

## Dosis de pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana\*

### Pectimorf® dose for rooting from cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf

Leudiyanes Ramos Hernández<sup>1</sup>, Noel Juan Arozarena Daza<sup>2</sup>, José Lescaille Acosta<sup>1</sup>, Fidel García Cisneros<sup>1</sup>, Yonger Tamayo Aguilar<sup>1</sup>, Ernesto Castañeda Hidalgo<sup>3</sup>, Salvador Lozano Trejo<sup>3</sup> y Gerardo Rodríguez-Ortiz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento Producción de Montaña, Facultad Agroforestal de Montaña, Universidad de Guantánamo, km 6½, carretera El Salvador, municipio El Salvador, Guantánamo, Cuba. Tel: (0053 21) 29 43 23; 29 41 81. (lescaille@fam.cug.co.cu, yongertamayo@fam.cug.co.cu). <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", Calle 1 esq. 2; Santiago de las Vegas, Boyeros; Ciudad Habana, Cuba. Tel. (0053 7) 683 00 66 Ext. 139. (daza@inifat.co.cu). <sup>3</sup>Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5 17 07 88, (casta\_h50@hotmail.com). Autor para correspondencia: lramosh@fam.cug.co.cu.

## Resumen

La investigación se desarrolló de 2009 a 2011 en la Unidad Empresarial de Base de Producciones Varias de Guantánamo (UEB-PROVARI) con el objetivo de determinar la dosis óptima de PectiMorf® para el enraizamiento de esquejes de guayaba Enana Roja Cubana. Los esquejes se sometieron a inmersión en una de seis soluciones: 1) 5 mg/L de AIA, 2) agua destilada; cuatro dosis de PectiMorf®, 3) 10, 4) 20, 5) 30 y 6) 40 mg L<sup>-1</sup>. Transcurridos 60 días se evaluó: supervivencia (%), número de raíces, biomasa radical fresca y seca (g), fracción radical e índice de eficiencia radical (%). El experimento se realizó según un diseño completamente aleatorizado, teniendo una muestra de 10 esquejes por tratamiento. Los datos se sometieron a análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0.05$ ). Se realizó una prueba de F para comparar las respuestas en estacas sometidas a AIA y las sometidas a inmersión en agua. Se compararon las respuestas de las estacas sometidas a solo agua y las tratadas con las dosis de PectiMorf® y para la variable biomasa seca radical se empleó un análisis de regresión simple. Los resultados mostraron que los esquejes a los que se aplicó AIA tuvieron mejor respuesta de enraizado que aquellos a los que se aplicó PectiMorf®, pero este último

## Abstract

The research was conducted from 2009-2011 in the Business Unit Base of Various Productions Guantánamo (UEB-PROVARI) in order to determine the optimal dose of Pectimorf® for rooting from cuttings of guava Cuban Red Dwarf. The cuttings were subjected to immersion in each of six solutions: 1) 5 mg / L of IAA, 2) distilled water, four doses of Pectimorf®, 3) 10, 4) 20, 5) 30 and 6) 40 mg L<sup>-1</sup>; after 60 days were evaluated: survival (%), number of roots, fresh and dry root biomass (g), root fraction and radical efficiency index (%). The experiment was conducted as a completely randomized design, with a sample of 10 cuttings per treatment. Data was subjected to analysis of variance and means were compared by Duncan's multi range test ( $p \leq 0.05$ ). An F Test was performed to compare the responses on cuttings under AIA and those subjected to water immersion. Responses were compared from cuttings under water and treated only with Pectimorf® doses and for root dry biomass variable was used a simple regression analysis. The results showed that the cuttings to which AIA was applied, had better rooting response than those were Pectimorf® was applied, but the latter in any dose studied was able to

\* Recibido: diciembre de 2012  
Aceptado: abril de 2013

en cualquiera de sus dosis estudiadas fue capaz de inducir en los esquejes la formación de raíces adventicias, y la mejor respuesta de enraizamiento ocurrió en los esquejes a los que se aplicó 20 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf<sup>®</sup>.

**Palabras clave:** ácido indolacético (AIA), posturas, propagación, raíces.

## Introducción

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es considerada la fruta más preciada del género *Psidium* y una de las más valiosas del trópico. Puede consumirse fresca, como materia prima para la elaboración de jugos, conservas y bocadillos (García *et al.*, 2011). Entre los principales países productores figuran la India, Brasil, México, Sudáfrica, Jamaica, Kenya, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Haití, Colombia, Estados Unidos (Hawái y Florida), Taiwán, Egipto y Filipinas. En Cuba, esta fruta goza de una gran aceptación popular, además forma parte de las nuevas tendencias y estrategias de producción frutícolas nacionales; mediante el establecimiento de áreas puras y Fincas Integrales de Frutales (MINAG, 2009).

En la actualidad las variedades 'N-2', 'N-6', 'E.E.A 1-23' y 'E.E.A 18-40' son las más extendidas a nivel nacional, pero la variedad élite en el sistema de producción es la 'E.E.A 18-40' por su notable estabilidad. Por tal razón el Instituto de Fruticultura Tropical del Ministerio de la Agricultura con el apoyo del Programa Nacional de Agricultura Urbana, patrocinan la creación de viveros e impulsan programas de extensión de sus plantaciones en todo el país (Rodríguez y Sánchez, 2005). La propagación de esta variedad se realiza fundamentalmente de forma vegetativa por dos vías; injertos, método más utilizado tradicionalmente en los viveros cubanos; y el enraizamiento de esquejes, nueva tendencia de producción de posturas (Cao-Van, 1993). Ambas vías de propagación vegetativa permiten mantener las características genéticas de la planta progenitora y transmitirla de generación en generación (Farrés *et al.*, 2009).

La propagación vegetativa mediante enraizamiento de esquejes presenta las ventajas de obtener posturas de alta calidad, con un notable ahorro de tiempo (3.5-6 meses) y recursos humano-financieros; además, se eliminan las labores que requiere la propagación mediante injertos, como es la producción y conducción de patrones (Rodríguez

induce adventitious root formation in the cuttings and the best response of rooting occurred in cuttings were applied 20 mg L<sup>-1</sup> of Pectimorf<sup>®</sup>.

**Key words:** indole acetic acid (IAA), seedlings, propagation, roots.

## Introduction

Guava (*Psidium guajava* L.) is considered the most precious fruit of the genus *Psidium* and one of the most valuable in the tropics. It can be eaten fresh, as raw material for the production of juices, canned food and snacks (García *et al.*, 2011). Among the main producing countries are India, Brazil, Mexico, South Africa, Jamaica, Kenya, Cuba, Dominican Republic, Puerto Rico, Haiti, Colombia, United States (Hawaii and Florida), Taiwan, Egypt and the Philippines. In Cuba, this fruit is very popular, also is part of the new trends and strategies of national fruit production; by establishing clean areas and Integrated Fruit Farms (MINAG, 2009).

Currently varieties 'N-2', 'N-6', 'E.E.A 1-23' and 'E.E.A 18-40' are the most widespread nationally, but elite variety in the production system is the 'E.E.A 18-40' for its remarkable stability. For this reason the Tropical Fruit Institute of the Ministry of Agriculture with support from the National Urban Agriculture Program, sponsored the creation of nurseries and boost programs to increase their plantations nationwide (Rodríguez and Sánchez, 2005). The spread of this variety is mainly done vegetatively by two ways; grafting method traditionally used in Cuban nurseries, and the rooting of cuttings, new trend of seedling production (Cao-Van, 1993). Both vegetative ways help maintain the genetic characteristics of the parent plant and transmit it from generation to generation (Farres *et al.*, 2009).

