



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**MINISTERIO DE LA AGRICULTURA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL  
"ALEJANDRO DE HUMBOLDT"**

**USO DE PECTIMORF<sup>®</sup>, FITOMAS-E E INÓCULOS MICROBIANOS  
PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES Y EL CRECIMIENTO DE  
POSTURAS DE GUAYABA (*Psidium guajava*, L.) 'ENANA ROJA CUBANA'**

**Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**

**Ing. LEUDIYANES RAMOS HERNÁNDEZ**

**LA HABANA  
2014**



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**MINISTERIO DE LA AGRICULTURA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL  
"ALEJANDRO DE HUMBOLDT"**

**USO DE PECTIMORF®, FITOMAS-E E INÓCULOS MICROBIANOS  
PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES Y EL CRECIMIENTO DE  
POSTURAS DE GUAYABA (*Psidium guajava*, L.) 'ENANA ROJA CUBANA'**

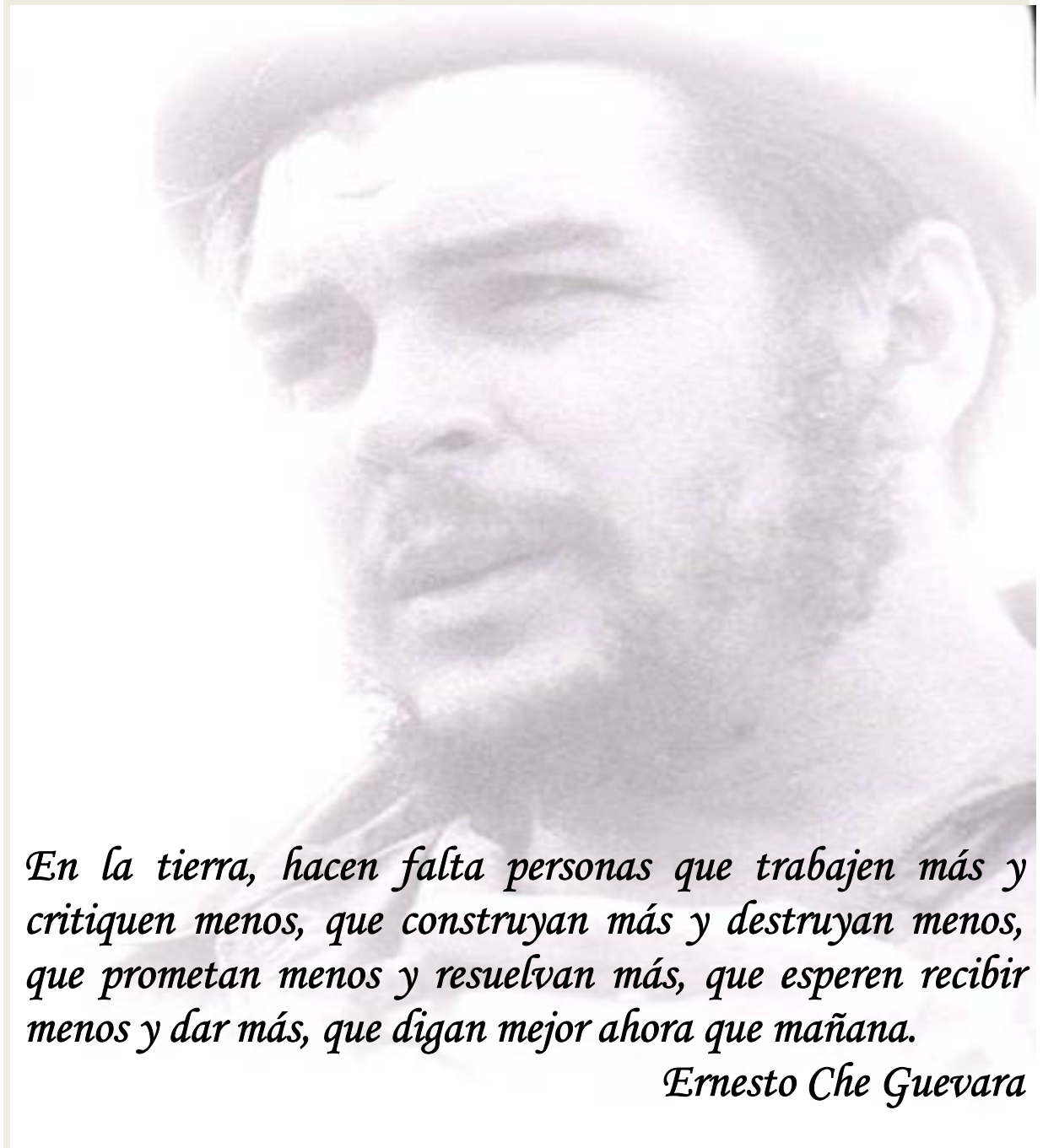
**Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**

