéticas con numerosas aplicaciones agronómicas y biotecnológicas como fitorreguladores. Las auxinas favorecen el crecimiento porque modifican la extensibilidad celular al producir factores que ablandan la pared y también modificando la expresión génica (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

En muchos casos el enraizamiento en la base del tallo o esqueje es un proceso espontáneo, aunque la aplicación de ácido indolacético (AIA) y auxinas sintéticas como el ácido indol-3-butírico (AIB) y ácido-1-naftalenacético (ANA) estimulan el enraizamiento en especies recalcitrantes (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

#### **2.4. El Pectimorf® y otros productos naturales como enraizadores.**

El Pectimorf®, es una mezcla de oligosacáridos pépticos con grado de polimerización 7-16, obtenido a partir de materias primas nacionales de la industria citrícola, específicamente el ácido péptico (Sigma, pectina cítrica) (Cevallos, 2000; Cabrera, 2010), según metodología establecida y patentada por el Laboratorio de Oligosacarinas del Grupo de Productos Bioactivos del Departamento de Fisiología y



Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba (Montes *et al.*, 2010).

Este laboratorio se dedica desde 1992 al desarrollo de metodologías para la obtención de oligosacarinas, entre ellas el Pectimorf®, que tiene un reconocido efecto estimulador del crecimiento en numerosos cultivos (Plana *et al.*, 2003, Costales *et al.*, 2007; Fajardo *et al.*, 2011; Álvarez *et al.*, 2016; Nieves *et al.*, 2016).

El producto, tiene como componente activo una mezcla de oligogalacturónicos (OGs), estructuras funcionales de la pared celular, pertenecientes al grupo de las pectinas. El grado de polimerización de los oligosacáridos, es uno de los factores más importantes para determinar su actividad biológica, este se define por los residuos de D-galacturanato que contienen (Mederos y Hormasa, 2008).

Los OGs con mayor desempeño biológico presentan un grado de polimerización que oscila entre 10 – 16 moléculas de ácido galacturónico. Los efectos más conocidos de estos compuestos en las plantas, son su capacidad de proveer protección contra patógenos, estimulación del crecimiento, diferenciación celular, morfogénesis y reproducción (Mederos *et al.*, 2011).

Los OGs han sido ampliamente estudiados y empleados como estimuladores de diferentes procesos fisiológicos en las plantas. Dentro de los productos comerciales que contienen este compuesto activo, el Pectimorf® ha sido reconocido por su gran aplicabilidad en la agricultura (Hernández *et al.*, 2007). Aunque este producto es capaz de estimular crecimiento, la dosis de aplicación varía según la especie y la finalidad de la aplicación (Hidrobo *et al.*, 2012).

El desenlace fisiológico que este producto puede causar en las plantas, todavía hay que seguir investigando. Se considera que los oligogalacturónicos pudieran llevar información y ser portadores de mensajes químicos, que en este caso pueden desencadenar procesos fisiológicos de regeneración y/o de división de la pared celular, ya que ellos promueven en las células vegetales la síntesis de importantes sustancias que actúan en estos procesos (Cabrera, 2000).

Otra cualidad importante de este producto, es su capacidad para provocar enraizamiento en diferentes especies y servir de sustituto de las hormonas de enraizamiento. Ramírez *et al.* (2003) lo emplearon en dos variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) con buenos resultados, pero las dosis de mejores respuestas, difirieron para cada cultivar. La guayaba 'Suprema Roja', respondió mejor a dosis de 10 mg.L<sup>-1</sup> y la 'Enana Roja Cubana' a 20 mg.L<sup>-1</sup>. No obstante, quedó claro que el producto mostraba potencialidades para su empleo en la propagación de guayaba por esquejes enraizados.

Los OGs también han mostrado efecto de sinergia con otros productos propios de la agricultura, Corbera y Nápoles (2011) en un estudio detallado de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y Bradyrhizobium en el cultivo de la soya (*Glycine max* L.), aplicaron Pectimorf® en tres variantes, foliar, en imbibición y en la mezcla de recubrimiento de la semilla, los resultados arrojaron que hubo una interacción sinérgica entre los microorganismos y el estimulante, posibilitando incrementar la altura, masa seca de la raíz, la eficiencia micorrízica, la efectividad de las simbiosis bacteria-planta-hongo y la extracción foliar de NPK. Todos estos resultados permitieron que hubiese un incremento productivo que osciló entre un 1,45 y 25,00% con respecto a los testigos.

De manera general, se pudo comprobar que el Pectimorf® combinado con EcoMic®, fue más eficiente que la aplicación simple, mostrando acción sinérgica, aunque es este estudio la alternativa de mejores resultados fue la combinación de EcoMic®y FitoMas, porque incrementó los rendimientos en un 30%, con una mejor respuesta agrobiológica. Pentón *et al.* (2011) también encontró tendencias similares en dos especies forrajeras beneficiadas con EcoMic®y Pectimorf®.

Es importante destacar que no siempre la acción con otros productos es sinérgica, también se han obtenido resultados de los efectos inhibitorios y procesos de crecimiento al realizar mezclas de OGs con auxinas (Bellincampi *et al.*, 2000; Kollarová *et al.*, 2012). Estos estudios se han realizado generalmente a nivel de

laboratorio (Galletti *et al.*, 2009; Suárez *et al.*, 2013) y han demostrado que existe disminución de la expresión de genes y enzimas asociadas a la actividad auxínica.

En un inicio se pensó que los OGs y las auxinas podían tener el mismo receptor a nivel celular, pero esta hipótesis quedó derogada por los estudios de Loeza *et al.* (2013). Las bases moleculares y las respuestas anatómicas todavía son objeto de estudio. De manera general las evidencias experimentales indican que hay que continuar investigando los efectos del Pectimorf® sobre las plantas, con el fin de definir, dosis, forma de aplicación y efectos fisiológicos.

Se ha realizado varios experimentos para sustituir fitohormonas enraizadoras por productos orgánicos obteniendo buenos resultados con la utilización del extracto de (Aloe vera) sábila con dosis del 6 y 8%. Con esta tecnología se puede alcanzar más del 80 % de plantas listas para la siembra, si se garantiza que no existan fallos en el régimen de riego y se realice el trasplante en el momento requerido (Jo *et al.*, 2008).

Entre los factores de mayor importancia para la propagación por esquejes enraizados figuran: manejo y edad de las plantas madres o campos de yemas como se le conocen en Cuba, calidad del esqueje, superficie y retención foliar, tratamientos hormonales, medio o sustrato de enraizamiento y las condiciones ambientales (iluminación, temperatura y humedad relativa). La combinación adecuada de todos estos factores propicia, la inducción de raíces en el esqueje y el posterior desarrollo del mismo para convertirse en una planta de calidad de uso agrícola (Castillo *et al.*, 2013).

## **2.5. Aspectos generales del cultivo de la Sábila.**

La sábila es una planta originaria de Arabia, norte y del sur de África que pertenece a la familia de las liliáceas, su nombre científico es *Aloe barbadensis*, pero se conoce como Aloe Vera. Aparece a un pequeño maguey, es perenne, de rizoma largo, se propaga por división de hijos (pequeñas plantas que brotan alrededor de la planta principal), tiene un hábito de crecimiento herbáceo. El análisis fotoquímico de la

planta refleja que contiene aceites esenciales, alcaloides, glucósidos cardiotónicos, taninos, glucosa, proteínas y resinas (Aprocsal, 1994).