Vegetative propagation by rooting of cuttings has the advantage of obtaining high-quality seedlings, with a considerable saving of time (3.5-6 months) and human-financial resources; in addition, it eliminates the work that requires the propagation by grafting, as is production and handling patterns (Rodríguez *et al.*, 2001). But to achieve high efficiency in the rooting of cuttings, is necessary to apply on the base of this, a product containing active ingredients such as auxin growth regulators, either, indole acetic acid (IAA), indole butyric acid (IBA) or naphthalene

*et al.*, 2001). Pero para lograr una alta eficiencia en el enraizamiento de los esquejes, es necesario aplicar en la base de estos algún producto que contengan como ingredientes activos reguladores del crecimiento de tipo auxinas, ya sea, ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (IBA) o ácido naftalenacético (ANA) (Dominguez, 2011) y que suelen ser muy costosas y difíciles de conseguir en el sistema de producción cubano (Peña *et al.*, 2005).

De manera que en Cuba la búsqueda de alternativas que permitan la sustitución parcial o total de estos productos importados, es una necesidad imperante en el sistema de producción de posturas. En investigaciones para cumplir este propósito se obtuvo un producto de origen botánico que consiste de una mezcla de oligosacáridos pécticos, al que se dio el nombre de PectiMorf®, con potencialidades reales para este fin.

El PectiMorf® ha mostrado capacidad de inducir la formación de raíces adventicias en peciolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) (Falcón y Cabrera, 2007), esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus*) (Fajardo *et al.*, 2011) y en plantas de judía o frijol de oro (*Phaseolus* sp.) (Kollárová *et al.*, 2012). Sin embargo, se requiere determinar la dosis más efectiva de una sustancia promotora del enraizamiento, de acuerdo a la especie, genotipo y características de las estacas. En el caso de guayaba, Ramírez *et al.* (2003) demostraron que estacas pertenecientes a diversos genotipos tuvieron respuestas diferentes de enraizado. Por lo que la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la dosis más efectiva de PectiMorf® para el enraizamiento esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana.

## Materiales y métodos

### Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en la Unidad Empresarial de Base de Producciones Varias (UEB-PROVARI) de Guantánamo del Ministerio del Interior, ubicada en la Carretera Guantánamo-Bayate, km 3.5, municipio "El Salvador", provincia de "Guantánamo".

### Características y procedencia de los productos utilizados

Ácido indolacético (AIA) (Merck) es una hormona vegetal caracterizada por provocar alargamiento celular. Esta sustancia se puede obtener por dos vías fundamentales,

acetic acid (NAA) (Dominguez, 2011) and these are usually very expensive and hard to get in the Cuban production system (Peña *et al.*, 2005).

In Cuba are seeking alternatives allowing partial or total replacement of these imported products; is a pressing need in the seedling production system. In research to fulfill this purpose was obtained a botanical natural product consisting of a mixture of pectic oligosaccharides, which was given the name Pectimorf®, with real potential for this purpose.

Pectimorf® has shown capability to induce adventitious root formation in petioles of African violet (*Saintpaulia ionantha*) (Falcon and Cabrera, 2007), cuttings of carnation (*Dianthus caryophyllus*) (Fajardo *et al.*, 2011) and bean plants or gold bean (*Phaseolus* sp.) (Kollarova *et al.*, 2012). However, it is required to determine the most effective dose of a rooting promoting substance, according to the species, genotype and characteristics of cuttings. In the case of guava, Ramirez *et al.* (2003) demonstrated that cuttings belonging to different genotypes had different rooting response; as this research was conducted in order to determine the most effective dose of Pectimorf® for rooting from cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf.

## Materials and methods

### Experiment location

The research was carried out in the Business Unit Base of Various Productions (UEB-PROVARI) in Guantánamo from the Interior Ministry, located on Highway Guantánamo-Bayate, km 3.5, municipality "El Salvador", Province "Guantánamo".

### Characteristics and origin of the products used

Indole acetic acid (IAA) (Merck) is a plant hormone characterized by promoting cell elongation. This substance can be obtained by two fundamental ways, the most common, is the decarboxylation and deamination of tryptophan to form secondary compounds that give origin to the hormone (Vázquez-Torres, 2006). The employed in this job is reagent grade and was obtained by the Spanish company PANREAC (2008) with a purity of 98% of the active compound (1H-indole-3-acetic acid).

la más común, es la descarboxilación y desaminación del triptófano para formar compuestos secundarios que dan origen a la hormona (Vázquez y Torres, 2006). La empleada en este trabajo tiene calidad de reactivo y fue obtenida por la empresa española PANREAC (2008) con una pureza de 98% del compuesto activo (1H-indol-3-acético).

El PectiMorf<sup>®</sup> es una mezcla de oligosacáridos de origen péctico con grado de polimerización 7-16, obtenido a partir de materias primas de la industria citrícola, específicamente el ácido péctico (Sigma, pectina cítrica) (Cabrera, 2000; Cid *et al.*, 2006), 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), La Habana, Cuba (Montes *et al.*, 2000). Este laboratorio se dedica desde 1992 al desarrollo de metodologías para la obtención de oligosacarinas, entre ellas el PectiMorf<sup>®</sup>, que es un monómero de ácido galacturónico (Merck) y de reconocido efecto estimulador del crecimiento en numerosos cultivos (Nieves *et al.*, 2006 y Costales *et al.*, 2007).

Los esquejes se obtuvieron de árboles de *P. guajava* L. var. Enana Roja Cubana E.E.A 18-40. Ésta variedad fue obtenida por selección a partir de una población de plantas originadas de semillas resultantes de polinización libre de la variedad Indian Pink en el año 1962, en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas en La Habana, Cuba; hoy Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Es un árbol de porte pequeño, que se caracteriza por presentar un follaje de color verde oscuro, sus frutos de diferentes formas y tamaño, pero generalmente son aperados y con pulpa de color roja-rosada. Es una variedad muy prolífica de alto potencial productivo, con un rendimiento de alrededor de las 70 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> cuando las condiciones medioambientales y tecnológicas son adecuadas, y que en condiciones experimentales ha tenido rendimientos de hasta 100 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; con rendimientos promedios de 40 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (MINAG, 2011).

### Tecnología y métodos de trabajo

El trabajo experimental se repitió en tres ocasiones (campañas) y se desarrolló según las especificaciones y normas establecidas para la propagación por enraizamiento de esquejes establecidas en la guía técnica del cultivo (Peña *et al.*, 2005). Para ello se trabajó bajo un umbráculo que permite

The Pectimorf<sup>®</sup> is a mixture of oligosaccharides with pectic origin, polymerization degree 7-16, obtained from raw materials of the citrus industry, specifically pectic acid (Sigma, citrus pectin) (Cabrera, 2000; Cid *et al.* 2006), according to established methodology and patented by the oligosaccharines lab from the Bioactive Products Group, Department of Plant Physiology and Biochemistry, from the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), Havana, Cuba (Montes *et al.*, 2000). This laboratory is dedicated since 1992 to the development of methodologies for obtaining oligosaccharides, including Pectimorf<sup>®</sup>, which is a monomer of galacturonic acid (Merck) and of a growth promoting effect, recognized in numerous crops (Nieves *et al.*, 2006 and sacks *et al.*, 2007).