Autor: Ing. Leudiyanes Ramos Hernández

Tutor: Ing. Noel J. Arozarena Daza, Dr. C.

**LA HABANA  
2014**

# *Pensamiento*



*En la tierra, hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan mejor ahora que mañana.*

*Ernesto Che Guevara*

# *Dedicatoria*

*A Melba Hernández Hernández, mi querida abuelita y Esther Hernández Hernández, mi adorada madre, personas que han hecho de mí, el ser humano que soy, me han dado las fuerzas para llegar hasta aquí y su amor sin límites: son el regalo más lindo que Dios me ha dado en la vida.*

*A mis hermanas, hermanos y primos porque me han acompañado en la vida desde que tengo uso de razón y porque no puedo imaginarme sin ellos.*

*A la memoria de mis tíos Rogelio Wilson y Delmis Consta y de mi abuelo Pastor; que Dios les tenga en la gloria.*

*A esa, mi familia, dedico esta tesis, porque es el resultado de todo su amor.*

# Agradecimientos

- ✓ *Agradezco a la Revolución cubana por darme la oportunidad de estudiar y realizarme como profesional. Este es un logro más de su esfuerzo para que personas humildes como yo, tengan oportunidades en la vida.*
- ✓ *Al Dr. C. Noel J. Arozarena Daza, mi tutor. No alcanzarían las palabras para decir cuán dichoso me siento de tenerlo en mi vida; ha sido para mí el padre que me faltó antes de conocerlo, ha contribuido a mi superación personal y profesional, su guía y exigencia en todos los aspectos de la vida, me han ayudado a limar asperezas y a ser una mejor persona para la sociedad. Gracias Papo.*
- ✓ *A Ñonfi, gracias por existir.*
- ✓ *A Melba Hernández, Esther Hernández, Anielis González, Annileidys González, Alekys Warner, Jaime Warner, Nelsi Consta, Neilys Wilson, Yohana Wilson, Erika del Valle, Erit, Eudiyandris, Alieski, Eliecer Hernández y familia, Magdiel Hernández, Edgardo del Valle, Edgar y al resto de mis familiares que de una forma u otra han contribuido con este trabajo.*
- ✓ *A Arianna Gallardo González, por acompañarme y brindarme amor, colaboración y amistad.*
- ✓ *Alegna Rodríguez Fajardo, que me acompañó desde los inicios .*
- ✓ *A Dora Soler, Yuraine y familia y María de los Ángeles, personas que me han ayudado en momentos muy importantes, durante la realización de este trabajo.*
- ✓ *A José Lescaille Acosta, porque sin su ayuda no hubiese sido posible esta tesis: éste es un hermano que me regaló la vida.*
- ✓ *A los amigos y hermanos de siempre, Yoanner Beltrán y familia, Leonides Peña y familia, Leonel García, Edilberto Bravo, Yuris Rodríguez y Yolaisis Borrero y familia.*
- ✓ *Mis más sinceros agradecimientos a todos los trabajadores del INCA, las compañeras de las casitas, Sucel (la madrina de los orientales) y su equipo. A Flora, Yosúan, el flaco, Alexis Lamz (mi hermano), el personal de la biblioteca y de la cocina comedor, el grupo de agentes de seguridad y protección, los choferes, a la administración, a los doctores Ines Reynaldo, Gloria Martín, Ángel Leyva, Francisco Soto, Walfredo Torres, Blanca de la Noval, Mario Varela, entre otras muchas personas de esta institución, que han contribuido a la culminación exitosa de este trabajo, me apoyaron en todo momento... Con todos estoy eternamente en deuda, siento que tengo aquí una gran familia, a todos muchas gracias.*
- ✓ *A mis compañeros de trabajo y los estudiantes de la Facultad Agroforestal de Montaña, José A. Machuca, Manuel Riera, Kaliannis Olivarez, Lázaro Telo, Ana*