### **2.5.1. Características y antecedentes del cultivo de la sábila.**

El cultivo de sábila fue introducido por los españoles a las Antillas y posteriormente en diversos estados de México. Esta planta ha adquirido importancia económica en países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, debido esencialmente a la gran cantidad de beneficios que aporta por sus propiedades curativas y cosmetológicas. En Grecia también fue conocida y muy apreciada dándole la categoría de medicamento que solían usar para eliminar los trastornos intestinales. Los romanos también la consideraron un medicamento de diversa aplicación. En el siglo V a. de C. la isla de Socotra al sur de Arabia destacó por sus plantaciones de Aloe cuyas plantas y extractos exportaban a los lugares más remotos del planeta (Rodríguez, 2006).

### **2.5.2. Usos y aplicaciones.**

El uso de la sábila, a lo largo de la historia universal ha sido aplicado por el hombre para diferentes fines, principalmente medicinales. En la actualidad, el reciente redescubrimiento de la planta a partir de la Segunda Guerra Mundial, ha conducido a la realización de investigaciones científicas en busca de nuevos usos y aplicaciones y a la validación de sus usos tradicionales.

Los usos de la sábila se fundamentan en estudios científicos, son muchos, pero en el área agronómica ha sido empleada a nivel experimental como un repelente e insecticida en larvas que atacan las plantas tuberosas obteniéndose muy buenos resultados (García *et al.*, 2008).

Composición química de la sábila (Aloe vera)

- Agua            6-10 %
- Resina        40-80 %
- Aloína         20 %

- Enzimas 0 %
- Proteínas 0 %
- Vitaminas B12, B6, B5, A yC
- Aminoácidos y oligoelementos
- Magnesio, calcio, potasio, sodio, aluminio
- Hierro, zinc, cobre, plata, cromo
- Fosforo y titanio; geranio

El Departamento Agroindustrial Fundación Chile, señala que 99,4 % del peso del gel de Aloe vera es agua y contiene: 12 vitaminas, 20 minerales, 18 aminoácidos, Polisacáridos, Enzimas, Lignina, saponinas y antraquinonas.

Rodríguez y Hecheverria (2006) señalan que el gel de Aloe vera tiene eficacia en la sustitución de reguladores sintéticos en medios de cultivos para el enraizamiento “in vitro” de plantas medicinales y frutales, en los resultados expuestos se percibe la existencia de efectos estimuladores del crecimiento en algunos de los extractos utilizados correspondiendo al extracto de sábila el mejor comportamiento con relación a la formación de raíces lo que demuestra la posible presencia de actividad auxínica en el mismo.

Existen referencias de la utilización de la sábila, como enraizador en condiciones de campo, con experiencias en plántulas de mora, donde recomiendan extraer el cristal de las hojas y colocarlo en contacto con la parte vegetativa de la plántula de mora para enraizar. El gel sábila es una fuente rica en aminoácidos (ácido glutámico y arginina, en particular), lactatos y ácidos orgánicos, componentes también conocidos como materiales hidrofílicos que incrementan la hidratación de los tejidos (Rodríguez y Hecheverria, 2016).

Rodríguez y Hecheverria (2006) reportan que es posible la sustitución total o parcial del agar empleado tradicionalmente, por gel de sábila y/o harina de sagú (*Maranta arundinacea* L.) y así contar con alternativas sostenibles sin afectar las condiciones

apropiadas del medio de cultivo para el crecimiento y desarrollo óptimos de especies de plantas medicinales. Se logra, además, un alto beneficio económico, pues el agar requiere ser importado y tiene un alto precio en el mercado mundial.

García *et al.* (2008), señala que se encontraron respuestas fisiológicas en la fase de enraizamiento en la micropropagación del plátano FIAH 18 en la Biofábrica de Pinar del Río, utilizando diferentes concentraciones de MS adicionando 20 y 40 mL del extracto de Aloe vera.

## **2.6. Las micorrizas (Hongos micorrízicos arbusculares).**

### **2.6.1. Características y potencialidades de empleo.**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) según Ruiz *et al.* (2015) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan. Son los responsables de la formación de las micorrizas.

La palabra micorriza, de origen griego, define la simbiosis entre un hongo (mycos) y las raíces (rhizos) de una planta. Como en otras relaciones simbióticas, ambos participantes obtienen beneficios. (Relación hongo-organismo de Mutualismo). En este caso la planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí mismo es incapaz de sintetizar mientras que ella lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas. Se estima que entre el 90 y el 95% de las plantas terrestres presentan micorrizas de forma habitual (Blanco y Salas, 1997).

Las ventajas proporcionadas a las plantas por la micorrización son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a ciertos estreses ambientales que afectan al suelo como la salinidad los

cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada. Todo esto redundando en una mayor longevidad de la planta (Cuenca, 2007).

Blanco y Salas (1997) exponen que en el caso de los hongos, la mayor parte de las 5.000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división Basidiomycota, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de Ascomycota. La tercera división que se ha observado formando micorrizas es Glomeromycota, un grupo que sólo se conoce en asociación micorrizógena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces.

Según su morfología, Blanco y Salas (1997) dividen las micorrizas en distintos grupos entre los que se destacan dos como los principales; las ectomicorrizas y las endomicorrizas.

Las ectomicorrizas se caracterizan porque las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, sino que se ubican sobre y entre las separaciones de estas. Predomina entre los árboles de zonas templadas, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos son tanto Basidiomycota como Ascomycota.

En las endomicorrizas, en cambio, no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y arbusculos. Por ello se las conoce también como micorrizas VAM o micorrizas vesículoarbusculares. Los hongos pertenecen a la división Glomeromycota y se dan en todo tipo de plantas, aunque con predominio de hierbas y gramíneas. Abundan en suelos pobres como los de las praderas y estepas, la alta montaña y las selvas tropicales. En el bosque atlántico aparecen junto a las ectomicorrizas (Cuenca, 2007).



### **2.6.2. Productos naturales a base de micorrizas. El EcoMic®.**

En Cuba se producen y aplican desde el siglo pasado bioproductos para la nutrición de las plantas y el control de plagas en los cultivos agrícolas. Entre estos se pueden mencionar el uso de biofertilizantes, bioestimuladores, entomopatógenos, entomófagos y antagonistas. Su uso por el agricultor contribuye a la obtención de cosechas sanas, la disminución de contaminantes al ambiente, el riesgo de intoxicaciones, la afectación de organismos beneficiosos y el ahorro de divisas por importación de agroquímicos (Ruiz *et al.*, 2015).

Los productos de la serie EcoMic® son inoculantes sólidos que contienen especies naturales de hongos micorrizógenos de alto grado de pureza, eficiencia y estabilidad biológica, desarrollados en sustratos adecuados y evaluados con éxito en diferentes condiciones edafoclimáticas (Ruiz *et al.*, 2015).

Plantean Ruiz *et al.* (2015) el producto es capaz de incrementar la eficiencia en forma de nutrientes y el agua en los cultivos, aumenta la tolerancia al ataque de patógenos, y mejora las propiedades físicas de los suelos. Permite además sustituir el 30 % de la fertilización química (nitrogenada, fosfórica y potásica), incrementa los rendimientos agrícolas entre un 15 y 30 %, y disminuye la contaminación ambiental.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del sitio experimental y material vegetal utilizado**

##### **3.1.1. Ubicación de la investigación**

El trabajo se realizó en la casa de producción de plantas de guayabo por esquejes, del vivero comercial ubicado en el Km 141 de la autopista nacional perteneciente a la CCSF “Camilo Cienfuegos” del municipio Jagüey Grande, provincia Matanzas, Cuba. Localizada entre los 22°41'55,73N de latitud norte y los 80°42'53,61W de longitud oeste. La instalación cuenta con un área de 240 m<sup>2</sup> y una capacidad de producción de 35 000 plantas anuales.