The cuttings were obtained from trees of *P. guajava* L. variety Cuban Red Dwarf E.E.A 18-40. This variety was obtained by selection from a population of plants originated from seeds resulting from open pollination of variety Indian Pink in 1962, in the former Agricultural Experiment Station at Santiago de las Vegas in Havana, Cuba, now the National Institute of Fundamental Research in Tropical Agriculture "Alexander von Humboldt" (INIFAT). It is a small sized tree, which is characterized by dark green foliage, the fruits of different shapes and sizes, but usually are leaflets and pulp colored red-pink. This variety is very prolific with high productive potential, with a yield of around 70 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> when environmental and technological conditions are suitable and in experimental conditions had yields of up to 100 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, with average yields of 40 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (MINAG, 2011).

### Technology and methods of work

The experimental work was repeated three times (campaigns) and developed according to the specifications and standards established for the propagation by rooting cuttings established in the culture technique guide (Peña *et al.*, 2005). This was achieved under a green house that allows the reduction of 50% of the incident solar radiation and rooting beds 10 m long and 1 m wide, filled with sand substrate 25 cm deep.

Between the months of January to August 2009, cuttings were cut of 12 cm on average, semi-ligneous with two pairs of leaves at the top, from shoots of three years old near the installation site. Cutting of the cuttings was made in the early morning hours to avoid rapid oxidation by phenols concentration, since the influence of high temperature and light intensity increases the concentration of these in the cuttings, therefore rooting efficiency may be affected, by promoting endogenous modifications of IAA (Piñol *et al.*, 2000).

la reducción de 50% de la radiación solar incidente y en camas de enraizamiento de 10 m de largo por 1 m de ancho, rellenas con sustrato de arena de 25 cm de profundidad.

Entre los meses de enero - agosto de 2009, 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 tres años de edad cercano al lugar de instalación. El corte de los esquejes se realizó en horas tempranas de la mañana para evitar la rápida oxidación por concentración de fenoles, ya que la influencia de altas temperaturas e intensidad luminosa aumentan la concentración de los mismos en los esquejes, y por tanto puede afectarse la eficiencia del enraizamiento, por provocar modificaciones endógenas del AIA (Piñol *et al.*, 2000).

Las estacas se establecieron en el lecho de enraizamiento y se distribuyeron en arreglo de tres bolillo con una densidad de 100 esquejes m<sup>-2</sup>. Se aplicaron riegos intermitentes de 15 s cada 7 min, durante todo en día por cuatro semanas mediante un sistema de micro-aspersores de riego localizado, capaz de mantener a los esquejes hidratados y sus hojas turgentes.

La cantidad total de esquejes se separó en seis grupos para introducir su extremo basal, durante 15 min en recipientes que contenían 250 ml de alguna de las diferentes soluciones correspondientes a cada tratamiento. Los seis tratamientos consistieron de: 1) solución con 5 mg l<sup>-1</sup> de ácido indolacético (AIA), que fue el tratamiento testigo de producción; 2) agua destilada, al que se denominó testigo absoluto; soluciones de PectiMorf® a diferente concentración; 3) 10 mg l<sup>-1</sup>; 4) 20 mg l<sup>-1</sup>; 5) 30 mg l<sup>-1</sup>; y 6) 40 mg l<sup>-1</sup>. El pesaje de AIA y PectiMorf® se realizó en una balanza analítica con precisión de 0.1 mg.

### Variables

Sesenta días después de establecer las estacas en el sustrato se evaluó: 1) supervivencia (%) que se cuantificó sobre la base de una muestra de 50 esquejes por tratamiento y se determinó la proporción de esquejes vivos y muertos cada 15 días; 2) número de raíces (U), al finalizar la fase enraizamiento se tomaron 10 esquejes por tratamiento y se realizó el conteo de las raíces primarias que se formaron en cada esqueje; 3) la biomasa radical fresca y seca (g) que se evaluó al cortar las raíces y éstas se pesaron en la balanza analítica. Para obtener la biomasa seca radical, éstas se colocaron en bolsas de papel para secarlas en estufa de convección a 65 °C durante 72 h y su posterior pesaje; y 4) fracción radical (%), que se evaluó mediante la determinación de

The cuttings were established in the rooting bed and distributed in a herringbone arrangement with a density of 100 cuttings m<sup>-2</sup>. Intermittent irrigation of 15 s every 7 min was applied, during whole day for four weeks using micro-sprinkler irrigation, able to keep the cuttings hydrated and turgid leaves.

The total amount of cuttings was separated into six groups to introduce its basal end for 15 min in vessels containing 250 ml of one of the different solutions for each treatment. The six treatments consisted of: 1) solution with 5 mg l<sup>-1</sup> of indole acetic acid (IAA), which was the production control treatment; 2) distilled water, which is called absolute control; Pectimorf® solutions at different concentration; 3) 10 mg l<sup>-1</sup>; 4) 20 mg l<sup>-1</sup>; 5) 30 mg l<sup>-1</sup>; and 6) 40 mg l<sup>-1</sup>. The weighing of IAA and Pectimorf® was made on an analytical balance accurate to 0.1 mg.

### Variables

Sixty days after establishing the cuttings in the substrate was evaluated: 1) survival (%), that was quantified on the base of a sample of 50 cuttings per treatment and determined the proportion of living and dead cuttings every 15 days; 2) number root (U), at the end of the rooting phase 10 cuttings were taken per treatment and counted the primary roots that formed in each cutting; 3) fresh and dry root biomass (g), which was evaluated by cutting roots and these were weighed on an analytical balance. For dry root biomass, the roots were placed in paper bags to dry in a convection oven at 65 °C for 72 h and subsequent weighing; 4) root fraction (%), which was assessed by determining the percentage ratio of dry biomass of roots over total cuttings biomass; for this determination was used the following mathematical expression  $Fr = (Brs / Bst) 100$ , where  $Brs$  = dry root biomass,  $Bst$  = total dry biomass = dry root mass + dry mass of shoots; and 5) root efficiency index (%), which was determined by adjusting the formula proposed by Rivera and Fernández (2003), who propose to calculate the efficiency index (IE), through the following mathematical relationship  $IER = ((Brs(p) - Brs(t)) / Brs(t)) 100$ , where  $Brs(p)$  = dry root biomass, treatments treated with Pectimorf®,  $Brs(t)$  = dry root biomass in the control treatment.

### Experimental design and statistical analysis

The experiment was established on a completely randomized design. It had 50 cuttings per treatment in each campaign. To determine differences between treatments was made an

la relación porcentual de biomasa seca de las raíces entre la biomasa total del esqueje; para esta determinación se utilizó la siguiente expresión matemática  $Fr = (Brs/Bst)100$ , donde Brs= biomasa radical seca, Bst= biomasa seca total = masa radical seca + masa seca de la parte aérea. 5) índice de eficiencia radical (%), que se determinó mediante un ajuste de la fórmula propuesta por Rivera y Fernández (2003), quienes proponen calcular el Índice de eficiencia (IE), a través de la siguiente relación matemática  $IER = ((Brs(p) - Brs(t))/Brs(t))100$ , donde Brs(p)= biomasa radical seca de tratamiento tratado con PectiMorf<sup>®</sup>, Brs(t)= biomasa radical seca del tratamiento testigo.

### Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció sobre un diseño completamente aleatorizado. Se tuvieron 50 esquejes por tratamiento en cada campaña. Para determinar diferencias entre tratamientos se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0.05$ ). Con los promedios de las campañas, se empleó una prueba de F para determinar diferencias entre el testigo de producción y el testigo absoluto; las variables número de raíces, biomasa radical fresca y seca se procesaron mediante un análisis de regresión simple. En el análisis se utilizó el paquete estadístico Statistica 6.1 en ambiente Windows.

### Resultados y discusión

En el experimento en que se evaluó la formación de raíces adventicias en estacas de guayaba en respuesta a la aplicación de ya sea, PectiMorf<sup>®</sup> o AIA, se aprecia que los esquejes a los que no se aplicó alguno de los productos citados, estos formaron raíces, lo que sugiere una capacidad intrínseca de los mismos para esta actividad fisiológica (Cuadro 1). 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. En este momento se une a otros compuestos y se transforma en "auxina combinada", que es inmóvil y si tiene actividad fisiológica como la formación de callos, iniciación y elongación radical (Overvoorde *et al.*, 2010).

analysis of variance of simple classification and comparison of means was performed using Duncan's multi range test ( $p \leq 0.05$ ). With campaigns averages was used the F test to determine differences between the control of production and absolute control; the variables number of roots, fresh and dry root biomass were processed by simple regression analysis. In the analysis was used the statistical package STATISTICA 6.1 for Windows.

### Results and discussion

In the experiment in which was assessed the formation of adventitious roots in cuttings of guava in response to the application of either, Pectimorf<sup>®</sup> or IAA; cuttings were any of the cited products were applied, formed roots, suggesting an intrinsic capability of the same for this physiological activity (Table 1). This is possible because in the cutting are also organs or auxin production centers, such as the apex of the leaves, stems and axillary buds. Auxin synthesized in these centers can be transported as "free auxin" which has no physiological activity, but travels through tissue conducts of the cutting and acts in sites were most needed. Right now joins to other compounds and becomes "auxin combined", which is still and if it has physiological activity as callus formation, radical initiation and elongation (Overvoorde *et al.*, 2010).

#### Cuadro 1. Funcionamiento radical de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana ante la aplicación de 0 y 5 mg L<sup>-1</sup> de AIA.

**Table 1. Root behavior of cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf before the application of 0 and 5 mg L<sup>-1</sup> IAA.**

Dosis de AIA	Núm. de raíces	Biomasa radical (g)		Fracción radical (%)
		Fresca	Seca	
0 mg L <sup>-1</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>
5 mg L <sup>-1</sup>	5.00 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	11.05 <sup>a</sup>
F	44.18	56.15	59.20	40.72
Sig.	0.000003	0.000001	0.000000	0.000005

But the response level for rooting formation by the cuttings from guava variety Cuban Red Dwarf was low; as demonstrated by the variable root fraction indicating that of the total biomass of untreated cuttings, only 3.92% corresponded to roots. While cuttings to which was applied

Pero el nivel de respuesta de formación de raíces por los esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana fue bajo, así lo demuestra la variable fracción radical que indica que de la biomasa total del esqueje no tratado, sólo 3.92% correspondió a raíces. Mientras que los esquejes a los que se aplicó AIA sintético, las raíces que formaron fueron más grandes, pues tuvieron hasta 11.05% de la biomasa total, lo cual representa un aumento significativo del rendimiento fisiológico para ésta actividad. La prueba de F realizada muestra que existen diferencias significativas entre todas las variables evaluadas a favor del testigo de producción (AIA, 5 mg L<sup>-1</sup>), por lo que se reafirma una vez más la necesidad de aplicar AIA para obtener alta eficiencia en el proceso de enraizamiento.

Al respecto, Balaguera *et al.* (2010) reconocen la importancia de la auxina en el desarrollo de las raíces, debido a su influencia en la división celular, alargamiento y diferenciación en el cultivo de Pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). 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. Vargas *et al.* (1999) demostraron que la aplicación exógena de auxinas incrementó la respuesta de formación de raíces adventicias en estacas de icaco. En estudio citado se emplearon diferentes combinaciones de auxinas con las que se pudo lograr que hasta 70% de las estacas formaran raíces.

La aplicación de hormonas como AIA o AIB es un paso importante de la tecnología de propagación por enraizamiento de esquejes actualmente en sistemas intensivos de propagación de plantas (MINAG, 2011), ya que sin ellas no se lograría un adecuado enraizamiento en las estacas de guayaba var. Enana Roja Cubana. La Figura 1 muestra las potencialidades que tiene el PectiMorf® para lograr altos índices de supervivencia, ya que en los diferentes grupos de esquejes sometidos a alguna de las dosis del producto evaluadas más de 80% de las plantas obtenidas sobrevivieron, cantidad superior a 56% de plantas sobrevivientes a partir de esquejes que se sometieron al testigo absoluto, y cercanas a 88% de plantas obtenidas a partir de estacas tratadas con el AIA.

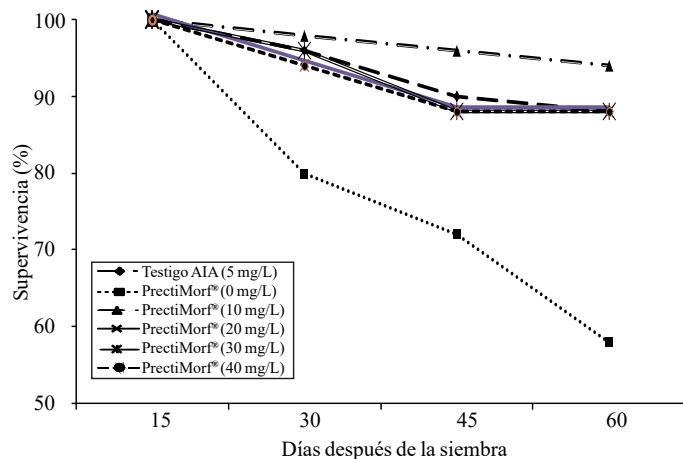
synthetic IAA, roots that formed were larger; as were up to 11.05% of the total biomass, which represents a significant increase in physiological performance for this activity. The F test shows that there are significant differences between all variables assed, in favor of the production control (IAA, 5 mg L<sup>-1</sup>), thus once again reaffirms the need to apply IAA to obtain high efficiency in the rooting process.

In this regard, Balaguera *et al.* (2010) recognize the importance of auxin in the development of roots, due to their influence on cell division, elongation and differentiation in the crop of Pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Azcon-Bieto and Talon (2000) studied the formation process of adventitious roots and describe that auxins induced at cellular level the response of division, elongation and differentiation, therefore propose a hypothesis for the mechanism of action, which is based on its influence on vascular cambium, and moreover, in stimulating the formation of tracheids by differentiation of cells from the callus, which enables the initiation and growth of roots. Vargas *et al.* (1999) demonstrated that exogenous application of auxin increased the response of adventitious root formation in cuttings of icaco. In the study cited, were used different combinations of auxin, with which were able to achieve that up to 70% of the cuttings formed roots.