Las condiciones climáticas generales de esta zona se caracterizan por una temperatura media mensual en el mes de enero que es el más frío de (14,4°C) y la más cálida de (33,4 °C) en el mes de julio. Los meses más secos se encuentran entre diciembre-febrero y los lluviosos entre mayo-octubre, con periodos de transición entre épocas y una precipitación media anual es de 1 494 mm, humedad relativa media del 80% y ocho horas de brillo solar por día (Aranguren, 2009).

##### **3.1.2. Material vegetal.**

Como material vegetal se utilizaron esquejes semileñosos de guayabo (*Psidium guajava* L.) cultivar `Enana Roja Cubana´, obtenidas de la punta y pre punta de ramas entre 1-1,9 cm de diámetro y 30-50 cm de longitud, de una plantación de cuatro años de edad. Se emplearon bandejas plásticas de 0,5 L de capacidad por alveolos durante la propagación (60 alveolos), como sustrato de fondo se utilizó una mezcla de cachaza más zeolita 50/50 y ¼ de zeolita como soporte para las varetas.

### **3.2. Diseño experimental y tratamientos.**

En el mes de octubre de 2017, se cortaron esquejes de 12 cm en promedio, semileñosos con dos pares de hojas en su parte superior, provenientes de un banco de yemas de dos años de edad cercano al lugar de la instalación. Se realizó un experimento durante la obtención de las posturas de guayabo por esquejes, donde se analizaron los efectos de seis tratamientos para la inducción del enraizamiento.

Se emplearon 50 varetas por tratamiento distribuidas en un diseño estadístico de bloques al azar; con cinco repeticiones de 10 varetas en cada combinación. Las varetas se colocaron en una casa de producción de plantas por esquejes que cuenta con un sistema de riego automatizado y nebulizadores que entregan 25 L/h a un intervalo de 30 segundos cada cinco minutos. La luminosidad es controlada con una cubierta de zaram negro 25% de luz.

Los tratamientos realizados fueron:

- I. Testigo sin enraizador.
- II. Inmersión del extremo basal de las varetas en una solución de ácido indol-3-butírico (AIB) a concentración de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  durante 10 minutos (Producto suministrado por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, IIFT).
- III. Inmersión del extremo basal de las varetas en una solución de Pectimorf® a concentración de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  durante 30 minutos (Producto suministrado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA).
- IV. Inmersión del extremo basal de las varetas en gel de Aloe vera.
- V. Testigo sin enraizador más EcoMic®.
- VI. Inmersión del extremo basal de las varetas en una solución de ácido indol-3-butírico (AIB) a concentración de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  durante 10 minutos más EcoMic®.
- VII. Inmersión del extremo basal de las varetas en una solución de Pectimorf® (PL) a concentración de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  durante 20 minutos más EcoMic®.
- VIII. Inmersión del extremo basal de las varetas en gel de Aloe vera más EcoMic®.

### **3.3. Enraizamiento de esquejes de guayaba con diferentes productos.**

#### **3.3.1. Efecto de los tratamientos en la formación inicial de callo y raíces.**

A los 40 días de montados los esquejes y pasados a bolsas con el mismo sustrato (zeolita y cachaza descompuesta, 30:70 v/v), se contabilizó el número de esquejes con callos y raíces primarias, longitud de las raíces (cm). Las variables evaluadas se analizaron por un ANOVA de clasificación simple. Los datos de conteo se transformaron con la función  $\sqrt{x}$  y se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias.

#### **3.3.2. Influencia de los tratamientos en la supervivencia y enraizamiento final.**

A los 60 días se realizaron evaluaciones del número de esquejes vivos y muertos, número de raíces por esqueje, largo de las raíces (mm), masa fresca y seca de raíces (g) y porcentaje de materia seca (%). Las variables se analizaron por un ANOVA de clasificación simple y los datos de conteo y mediciones se transformaron con la función  $\sqrt{x}$  y se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias.

#### **3.4. Efectos de los tratamientos en el crecimiento de los brotes.**

A los 75 días se realizaron evaluaciones del largo (cm), diámetro en la base (mm) y número de hojas en brotes emitidos por los esquejes en los diferentes tratamientos. Las variables se analizaron por un ANOVA de clasificación simple y los datos de conteo y mediciones se transformaron con la función  $\sqrt{x}$  y se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para la comparación de medias.

#### **3.5. Factibilidad económica de los tratamientos de producción de esquejes.**

Para estimar la valoración económica de la producción de esquejes según las variantes tradicional y recomendada a partir del trabajo experimental, se tuvieron en cuenta los indicadores productivos y económicos siguientes:

- Prendimiento de esquejes a los 80 días en cada variante experimental.
- Precio de venta de una planta lograda por esqueje en CUP (PV).

- Valor de la producción de plantas por esqueje:  $VP = PL \times PV$ .
- Costo de producción total en CUP (\$): Se determinó a partir de los costos de los materiales y la mano de obra utilizados durante la producción al año.
- Ganancia neta total (\$): Relación entre los ingresos por la venta de la producción y los costos totales. Según la expresión,  $Gn = VP - CP$ .
- Relación costo – beneficio:  $C/G = CP/Gn$ .
- Rentabilidad (%): Según la fórmula  $R = Gn/CP \times 100$ .

### **3.6. Programa estadístico empleado.**

Los análisis de los datos de las evaluaciones en las diferentes variables se realizaron con el programa STATISTICA, Versión 6.0, (StatSoft, Inc., 2003).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Enraizamiento de esquejes de guayaba con diferentes productos.

#### 4.1.1. Efecto de los tratamientos en la formación inicial de callo y raíces.

La aplicación de hormonas como el AIB, AIA y el ANA y sustancias alternativas como Pectimorf®, Aloe vera y EcoMic® para el enraizamiento de estacas, es un paso importante de la tecnología de propagación intensiva, y sin esta tecnología no se lograría un adecuado enraizamiento en las estacas de guayaba (MINAG, 2011).

En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos en esquejes de guayaba tratados con AIB, Pectimorf®, Aloe vera y EcoMic® para los parámetros de formación de callos y raíces a los 45 días de plantados. En las estacas que formaron callos, se observó que los mismos se desarrollaron entre la corteza y el cilindro central de la estaca y se manifestó como pequeñas formaciones celulares de tejido indiferenciado, indistintamente del tratamiento utilizado.

Tabla 1. Comportamiento de la formación de callos y raíces en esquejes de guayaba con diferentes enraizadores a los 45 días.

Tratamiento	Número de esquejes con callo	Número de esquejes con raíces
Testigo	0,70 c	0,79 cd
AIB	0,87 ab	1,01 ab
Pectimorf®	0,81 bc	0,94 b
Aloe vera	0,74 c	0,88 bc
EcoMic®	0,73 c	0,85 c
AIB + EcoMic®	0,92 a	1,07 a
Pectimorf® + EcoMic®	0,84 b	0,99 b
Aloe vera + EcoMic®	0,77 bc	0,92 bc
E.S.x	0,012	0,014
CV (%)	25,9	27,3

Para las variables esquejes con callos los tratamientos con AIB y AIB + EcoMic® resultaron los mejores con diferencias significativas entre los demás tratamientos, seguidos por el Pectimorf® + EcoMic®, lo que pudo estar influenciado por las características del erraizador. Ruiz *et al.* (2015) afirman que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con las plantas formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las raíces que colonizan de ahí que en la fase en que se encontraba el experimento en la formación de callos y raíces el hongo no pudo colonizar e influir en los resultados alcanzados.

Para el parámetro número de esquejes con raíces los tratamientos con AIB mostraron buenos resultados al igual que los tratados con Pectimorf®, el Aloe vera, EcoMic®, sus combinaciones y el testigo sin tratar, se encontraban en la fase de formación de callo y emisión de las primeras raíces, lo que demuestra que los enraizadores a base de AIB y Pectimorf® aceleran el proceso de formación de callos y raíces.

Hartmann y Kester (1995) plantean que con frecuencia las primeras raíces aparecen a través del callo, conduciendo a la creencia de que la formación de callo es esencial para el enraizamiento. En la mayoría de las plantas, la formación del callo y de raíces son procesos independientes entre sí y cuando ocurren simultáneamente se debe a su dependencia de condiciones internas y ambientales similares.

Pérez *et al.* (2013) al evaluar el enraizamiento de esquejes de guayaba con AIB a 10 mg.L<sup>-1</sup> durante 10 minutos y Pectimorf® a 20 mg.L<sup>-1</sup> durante 30 minutos observaron que con el empleo de AIB y Pectimorf® el 70% de las varetas a los 40 días ya presentaban callos mientras que el testigo solo el 20%, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo con el AIB, no así con el Pectimorf® el cual se comportó similar al testigo.

Para el porcentaje de enraizamiento y supervivencia de esquejes Ramos (2000) encontró resultados similares al usar las mismas concentraciones de AIB para enraizar estacas de teca, y comenta que los explantes tratados con el polvo



enraizador de  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  de AIB fueron los que presentaron el mayor porcentaje de enraizamiento (92,5%) ex vitro de teca en sustrato de zeolita a los 30 días.

Al evaluar el número de raíces por esquejes a los 45 días se pudo observar, que los esquejes tratados con AIB mostraron los mejores resultados no así los tratados con Pectimorf® Aloe vera y EcoMic® los cuales se comportaron similar al testigo, el cual logro formar raíces lo que concuerda con lo expuesto por Ramos *et al.* (2013) quienes al evaluar la formación de raíces adventicias en estacas de guayaba en respuesta a la aplicación de Pectimorf® y AIB, encontraron que los esquejes a los que no se aplicaron los productos citados, formaron raíces, lo que sugiere una capacidad intrínseca de los mismos para esta actividad fisiológica.

Al respecto Santos (2012) plantea que en la iniciación de las raíces es evidente la acción de ciertos niveles de sustancias naturales como las auxinas formadoras de raíces, según el carácter varietal. El crecimiento de las raíces está relacionada con las reservas que tenga la estaca.

Según Ramos *et al.* (2013) esto es posible debido a que en el esqueje también se encuentran órganos o centros productores de auxina, como son los ápices de las hojas, los tallos y las yemas axilares. La auxina sintetizada en estos centros puede transportarse como "auxina libre" la cual no tiene actividad fisiológica, sino que viaja por los tejidos conductores del esqueje y actúa en los lugares de mayor atención. Se encontró por estos autores que la aplicación de Pectimorf® no difiere estadísticamente de la aplicación del AIB, en su estímulo a la formación de raíces, lo que difiere de los resultados obtenidos en este trabajo donde los mejores resultados se obtuvieron con AIB.

Peñate (2011) plantea que el gel de sábila (Aloe vera) obtenido de la parte media de la penca mejoran el desarrollo de raíces en el proceso de enraizamiento de esquejes del cultivo de hortensias. Además alcanzo mayor número de raicillas y su longitud, e incremento el peso en fresco de los esquejes.

Estos resultados difieren en efectividad de enraizamiento con lo obtenido por Giraldo

*et al.* (2009) quienes al utilizar extracto de Aloe vera en enraizamiento de esquejes se alcanzó un mayor resultado que al evaluar unas sustancias promotoras de raíces en estacas de mataratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y sauce (*Salix humboldtiana*).

Los resultados obtenidos en este trabajo, muestran que el uso del AIB permite acortar el tiempo de los esquejes en la casa de producción con respecto a los demás tratamientos, con relación a esto Balaguera *et al.* (2010) reconocen la importancia de la auxina en el formación de las raíces, debido a su influencia en la división celular, alargamiento y diferenciación. Azcón-Bieto y Talón (2000) estudiaron el proceso de formación de raíces adventicias, y describen que las auxinas indujeron a nivel celular la respuesta de división, alargamiento y diferenciación, por lo que se propone una hipótesis para el mecanismo de acción, que se basa en su influencia en la división celular del cambium, y por otra parte, en la estimulación para la formación de traqueidas por diferenciación de las células del callo, lo cual permite la iniciación y crecimiento de las raíces.

Teniendo en cuenta el periodo en que se desarrollo el ensayo en otoño - invierno donde las disminución de las temperaturas retienen el proceso de división celular y por tanto la formación de callos y raíces es mas lenta, los resultados obtenidos con el Pectimorf® y el Aloe vera son alentadores y permiten incrementar las producciones de plantas de guayaba en el municipio.

### **4.1.2. Influencia de los tratamientos en la supervivencia y enraizamiento final.**

Al evaluar el porcentaje de supervivencia de esquejes de guayaba cv. Enana roja cubana (Figura 1) a los 45 días de plantados después de tratados con diferentes productos para la producción de raíces, se observó que los tratamientos con AIB y AIB + EcoMic® mostraron los mejores resultados, con un 81% y un 84% de plantas enraizadas, lo que concuerda con lo expuesto por Vargas *et al.* (1999) quienes plantean que la aplicación exógena de auxinas incrementó el porciento de plantas vivas y con raíces adventicias en estacas de icaco. En este estudio se emplearon diferentes combinaciones de auxinas con las que se pudo lograr que un 70% de las

estacas formaran raíces.

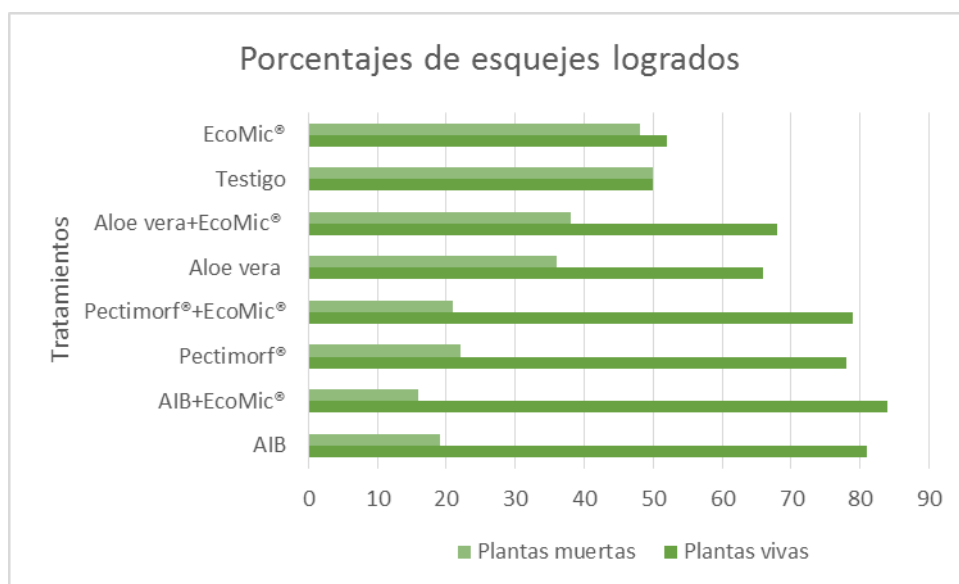


Figura 1. Porcentajes de esquejes logrados y muertos en los diferentes tratamientos.