The application of hormones such as IAA or IBA is an important step for micropropagation technology by rooting cuttings, currently in intensive systems of plant propagation (MINAG, 2011), because without them, could not achieve an adequate rooting from cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf. Figure 1 shows the potential that Pectimorf® has to achieve high survival rates, since the different groups of cuttings subjected to any of the tested doses of the product; over 80% of the obtained plants survived, amount higher than 56% of plants that survived from cuttings that were subjected to absolute control, and close to 88% of plants obtained from cuttings treated with IAA.

These results demonstrate the importance of Pectimorf® as efficient product in the production system of seedlings of guava, because survival has a highly related with the formation of roots and avoids leaf abscission of cuttings, and a delay in this process increases the possibility of death of the cutting.

González *et al.* (2008) evaluated the germination of soybean variety INCASOY-27, which prior to planting were subjected to various treatments. 24 h after planting was observed that groups of seeds than previously were kept immersed in a solution of Pectimorf®, the greater percentage of them



**Figura 1. Porcentaje de supervivencia de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana ante la aplicación de diferentes dosis de PectiMorf®.**

**Figure 1. Survival percentage of cuttings of guava variety Cuban Red dwarf before the application of different doses of Pectimorf®.**

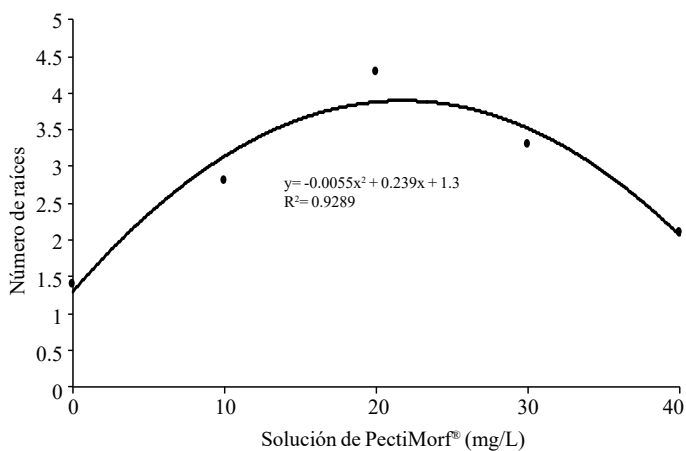
Estos resultados demuestran la importancia del PectiMorf® como producto eficiente en el sistema de producción de posturas de guayaba, porque la supervivencia tiene una alta relación con la formación oportuna de raíces y evitar la abscisión de las hojas de los esquejes, y un retraso en este proceso aumentan la posibilidad de la muerte del esqueje.

González *et al.* (2008) evaluaron la germinación de semillas de soya variedad Incasoy-27, que antes de su siembra se sometieron a diversos tratamientos. Transcurridas 24 h después de la siembra observaron que en grupos de semillas que previamente se mantuvieron en inmersión en una solución de PectiMorf®, mayor porcentaje de éstas germinó en comparación a los grupos de semillas no embebidas en esta sustancia. Las plantas que se obtuvieron de semillas que previamente se trataron con solución, ya sea, 10 ó 100 ppm de PectiMorf®, más de 80% de éstas sobrevivió. También, Izquierdo *et al.* (2009) demostraron que plantas de plátano clon 'FHIA-18' micropropagadas, las que al inicio de trasplante para su aclimatación se sometieron a inmersión en soluciones con 1 ó 5 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf® o se les aplicó solución de esta sustancia mediante aspersión foliar, transcurrida esta fase de aclimatación, 92 y 92.8% de las plantas sobrevivieron, respectivamente, superior a 84% de supervivencia de las plantas no tratadas con PectiMorf®).

En la Figura 2 se puede apreciar 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

germinados en comparación a los grupos de semillas sojados en la sustancia. Plantas obtenidas de semillas que fueron previamente tratadas con una solución, ya sea 10 o 100 ppm de Pectimorf®, más de 80% de ellas sobrevivieron. También, Izquierdo *et al.* (2009) demostraron que plantas de plátano clon 'FHIA-18' micropropagadas, las que al inicio de trasplante para su aclimatación se sometieron a inmersión en soluciones con 1 o 5 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf® o se les aplicó solución de esta sustancia mediante aspersión foliar, después de esta fase de aclimatación, 92 y 92.8% de las plantas sobrevivieron, respectivamente, superior a 84% de supervivencia de las plantas no tratadas con Pectimorf®).

Figure 2, shows that the cuttings subjected to immersion in solution containing 20 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf® formed as many adventitious roots, than those cuttings untreated with it. Considering that several factors (genotype, physiological condition of cutting, temperature and relative humidity, substrate characteristics, etc.) influence the response of root formation in cuttings, regression analysis showed that environmental conditions and similar plant material in this experiment, the optimal response of rooting from cuttings is when these are subjected to immersion treatment in a solution with 23.9 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®, with which formed 4.15 adventitious roots on average by cutting. The dose of 20 mg L<sup>-1</sup> also resulted optimal in its effect for variables fresh and dry root biomass (Figure 3).



**Figura 2. Número de raíces de esquejes de guayaba var. Enana roja cubana como respuesta a la aplicación de diferentes soluciones de PectiMorf®.** En el modelo de regresión, y= número de raíces, x= dosis de PectiMorf®, R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación.

**Figure 2. Number of roots of cuttings from guava variety Cuban Red Dwarf, as response to application of different solutions of PectiMorf®.** In the regression model, y= number of roots, x= optimal dose; R<sup>2</sup>= coefficient of determination.

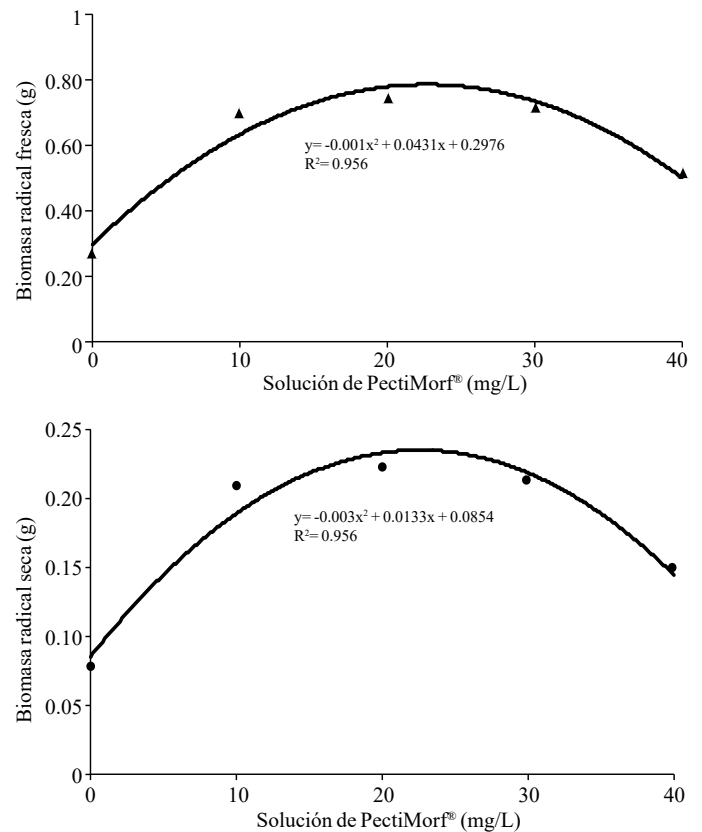


tratados con esta sustancia. Considerando que varios factores (genotipo, condición fisiológica de la estaca, temperatura y humedad relativa ambiental, características del sustrato, etc.) influyen en la respuesta de formación de raíces en estacas, el análisis de regresión mostró que en condiciones ambientales y de material vegetal similares que en este experimento, la respuesta óptima de enraizado de esquejes es cuando estos se someten a tratamiento de inmersión en solución con  $23.9 \text{ mg L}^{-1}$  de PectiMorf®, con la que formarían 4.15 raíces adventicias en promedio por esqueje. La dosis de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  también resultó la óptima en su efecto para las variables biomasa radical fresca y seca (Figura 3).