En los tratamientos a base de Pectimorf®, Aloe vera se logró más de un 65% de supervivencia lo que pudo estar dado por las condiciones del esquejes y los concentraciones de los productos naturales.

En todos los tratamientos se superó el 50% de supervivencia resultado alentador debido a las dificultades existentes con los enraizadores, esto pudo estar dado por las condiciones fisiológicas de los esquejes los cuales se tomaron siguiendo las indicaciones del instructivo técnico para el cultivo del IIFT, (2010) el cual plantea que se deben tomar de plantaciones jóvenes libres de plagas y enfermedades, con un buen estado nutricional y a una altura entre los 0,50 y 1,50 m.

Ramos *et al.* 2013 al experimentar con diferentes dosis de PectiMorf® en comparación con el AIB para el enraizamiento en estacas de guayaba cv. Enana Roja Cubana, observó que los tratamientos a base de PectiMorf® alcanzaron el 80% de supervivencia, superior al 56% de plantas sobrevivientes logradas a partir de esquejes que se sometieron al testigo absoluto, y cercanas a 88% de plantas obtenidas a partir de estacas tratadas con el AIB, lo que corrobora los resultados obtenidos en este trabajo.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos con las variables número, longitud, peso fresco y seco de las raíces, se pudo observar que para la variable número de raíces existió diferencia significativa entre tratamientos, destacándose los tratamientos con AIB, mientras que los tratados con el PectiMorf® resultaron similares al testigo sin tratar, lo que pudo estar dado por factores genotípicos, condición fisiológica de la estaca, temperatura, humedad relativa ambiental, y características del sustrato, que influyen en la respuesta de formación de raíces.

Los valores obtenidos en el número de raíces, fueron estadísticamente superiores en los tratamientos donde se utilizaron el AIB en comparación con los tratamientos donde se utilizó el Pectimorf®, el aloe vera, EcoMic® y el testigo sin tratamiento, lo que pudo estar dado por la concentración usada o el tiempo de inmersión en la solución.

Tabla 2. Evaluación del número, longitud, peso fresco y seco de las raíces de esquejes de guayaba tratadas con Pectimorf® y AIB.

<b>Tratamiento</b>	<b>Número raíces</b>	<b>Longitud raíces (cm)</b>	<b>Peso fresco raíz (g)</b>	<b>Peso seco raíz (g)</b>
<b>Testigo</b>	1,8 cd	4,0	1,7	0,6
<b>AIB</b>	3,1 a	4,3	2,0	0,7
<b>Pectimorf®</b>	2,5 b	4,1	1,8	0,6
<b>Aloe vera</b>	2,2 bc	4,0	1,8	0,7
<b>EcoMic®</b>	2,0 c	4,1	1,7	0,6
<b>AIB + EcoMic®</b>	2,9 ab	4,1	1,9	0,7
<b>Pectimorf® + EcoMic®</b>	2,4 bc	4,0	1,9	0,7
<b>Aloe vera + EcoMic®</b>	2,3 bc	4,0	1,8	0,7
<b>Valor P</b>	0,0001*	0,69 ns	0,45 ns	0,65ns
<b>E.S.x</b>	0,11	0,046	0,059	0,021
<b>CV (%)</b>	26,9	6,15	17,83	17,31

Suarez *et al.*, (2010) al evaluar dosis de PectiMorf® apreciaron que los esquejes sometidos a inmersión en solución con 20 mg.L<sup>-1</sup> de PectiMorf® formaron mayor cantidad de raíces adventicias, que los esquejes no tratados con esta sustancia, resultados que difieren de los obtenidos en este trabajo donde el PectiMorf® se

comporta similar a los tratamientos con EcoMic® y los no tratados como se muestra en la figura 2.



En los resultados obtenidos con la variable longitud de las raíces no hubo diferencia significativa entre tratamientos, lo que pudo estar dado a que el sustrato y el embase donde se desarrollaban fue el mismo para todos los tratamientos. Albany *et al.* (2004) plantean que no sólo la aplicación de reguladores del crecimiento determina la longitud de las raíces y señalan que esta variable es un índice confiable para predecir sobrevivencia en campo.

En el caso de los esquejes inoculados con EcoMic® no hubo diferencia significativa dado fundamentalmente por el corto periodo de tiempo en vivero, no obstante da la ventaja de poder llevar al campo una plántula con las raíces ya colonizadas que permite el mejor aprovechamiento de los fertilizantes y nutrientes del suelo, y por ende la disminución de los costos por concepto de aplicación de estos insumos,

además, se protege el sistema radical contra ciertas enfermedades fúngicas e incrementa el crecimiento de las plantas , así como sus posteriores rendimientos .

Estos resultados muestran la necesidad de seguir trabajando para mejorar el efecto del PectiMorf® y el Aloe vera como producto promotor del enraizado de estacas y el uso de EcoMic® como un biofertilizante capaz de mejorar la absorción de nutrientes y agua del suelo lo que repercute en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

### **4.2. Efectos de los tratamientos en el crecimiento de los brotes.**

Los resultados de la influencia de los tratamientos en las variables de crecimiento diámetro y largo de los brotes (figura 2), en los esquejes a los 90 días de realizado el tratamiento de inducción del enraizamiento, mostro los mejores resultados con los esquejes tratados con AIB y AIB más EcoMic®, lo que está dado al mayor número de raíces activas que generan los esquejes tratados con AIB. Resultados similares a este trabajo obtuvieron Pérez *et al.* (2013) y observaron que los brotes de las varetas tratadas con el AIB fueron de mayor longitud que las sometidas al enraizamiento con Pectimorf® líquido y Pectimorf® sólido.

Resultados similares obtuvo Santos (2012) al evaluar el crecimiento de estacas de estevia (*Stevia rebaudiana*) enraizadas con AIB y Aloe vera y plantea que esto puede estar dado por la rapidez y cantidad de raíces que se producen en las estacas cuando se aplica AIB, mientras que los productos naturales como el Aloe vera requieren de mayor tiempo para realizar estos procesos

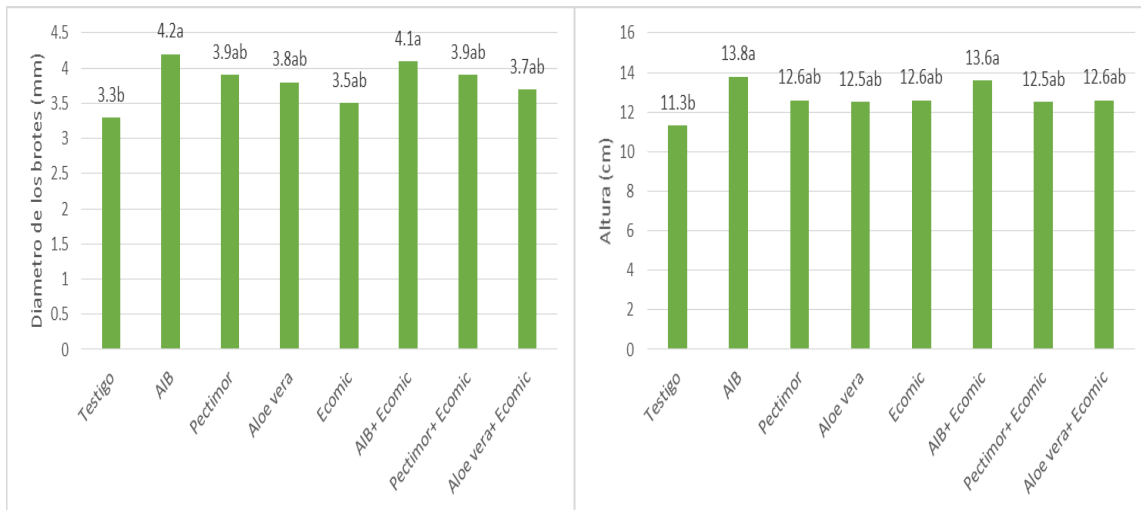


Figura 2. Diámetro y largo de los brotes de esquejes de guayaba tratados con diferentes enraizadores y HMA.

Ramos (2013) comparó diferentes enraizadores para el enraizamiento de café robusta y observó que los tratamientos donde se empleó el AIB hubo un mayor desarrollo de los brotes, los mejores resultados los obtuvo con AIB a 1 200 mg, lo que concuerda con los resultados de este trabajo.

Ruiz *et al.* (2005) en la propagación vegetativa de *Gmelina arborea* Roxb, y Soto *et al.* (2006) en la producción de esquejes de la planta ornamental *Ficus benjamina* L., con el empleo del AIB como enraizador, encontraron que el mayor crecimiento en altura de los brotes y número de hojas de las plantas obtenidas, se relacionó con un mayor porcentaje de enraizamiento y volumen de las raíces.

#### **4.3. Factibilidad económica de los tratamientos de producción de esquejes.**

En la tabla 4, se muestra el análisis de la relación costo-beneficio estimado al final del ciclo productivo de producción de esquejes de guayabo, en función de los tratamientos realizados, a partir de los elementos de gastos de la tecnología actualmente en uso en comparación con los tratamientos alternativos analizados, se observa que para una producción estimada y propuesta de 35 000 posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' al año, en función de los esquejes logrados con



prendimiento y crecimiento de brotes vivos en cada tratamiento, se lograría vender un mayor volumen de plantas (25 550) con el tratamiento de Pectimorf® + EcoMic®.

Tabla 4. Análisis de indicadores económicos de los diferentes tratamientos evaluados para el enraizamiento de esquejes de guayaba.

Indicadores económicos	Unidad	Tradicional (AIB)	Alternativa Pectimorf®	Alternativa Aloe vera	Alternativa Pectimorf®+ EcoMic®	Alternativa EcoMic®+ AIB
<b>1. Total de esquejes x año</b>	U	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000
<b>2. Esquejes vivos logrado</b>	%	70	62	65	73	68
<b>3. Plantas logradas x año</b>	U	24,500	21,700	22,750	25,550	23,800
<b>4. Precio venta x planta</b>	U	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
<b>5. Valor de la producción</b>	MP	129,605.0	114,793.0	120,347.5	135,159.5	125,902.0
<b>6. Costo materiales x año</b>						
<i>Bolsas</i>	Bolsa	4,900.0	4,900.0	4,900.0	4,900.0	4,900.0
<i>Zeolita</i>	M3	600.0	600.0	600.0	600.0	600.0
<i>Sustrato orgánico</i>	M3	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
<i>Enraizador AIB</i>	L	1,000.0	-	-	-	250.0
<i>Enraizador Pectimorf®</i>	L o kg	-	248.0	-	408.0	-
<i>EcoMic®</i>	kg	-	-	-	8.0	1,160.0
<i>Pago por la nebulización</i>	Kw	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
<b>Sub.Total materiales</b>		6,766.2	6,014.2	5,926.2	6,182.2	7,176.2
<b>7. Costo mano obra</b>						
<i>Llene de bolsas</i>	MP	523.7	523.7	523.7	523.7	523.7
<i>Corte esquejes y siembra</i>	MP	218.2	218.2	218.2	218.2	218.2
<i>Cargue y venta esquejes</i>	MP	59.9	59.9	59.9	59.9	59.9
<i>Atención a casa esquejes</i>	MP	9,000.0	9,000.0	9,000.0	9,000.0	9,000.0
<b>Sub.Total mano de obra</b>		9,801.8	9,801.8	9,801.8	9,801.8	9,801.8
<b>8. Costo produc. total</b>	MP	16,568.0	15,816.0	15,728.0	15,984.0	16,978.0
<b>9. Ganancia neta total</b>	MP	113,037.0	98,977.0	104,619.5	119,175.5	108,924.0
<b>10. Costo – beneficio</b>	-	0.147	0.160	0.150	0.134	0.156
<b>11. Rentabilidad</b>	%	682.3	625.8	665.2	745.6	641.6

Como se puede observar con el tratamiento de Pectimorf® + EcoMic®, el valor de la producción (135 159.5 CUP) y la ganancia de 119 175.5 CUP son los mayores, una menor relación costo-beneficio (0,134) y una mayor rentabilidad (745,6%).

Este análisis indica que el tratamiento donde se combinan EcoMic®-Pectimorf® para el enraizamiento de esquejes de guayabo, resulta factible económicamente, además



de que se emplean insumos de origen natural que forman parte de la propuesta alternativa de trabajo con una salida ambiental.

Estos resultados económicos complementan el trabajo de investigación realizado y contribuye a impulsar la producción de plantas de guayaba 'Enana Roja Cubana', por el método de enraizamiento de esquejes con el empleo de alternativas agroecológicas.

Estos resultados corroboran los obtenidos por Pérez *et al.* (2013) quienes al evaluar estos productos en el enraizamiento de esquejes guayaba usando diferentes soportes para las varetas observaron que con el uso del PectiMorf® se pueden reducir los costos de producción.

## **5. CONCLUSIONES**

- Los esquejes tratados con AIB y el PectiMorf® y sus combinaciones con EcoMic® para las variables formación de callos y raíces mostraron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.
- Los tratamientos con AIB, PectiMorf® y sus combinaciones con EcoMic® mostraron los mejores resultados en el número de raíces, diámetro y largo de los brotes.
- Con la aplicación de PectiMorf® y su combinación con EcoMic® se logro el 75% de supervivencia mientras que con aloe vera se supero el 65% de esquejes vivos.
- Con el tratamiento PectiMorf® más EcoMic® el valor de la producción es de 135 159.5 CUP, con una ganancia de 119 175.5 CUP, una menor relación costo-beneficio 0,134 y mayor rentabilidad 745,6%.

## **6. RECOMENDACIÓN**

Continuar con las evaluaciones de los productos naturales Pectimorf, Aloe vera y Ecomic en otros periodos del año.