El coeficiente de determinación  $R^2$  permite asegurar que, manteniendo constantes otras condiciones en que se realizó el experimento, la ecuación representada en la figura explica 92.8% de los resultados que es aceptable desde el punto de vista matemático para variables biológicas (Di Rienzo *et al.*, 2005). Al someter los esquejes a dosis superiores a  $20 \text{ mg L}^{-1}$ , ocurrió la inhibición progresiva del número de raíces que formaron los esquejes, pues aquellos que recibieron las dosis de 30 y  $40 \text{ mg L}^{-1}$ , formaron sólo 23.25 y 51.16% de la cantidad de raíces que formaron los esquejes sometidos al mejor tratamiento. Éstas respuestas divididas en dos tendencias ~una de ascenso y otra de descenso~, se ha presentado en otras investigaciones donde se han estudiado dosis de PectiMorf®, pero para cada especie vegetal esta respuesta cambia el punto máximo de expresión de los mejores resultados. Por ejemplo, Cid *et al.* (2006) encontraron que distintas combinaciones de AIA,  $\text{GA}_3$  y PectiMorf® generaron diferentes tendencias (aumento y disminución) en variables fisiológicas medidas en semillas artificiales de caña de azúcar.

El punto máximo de inflexión ocurrió en la combinación de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  y  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de PectiMorf®, mientras que las demás combinaciones quedaron por debajo en dos sentidos. Por otro lado, Benítez *et al.* (2008) demostraron que la aspersión foliar de soluciones con, ya sea, 2, 10 y  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de PectiMorf®, a plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) a los seis meses después de la emergencia, aquellas plantas a las que se aplicó la dosis de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  mostraron el mayor crecimiento en altura y área foliar.

Es importante destacar que todos los esquejes tratados mostraron mejor respuesta que aquellos esquejes del grupo testigo absoluto, lo que destaca una acción benéfica del producto, aunque existan dos tendencias en el resultado; la dosis de  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de PectiMorf® resulta ser la más adecuada



**Figura 3. Biomasa radical fresca y seca de esquejes de guayaba var. Enana roja cubana como respuesta a la aplicación de diferentes soluciones de PectiMorf®.** y= número de raíces; x= dosis óptima;  $R^2$ = coeficiente de determinación.

**Figure 3. Fresh and dry root biomass from cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf, as response to application of different solution of PectiMorf®.** y= number of roots; x= optimal dose;  $R^2$ = coefficient of determination.

The coefficient of determination  $R^2$  ensures that, keeping constant other conditions in which the experiment was conducted, the equation shown in the Figure explains 92.8% of the results which is acceptable from the mathematical point of view for biological variables (Di Rienzo *et al.*, 2005). By subjecting the cuttings at doses above  $20 \text{ mg L}^{-1}$ , progressive inhibition occurred in the number of roots formed by cuttings, since those receiving doses of 30 and  $40 \text{ mg L}^{-1}$ , formed only 23.25 and 51.16% of the amount of roots formed by cuttings subjected to the best treatment. These responses divided into two tendencies ~one of ascent and the other descent~, has been seen in other studies where doses of Pectimorf® were studied, but for each plant species this response changes the peak of expression of the best results. For example, Cid *et al.* (2006) found that different combinations of IAA,  $\text{GA}_3$  and Pectimorf® generated different trends (ascent and descent) in physiological variables measured in artificial seeds from sugarcane.

en términos de respuesta vegetal, que coincide con resultados obtenidos por Ramírez *et al.* (2003) en el enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana.

Debido a que el PectiMorf® consiste de una mezcla de oligosacáridos pécticos con grado de polimerización 7-16 y un monómero de ácido galacturónico, constituyendo una mezcla compleja, Mederos y Hormasa (2008) le atribuyen alta capacidad para causar diversos efectos de crecimiento, de defensa u hormonal, aunque no hay referencias que describan los procesos fisiológicos que se estimulan.

El análisis de regresión muestra que las estacas que recibieran entre 21.55 y 22.17 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf®, mostrarían las máximas respuestas de biomasa radical fresca y seca, 0.76 y 0.232 g, respectivamente; las cuales están en estrecha relación con la dosis aplicada; cantidades que se aproximan mucho a los 0.75 y 0.231 de biomasa radical fresca y seca que tuvieron los esquejes a los que se aplicaron 20 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf®. El coeficiente de determinación de 0.956 para ambas curvas, permiten asegurar que considerando similares las condiciones ambientales y de material vegetal en las que se realizó el experimento, el modelo obtenido es altamente confiable en su capacidad para predecir la acumulación de materia fresca y seca en respuesta a la dosis de PectiMorf®. Cabe puntualizar que a medida que se aumentó la dosis después del máximo punto de inflexión los esquejes formaron menos biomasa radical fresca y seca.

Los resultados del presente trabajo aportan evidencia de que el PectiMorf® podría ser una alternativa viable para utilizarse como producto promotor del enraizado de esquejes de guayaba, similares a los descritos por Fajardo *et al.* (2011) en el enraizamiento de *Dianthus caryophyllus*. Aunque también hay referencias del efecto de esta sustancia para estimular otras respuestas en las plantas.

Camejo *et al.* (2012), demostraron aumento de la actividad enzimática en raíces de alfalfa tratadas con PectiMorf®. Es importante señalar que el PectiMorf® está compuesto por una mezcla de oligogalacturonidos y que estas son moléculas bioactivas que resultan de la degradación de los polisacáridos pécticos de la pared celular de las plantas o proveniente de algunos microorganismos que invaden los tejidos vegetales, su relación más estrecha con el enraizamiento está explicada en los resultados de Carpita y Gibeault (1993), quienes aseguran que los polisacáridos pécticos, son moléculas superiores que están relacionadas con los xiloglucanos que sirven como conectores o cubridores de espacios de las

Maximum inflection point occurred in the combination of 2 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 10 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®, while the other combinations fell short in all senses. Furthermore, Benitez *et al.* (2008) demonstrated that foliar spraying solutions, either, 2, 10 and 20 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®, in areca palms (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) at six months after emergence, those plants that was applied the dose of 10 mg L<sup>-1</sup> showed the highest growth in height and leaf area.

Is important to mention that all treated cuttings showed better response than those cuttings from the absolute control, highlighting a beneficial action from the product; although there are two trends in the result: the dose of 20 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf® proves to be the most suitable in terms of plant response, which coincides with the results obtained by Ramirez *et al.* (2003) on the rooting of cuttings of guava variety Cuban Red Dwarf.

Because Pectimorf® consists of a mixture of pectic oligosaccharides with polymerization degree of 7-16 and a monomer of galacturonic acid, forming a complex mixture; Mederos and Hormasa (2008) attribute high capacity to cause various effects of growth, defense or hormonal, but there are no references that describe the physiological processes that are stimulated.

Regression analysis shows that the cuttings that received between 21.55 and 22.17 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®, would show the maximum responses of fresh and dry root biomass, 0.76 and 0.232 g, respectively; which are closely related with the applied dose; quantities that are very close to 0.75 and 0.231 of fresh and dry root biomass that cuttings had, at 20 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®. The coefficient of determination of 0.956 for both curves, allowed ensure that considering similar environmental conditions and plant material in which the experiment was conducted, the model obtained is highly reliable in its capability to predict the accumulation of fresh and dry matter in response to doses of Pectimorf®. It is worth pointing out that as the dose was increased after the maximum inflection point, the cuttings formed less fresh and dry root biomass.

The results of this study provide evidence that Pectimorf® could be a viable alternative for use as a promoting product of rooting in cuttings of guava, similar to those described by Fajardo *et al.* (2011) on the rooting of *Dianthus caryophyllus*; although there are references on the effect of this substance to stimulate other responses in plants.

microfibrillas de celulosa de la pared celular, una vez que la célula realiza la diferenciación y el alargamiento celular, procesos que ocurren en la iniciación radial.

Los resultados obtenidos demuestran que la dosis de 20 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf® es la dosis que induce la mejor respuesta del material vegetal evaluado; sin embargo, la fracción radical muestra otro tipo de tendencia, ya que existe diferencia estadística entre las aplicaciones de PectiMorf® y el testigo absoluto (sin aplicación), pero no existe diferencias estadísticas de efecto entre las dosis de 10, 20, 30 y 40 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf®; lo cual implica que existe una estrecha relación entre la aplicación del producto en éstas dosis y la cantidad de raíces que puede producir en correspondencia con el peso total del esqueje.

Otra observación importante es que las aplicaciones de PectiMorf® no difieren estadísticamente con la aplicación del AIA, en su efecto de estímulo de la formación de raíces. Respecto a la variable índice de eficiencia radical, que expresa la eficiencia de cada tratamiento con respecto a los testigos estudiados, muestra que todas las dosis de PectiMorf® estudiadas fueron más eficientes que el testigo absoluto, o sea que la aplicación de este producto siempre fue más beneficiosa que no aplicar y este efecto ocurrió para todas las dosis estudiadas. La mejor respuesta se obtuvo al tratar los esquejes con la dosis de 20 mg L<sup>-1</sup>, en los que se obtuvo un índice de eficiencia radical de 187.56%.

Sin embargo, a pesar de que el PectiMorf® es una alternativa viable, no es más eficiente que aplicar la hormona AIA, en la base de las estacas. En el Cuadro 2 se muestra que para ninguna de las dosis estudiadas el índice de eficiencia radical llega a ser positivo, aunque la dosis 20 mg L<sup>-1</sup> (30.19%) de PectiMorf® es la que más se aproxima al efecto del AIA.

Camejo *et al.* (2012) demonstrated an increase of the enzyme activity in alfalfa roots treated with Pectimorf®. Importantly, Pectimorf® consists of a mixture of oligo galacturonic and that these are bioactive molecules that result from the degradation of pectic polysaccharides from the cell wall of plants or from some microorganisms invading plant tissues, their relationship with rooting is explained in the results of Carpita and Gibeault (1993), who claim that pectic polysaccharides are higher molecules that are related with xyloglucans that work as connectors or as space covers from cellulose microfibrils of the cell wall, once that the cell performs the differentiation and cell elongation, processes occurring in root initiation.

The results obtained show that 20 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf® is the dose that induces the best response of the plant material evaluated; however, root fraction shows another type of trend, since statistical difference exists between applications of Pectimorf® and absolute control (without application), but there are no statistical differences in effect between doses of 10, 20, 30 and 40 mg L<sup>-1</sup> Pectimorf®, which implies that there is a close relationship between product application at these doses and the number of roots that can produce in correspondence with the total weight of the cuttings.

Another important observation is that the application of Pectimorf® did not differ statistically with the application of IAA, in its effect to stimulate root formation. Regarding the variable of root efficiency index, which expresses the efficiency of each treatment related to the controls; shows that all Pectimorf® doses were more efficient than the absolute control, meaning that the application of this product was always more beneficial than not applying and this effect occurred for all the doses studied. The best

**Cuadro 2. Comportamiento del índice de eficiencia radical (IER) ante los testigos absoluto y de producción en base a la biomasa seca radical (g) en esquejes de guayaba sometidas a diferentes concentraciones de PectiMorf®.**

**Table 2. Behavior of root efficiency index (IER) before absolute and production control based on dry root biomass (g) in cuttings of guava subjected to different concentrations of Pectimorf®.**

Tratamientos	Fracción radical (g) X±DS	IER (%)	
		Testigo absoluto	Testigo de producción
Testigo de producción	11.05 ±2.39 <sup>a</sup>	-----	-----
Testigo absoluto	3.92±3.07 <sup>c</sup>	-----	-----
PectiMorf® 10 mg L <sup>-1</sup>	9.90±2.46 <sup>ab</sup>	170.73	-34.27
PectiMorf® 20 mg L <sup>-1</sup>	10.07±1.67 <sup>ab</sup>	187.56	-30.19
PectiMorf® 30 mg L <sup>-1</sup>	10.43±1.16 <sup>ab</sup>	175.91	-33.02
PectiMorf® 40 mg L <sup>-1</sup>	8.23±2.05 <sup>b</sup>	93.01	-53.14
E. Ex	0.46	-----	-----

Medias con superíndices diferentes difieren significativamente según Duncan para  $p \leq 0.05\%$ .

Estos resultados muestran la necesidad de seguir trabajando para mejorar el efecto del PectiMorf® como producto promotor del enraizado de estacas, así lo reconocen Ramírez *et al.* (2003) en el cultivo de la guayaba, Falcón y Cabrera (2007) en el enraizamiento de peciolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*), Hernández *et al.* (2007) sobre *Anthurium andreaum* y se ajusta a las recomendaciones de Cabrera (2000) y Mederos y Hormasa (2008).

## Conclusión

La mejor dosis de PectiMorf® para el enraizamiento de esquejes de guayaba es 20 mg L<sup>-1</sup>, ya que mostró los mejores resultados en las variables evaluadas y se recomienda la aplicación de la misma para la producción de posturas de guayaba var. Enana Roja Cubana, aunque hay que trabajar mezclas con otros productos que puedan igualar o mejorar la respuesta del AIA.