**7. BIBLIOGRAFÍA**

- ABBAS, M.; KASHIF, R.; AFZAL, J.; AHMAD, S.; RAIZ, S. y IQBAL, J. 2013. Production of true to type guava nursery plants via application of IBA on soft woodcuttings. *Agronomy*. 51(3): 289-296.
- ALBANY, NILCA; VILCHEZ, J. A.; VITORIA, ZENAIDA; CASTRO, CARMEN Y GADEA, J. 2004. Propagación asexual del guayabo mediante la técnica de acodo aéreo [en línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php/>. [Consulta: enero, 22 2018].
- ALMEIDA, D.; XAVIER, A. y DIAZ, J. 2012. Vegetative propagation of selected (*Eucalyptus cloeziana* F.) trees through cutting technique. *Árvore*. 31 (3): 445-453.
- ÁLVAREZ, I.; REINALDO, I.; CARTAYA, O. y TERÁN, V. 2016. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*. 32 (3): 69-74.
- APROCSAL. J. 1994. De Comunidad a Comunidad [en línea]. Disponible en: [http://www.foroswebgratis.com/temaugos\\_de\\_aloe\\_vera-64577-447475](http://www.foroswebgratis.com/temaugos_de_aloe_vera-64577-447475). [Consulta: enero, 22 2018].
- ARANGUREN, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de cosecha de los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. España: Universidad de Barcelona. p. 305-325.
- BALAGUERA, L. H.; MORALES, E. I.; ALMANZA, M. P. J. y BALAGUERA, W. A. 2010. El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 4 (1): 34-42.

- BHARDWAJ, D. y MISHRA, V. 2005. Vegetative propagation of *Ulmus villosa*: effects of plant growth regulators, collection time, type of donor and position of shoot on adventitious root formation in stem cuttings. *New Forests*. 29 (2): 105-116.
- BLANCO, F. y SALAS, E. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. 1 ed. Costa Rica: Agronomía Costarricense. p. 55-67.
- CABRERA, J. 2010. Obtención de (1-4)-a-D-Oligogalacturónidos bioactivos a partir de los subproductos de la industria. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto en Ciencias Agrícolas.
- CAÑIZARES, J. 1968. La guayaba y otras frutas Myrtaceas. La Habana, Cuba: Instituto del libro. p. 33-67.
- CARBERA, J. Y NÁPOLES, M. C. 2015. Evaluación agronómica de la coinoculación de bradyrhizobium japonicum y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soya sobre suelo ferralítico rojo compactado. *Cultivos Tropicales* 21 (1): 21-25.
- CARRANZA, P.; CRUZ, I.; NIETO, R.; SAUCEDO, A.; CEBALLOS, F.; ESCOBAR, T.; REYES, C. Y MORANTE, C. 2012. Propagación de guayacán blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) utilizando hormonas de enraizamiento. *Ciencia y Tecnología*. 5 (2): 17-26.
- CASTILLO, J.; LÓPEZ, M.; LÓPEZ, J.; CETINA, V. y HERNÁNDEZ, T. 2013. Factores de influencia en el enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* K. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 19 (1): 175-184.
- CEBALLOS, A. 2000. Establecimiento de una metodología eficiente en el proceso de embriogénesis somática de cafeto (*Coffea* sp.) mediante el uso de marcadores morfo-histológicos y moleculares. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

- CORBERA, G. y NÁPOLES, M. 2011. Evaluación de la inoculación conjunta de (*Bradyrhizobium elkanii*) hongos micorrizógenos arbusculares y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* L.), cultivada en época de primavera. *Cultivos Tropicales*. 32 (4): 13-19.
- COSTALES, D.; MARTÍNEZ, L. y NÚÑEZ, M. 2007. Efecto del tratamiento de las semillas con una mezcla de oligogacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*. 28 (1): 85-91.
- CUENCA, G. 2007. Las micorrizas arbusculares como una alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*. 32 (1): 23-29.
- DOMÍNGUEZ, P. 2011. Propagación in-vitro de selecciones de guayabo (*Psidium guajava* L.) y su respuesta a hormonas en período de subcultivo. México. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agropecuarias. Instituto de Enseñanza de Investigaciones en Ciencias Agrícolas.
- FAJARDO, R.; BLANCO, Y.; BORGES, M.; FONSECA, D.; HERNÁNDEZ, Y. y ARCEO, L. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de Pectimorf® en el enraizamiento y aclimatización de *Dianthus caryophyllus*. *Ciencias*. 34 (2): 13-16
- FARRÉZ, E.; PLACERES, G.; RODRÍGUEZ, D.; PEÑA, G. y MULEN, P. 2009. Manual sobre la propagación de frutales tropicales. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 23 p.
- GALLETTI, R.; DE, G. y FERRARI, S. 2009. Host derived signals activate plant innate immunity. *Plant Signaling and Behavior*. 4(1): 33-34.
- GARCÍA, M. 2010. Guía técnica del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). La Habana, Cuba: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". 23 p.
- GARCÍA, M. J.; HERNANDEZ, G.; BUSTIOS, D. S.; ESTEVEZ, L.; ECHEVARRÍA, Y.; CRUZ, L. R. Y LEÓN, E. L. 2008. Nuevas alternativas en la preparación de

- los medios de cultivo con la utilización del extracto de Aloe vera L. Departamento de biología y agropecuario, de la Universidad de Pinar del Río; Biofábrica de Pinar del Río [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/medios-cultivo-aloe/medios-cultivo-aloe.shtml>. [Consulta: enero, 22 2018].
- GIRARDO, T. 2009. Propagación de plantas Séptima Reimpresión México, Compañía editorial Continental, S.A.DE.C.V. p. 44-45.
- GONZÁLEZ, G.; NORIEGA, C.; FUENTES, V.; PARRA, C.; PEDRERA, B.; BORGES, I. y CASTRO, T. 2010. Guía práctica del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. 14 p.
- HARTMANN, H. y KESTER, D. 1995. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4 Ed. México: Continental. 760 p.
- HERNÁNDEZ, G.; BELTRÁN, E. y SORIANO, E. 2007. El crecimiento de la raíz de (*Arabidopsis thaliana*) es afectado por un oligogalacturónido estimulador de defensa. Ciencia Nicolaita. 49 (3): 141-154.
- HIDROBO, L.; ARDISANA, E.; CABRERA, J. y JOMARRÓN, R. 2012. Biotecnología vegetal II. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. p. 9-14.
- JÓ, M.; HERNÁNDEZ, R.; ESTÉVEZ, M.; SANTOS, Y. y ECHEVARRÍA, Y. 2008. Utilización del (*Aloe vera* L.) en la composición de medios de cultivo para la fase de enraizamiento de la variedad comercial de plátano FHIA-18. Avances.10 (4): 10.
- KOLLAROVÁ, K.; ZELKO, I.; HENSELOVÁ, M.; CAPEK, P. AND LISKOVA, D. 2012. Growth and anatomical parameters of adventitious roots formed on mung vean hypocotyls are correlated with galactoglucomannan oligosaccharides structure. The Scientific World Journal. 1: 1-7.

- LOEZA, C. J. M.; DÍAZ, L. E.; CAMPOS, P. J. M.; ORLANDO, G. J. I. 2013. Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram. Y *Bursera galeottiana* Engl. Ciencias Naturales y Agropecuarias. 20(3): 222-226.
- LOZANO, J.; TORO, J.; GARCÍA, R. y TAFUR, R. 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali: Colombia. p. 278.
- MATA, B. y RODRÍGUEZ, M. 2000. Cultivo y propagación de guayaba (*Psidium guajava* L.). D F., México.
- MEDEROS, T.; HORMAZA, M.; REYNALDO, E. y MONTESINO, S. 2011. Caracterización de mezclas de oligogalacturónidos bioactivos. CENIC Ciencias Químicas. 42(2): 1-5.
- MEDEROS, Y. y HORMASA, J. 2008. Consideraciones generales en la obtención, caracterización e identificación de los oligogalacturónidos. Cultivos Tropicales. 29(1): 83-90.
- MÉNDEZ, J.; SALAZAR, R.; DAUTANT, M.; ALCORCÉS, G. y LAYNEZ, J. 2004. Efectos del medio de enraizamiento, número de hojas por estacas y lesionado de las estacas de ixora enana (*Ixora coccinea* L.). UDO Agrícola. 4(1) 31-35.
- MENDOZA, L.; AGUILAR.; CASTILLO, O. y VIDALES, F. 2015. Diagnóstico del manejo actual del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en la región oriental de Michoacán. Michoacán, México: SAGARPA. 43 p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura) 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 1 ed. La Habana, Cuba. 38 p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2005. Guía técnica del cultivo de la guayaba 'Enana Roja Cubana'. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Ciudad de la Habana, Cuba. 12 p.



- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2009. Manual técnico para las fincas integrales de frutales en Cuba. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Ciudad de la Habana, Cuba. 13 p.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2012. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 2 ed. Ciudad de la Habana, Cuba. 35 p.
- MONTES, S.; ALDAZ, J.; CEBALLOS, M.; CABRERA, J. y LÓPEZ, M. 2010. Uso del biorregulador Pectimorf® en la propagación acelerada del *Anthurium cubense*. Cultivos Tropicales. 21 (3): 29-31.
- NIEVES, N.; POBLETE, A.; CID, M.; GONZÁLEZ, J.; LEZCANO, Y. y CABRERA, J. 2016. Evaluación del Pectimorf® como complemento de 2.4-D en el proceso de la embriogénesis somática de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Cultivos Tropicales. 27 (1): 25-30.
- PEÑA, G.; SOÚRD, M.; FARRÉZ, M.; RODRÍGUEZ, D. y PLACERES, G. 2005. Propagación del guayabo. Ed. Instituto Internacional en Fruticultura Tropical (IIFT): Memorias (CD).
- PEÑA, H.; DÍAZ, J. y MARTÍNEZ, T. 2006. Fruticultura Tropical. Segunda Parte. Editorial Félix Varela La Habana, Cuba. p. 83-130.
- PEÑATE, R. I. 2011. Uso de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Bacillus* spp.), biorradicante y sábila (*Aloe vera*) en el enraizamiento de estacas de ortencia (*Hidrangea macrophylla*) [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/medios-cultivo-aloe/medios-cultivo-aloe.shtml> [Consulta: enero, 22 2018].
- PÉREZ, J.; ARANGUREN, M.; LUZBET, R.; REYNALDO, I. M. y RODRÍGUEZ, J. 2013. Aportes a la producción intensiva de plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) a partir de esquejes en los viveros comerciales. CitriFrut. 30 (2): 11-16.

- PIERIK, R. L. M.; OOSTERKAMP, J.; EBBING, M. A. C. 1997. Factors controlling adventitious root formation of explants from juvenile and adult *Quercus robur* "Fastigiata". *Scientia Horticulturae*. 71(1-2): 7–92.
- PLANA, D.; ÁLVAREZ, M.; FLORIDO, M.; LARA, R. M. y CABRERA, J. C. 2003. Actividad biológica en la morfogénesis in vitro del tomate var. Amalia. *Cultivos Tropicales*. 24 (1): 29-33.
- RAMÍREZ, A.; CRUZ, N. y FRANCHIALFARO, O. 2003. Uso de bioestimuladores en la producción de guayaba (*Psidium guajava* L.) mediante el enraizamiento de esquejes. *Cultivos Tropicales*. 24 (1): 59-63.
- RAMOS, L.; ARAZARENA, N.; DAZA, J.; GARCÍA, F.; TAMAYO, Y.; CASTAÑEDA, E.; LOZANO, T. y RODRÍGUEZ, O. 2013. Dosis de Pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Enana Roja Cubana. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6 (1): 1093-1105.
- RAMOS, L.; CRUZ, N.; MORANTE, J. y VILLACÍS, O. 2006. Empleo de hormonas (ANA y AIB) estimuladoras del enraizamiento para la propagación vegetativa de (*Chlorophora tinctoria* L.), moral fino en el litoral ecuatoriano. *Foresta veracruzana*. 8 (1): 9-12.
- RIVERA, R.; Fernández, K. 2013. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera R. y Fernández K. Eds. *Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe*. INCA. La Habana. 166 p.
- RIVERO M. G.; RAMÍREZ, M.; CARABALLO, B.; GUERRERO, R. 2005. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). *Fac. Agron. (LUZ)* 22: 129-141.
- RODRÍGUEZ, A. y SÁNCHEZ, P. 2015. Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana. 3 ed. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). p. 40-43.

- RODRIGUEZ, H. y ECHEBERRIA, I. 2016. Efectos estimuladores del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de Aloe vera (L.) Burm [en línea]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/canales6/mkt/investigacion-productos-con-loe.htm>. [Consulta: enero, 22 2018].
- RODRÍGUEZ, N.; MAS, O.; GONZÁLEZ, G.; SÁNCHEZ, P. y SANTOS, M. 2001. Inducción del enraizamiento de esquejes herbáceos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Boletín de Reseñas. Serie RELAFRUT. 23 (1): 17-19.
- RODRÍGUEZ, N.; VALDÉS, J.; FUENTES, V.; HERNÁNDEZ, M.; RIVERO, D.; RODRÍGUEZ, J. y SOURD, D. 2010. Catálogo de cultivares de guayabo. Alquízar: Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Unida Científico-Tecnológica de Base de Alquízar.
- RUIZ L. 2015. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos con carbonatos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA.
- RUIZ, R.; VARGAS, V.; CETINA, Y. y VILLEGAS, A. 2005. Efecto del ácido indol-3-butírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de (*Gmelina arborea* Roxb.). Fitotecnia Mexicana. 28 (4): 319-326.
- SANTOS, V. M. 2012. Efecto de la aplicación de enraizadores a base de Aloe vera (Aloe vera L.) en estacas de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) en la localidad de Alto Beni. p. 56- 60.
- SOTO L. E.; JASSO, J.; VARGAS, J. J.; GONZÁLEZ, H.; Y CETINA, V. M. 2006. Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de *Ficus benjamina* L. en diferentes épocas del año. Ra Ximhai. 2 (3): 795-814.
- STATISTICA. (Data analysis software system), version 6.0, 2003, Stat Soft, Inc.
- SUÁREZ, L.; CASTILLA, Y.; HERNÁNDEZ, M.; SALOMÓN, J.; ESTÉVEZ, A.; CÉSPEDES, O. y ARAUJO, B. 2010. Efecto del Pectimorf® en la germinación

- in vitro del polen de papa (*Solanum tuberosum*). Temas de Ciencia y Tecnología. 40 (4): 43-46.
- SUÁREZ, L.; SAVATIN, D.; SALVI, G.; DE, G. y CERVONE, F. 2013. The non traditional, growth regulator Pectimorf is an elicitor of defense responses and protects *Arabidopsis* against *Botrytis cinerea*. Journal of Plant Pathology. 95 (1): 177-180.
- VÁZQUEZ, E. y TORRES, S. 2006. Fisiología Vegetal Parte 2. La Habana, Cuba: Félix Varela. 315 p.
- VÁZQUEZ, I. 2007. La Zeolita, el mineral del Siglo XX. Ciencia y Técnica. 29 (4): 30-35.
- WENDLING, I.; EBLING, B.; DE, A. y FERREIRA, D. 2013. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. Acta Scientiarum Agronomy. 35 (1): 117-125.