## Literatura citada

- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial Universidad de Barcelona. España. 305-324 pp.
- 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 pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas. 4(1):34-42.
- Benítez, B.; Núñez, M. y Yong, A. 2008. Crecimiento de plantas de palma areca (*Dypsis lutescens* H. Wendel) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos. Cultivos Tropicales. 29(3):81-85.
- Cabrera, J. C. 2000. Obtención de (1-4)-a-D-oligogalacturónidos bioactivos a partir de los subproductos de la industria cítrica. Universidad de La Habana, Cuba.
- Camejo, D.; Martí, M. C.; Olmos, E.; Torres, W.; Sevilla, F. and Jiménez, A. 2012. Oligogalacturonides stimulate antioxidant system in alfalfa roots. *Biologia Plantarum* 56(3):37-544.
- Cao-Van, P. 1993. Multiplication du goyavier a la Martinique. CIRAD-IRFA. 1-2 pp.
- Carpita, N. C. and Gibeau, D. M. 1993. Structural models of primary cell walls in flowering plants; consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant Journal*. 3(1):1-30.
- Cid, M.; González, L.; Lezcano, Y. y Nieves, N. 2006. Influencia del PectiMorf® sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). *Cultivos Tropicales*. 27(1):31-34.
- Costales, D.; Martínez, L. y Núñez, M. 2007. Efecto del tratamiento de las semillas con una mezcla de oligogalacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersium* Mill). *Cultivos Tropicales*. 28(1):85-91.

response was obtained by treating the cuttings with a dose of 20 mg L<sup>-1</sup>, in which was obtained a root efficiency index of 187.56%.

However, despite that Pectimorf® is a viable alternative it is not more efficient than to apply the hormone IAA, at the base of the cuttings. Table 2 shows that for any of the doses studied the root efficiency index becomes positive, although dose 20 mg L<sup>-1</sup> (30.19%) of Pectimorf® is the nearest approach to the effect of IAA.

These results show the need to continue working to improve the effect of Pectimorf® as a promoting product of rooting in cuttings, as recognized by Ramirez *et al.* (2003) in the cultivation of guava; Falcon and Cabrera (2007) on the rooting of petioles of African violet (*Saintpaulia ionantha*); Hernández *et al.* (2007) on *Anthurium andreaum* and adjust to the recommendations of Cabrera (2000) and Mederos and Hormasa (2008).

## Conclusion

The best dose of Pectimorf® for rooting in cuttings of guava is 20 mg L<sup>-1</sup>, since it showed the best results in the variables evaluated and recommended the application thereof for the production of seedlings of guava variety Cuban Red Dwarf, but is necessary to work mixes with other products that may meet or exceed the response of the IAA.

*End of the English version*



- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; González, L. A.; Tablada, E. M.; Díaz, M.; Robledo, C. W. y Balzarini, M. G. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. 6ª Edición. Córdoba, Argentina. 345 p.
- Domínguez, P. L. 2011. Propagación *in-vitro* de selecciones de guayabo (*Psidium guajava*, L.) y su respuesta a hormonas en periodo de subcultivo. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Enseñanza de Investigaciones en Ciencias Agrícolas, *Campus Montecillo*. Texcoco, Estado de México. 65 p.
- Fajardo, R. L.; Blanco, B. Y.; Borges, G. M.; Fonseca, C. D.; Hernández, J. Y. y Arceo, E. L. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de Pectimorf en el enraizamiento y aclimatización de *Dianthus caryophyllus*. Publicaciones Científicas. Revista Ciencias. Com. (consultado septiembre, 2011).
- Falcón, A. B. y Cabrera, J. C. 2007. Actividad enraizadora de una mezcla de oligogalacturónidos en peciolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*). *Cultivos Tropicales* 28(2):87-90.

- Farrés, E.; Placeres, G. J.; Rodríguez, D. A.; Peña, G. O. y Mullen, P. L. 2009. Manual sobre la propagación de frutales tropicales. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Ciudad de la Habana, Cuba. 23 p.
- García, M. C.; Cury, R. K. y Dussán, S. S. 2011. Comportamiento poscosecha y evaluación de calidad de fruta fresca de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. 64(2):6207-6212.
- González, Y.; Reynaldo, I. y Utria, E. 2008. Influencia del biorregulador Pectimorf en la germinación y el enraizamiento de semillas de soya variedad INCASOY-27. In: memorias en CD-ROM del XVI Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas (INCA). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- Hernández, B.; Benítez, B.; Soto, F. y Domini, M. 2007. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo del cultivo de *Anthurium andreanum*. Cultivos Tropicales. 28(4):83-86.
- Izquierdo, H.; González, M. C.; Núñez, M.; Proenza, R. y Cabrera, J. C. 2009. Influencia de un oligogalacturónido en la aclimatación de vitroplantas de banano (*Musa spp.*) del clon 'FHIA-18' (AAAB). Cultivos Tropicales. 30(1):37-42.
- Kollárová, K.; Zelko, I.; Henselová, M.; Capek, P. and Lisková, D. 2012. Growth and anatomical parameters of adventitious roots formed on mung bean hypocotyls are correlated with galactoglucomannan oligosaccharides structure. The Scientific World Journal 1:1-7.
- Mederos, Y. y Hormasa, J. 2008. Consideraciones generales en la obtención, caracterización e identificación de los oligogalacturónidos. Revisión bibliográfica. Cultivos Tropicales. 29 (1):83-90.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2009. Manual técnico para las fincas integrales de frutales en Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana, Cuba. 13 p.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2011. Instructivo técnico del cultivo de la guayaba var. Enana Roja Cubana. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Editorial: PALMA-PNUD. Primera edición. Ciudad de la Habana, Cuba. 44 p.
- Montes, S.; Aldaz, J. P.; Ceballos, M.; Cabrera, J. C. y López, M. 2000. Uso del biorregulador Pectimorf en la propagación acelerada del *Anthurium cubense*. Cultivos Tropicales. 21(3):29-31.
- Nieves, N.; Poblete, A.; Cid, M.; Lezcano, Y.; González-Olmedo, J. L. y Cabrera, J. C. 2006. Evaluación del Pectimorf como complemento del 2,4-D en el proceso de embriogénesis somática de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Cultivos Tropicales. 27(1):25-30.
- Overvoorde, P.; Fukaki, H. and Beeckman, T. 2010. Auxin Control of root development. Cold Spring Harb Perspect Biol.
- PANREAC. 2008. Tarifa 2008 reactivos y medios de cultivo. Reactivo Acido 1H-indol-3-acético, al 98%. CE: 201-748-2. Lote-24518RBS. Castellar del Valle (Barcelona) España.
- Peña, G. O.; Soúrd, M. D.; Farrés, E. A.; Rodríguez, D. A. y Placeres, G. J. 2005. Propagación del guayabo. In: memorias del Curso Internacional en Fruticultura Tropical. Instituto Internacional en Fruticultura Tropical.
- Piñol, M. T.; Palazón, J. y Cusidó, R. M. 2000. Introducción al metabolismo secundario. In: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill. Barcelona, España. 261-283 pp.
- 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.
- Rivera, R. y Fernández, K. 2003. Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. In: 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.
- Rodríguez, A. y Sánchez, P. 2005. Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana. Tercera edición (aumentada y corregida). INIFAT. La Habana. Cuba. 42-43 p.
- Rodríguez, N.; Mas, O.; González, G.; Sánchez, P. y Santos, M. 2001. Inducción del enraizamiento en esquejes herbáceos de *Psidium guajava* L. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Boletín de Reseñas. Serie Relafrut 1:17-19.
- Vargas, G.; Arellano, G. y Soto, R. 1999. Enraizamiento de estacas de icaco sometidas a aplicaciones de auxinas. Bioagro. 11(3):103-108.
- Vázquez, E. y Torres, S. 2006. Fisiología vegetal 2<sup>da</sup> parte. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 315 p.