*Odalys Terry, Juana Iris, Rolando López, Marcelino Ramírez, Angel Leyva, Omar Sánchez, Fidel García, Rodelkis Hernández, Yeinier Reina, Odelkis Thomas, Eliannet Leyva, Lisander Sevilla, Lázaro Boris, Leinier, Mato y Yorvis.*

- ✓ *Al INIFAT, institución que me acogió como aspirante y puso a mi disposición el talento humano que contribuyó a mi formación.*
- ✓ *A los compañeros de lucha, Yoania Ríos, Lissett Gutiérrez, Alfredo Lino, Michel A. Ramírez, Gertrudis Pentón, Jaime Simó, Ernesto Gómez, Yonger Tamayo, Adrián Montoya, Deyanira Rivero, Yaniuska Perigó, Guillermo R. Almenares, Gicli Suárez, David Ramos y muchos otros, con los que me tocó vivir momentos inolvidables y con los que compartí alegrías, tristezas, aciertos, desaciertos, consejos, abundancia y vicisitudes.*
- ✓ *Al Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo y a todo el colectivo con que trabajé y aprendí, en el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México; también a Edgardo Ramírez y familia, Ángel Ramírez, Ulises Remo, Rodolfo García y otros muchos amigos de ese hermano país.*
- ✓ *Al personal la UEB Provavi y en especial a Agustín Venticuaba y a los productores Iraelio y Eugenio Beltrán, al personal de las UBPC Batalla de Jobito y Hermanos Sánchez, sin ellos este trabajo no hubiese sido posible.*
- ✓ *A la Delegación Provincial de la Agricultura en Guantánamo y en especial a Caridad Piedra y Yurielkis Rodríguez.*
- ✓ *Quiero agradecer de todo corazón a aquellas personas que hicieron con su minucioso trabajo y consejos, aportes importantes en la elaboración de las distintas versiones del documento: doctores Elein Terry, Miguel Socorro, Alfredo Socorro, Olegario Pablo Muñiz, Teodoro López, Amelia Capote, Luis Gómez, María Isabel Hernández, Bernardo Dibut y Alberto Pérez y a los máster Yulién Migueles y Angel R. Ramírez.*

*A todos muchas gracias.*

## LISTA DE ACRÓNIMOS

AG <sub>3</sub>	-----	Giberelinas
AIA	-----	Ácido indol acético
AIB	-----	Ácido indol butírico
ANA	-----	Ácido nalftalenacético
CIB	-----	Capacidad de Intercambio de Bases
FAO	-----	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GUS	-----	Gen <i>rolB-B-glucorinidasa</i>
HMA	-----	Hongos micorrizógenos arbusculares
ICIDCA	-----	Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
IM	-----	Inóculos microbianos
INCA	-----	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
INICA	-----	Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar
INIFAT	-----	Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical " <i>Alejandro de Humboldt</i> "
MO	-----	Materia orgánica
MFP	-----	Ministerio de Finanzas y Precios (República de Cuba)
OGs	-----	Oligogalacturónidos
ONE	-----	Oficina Nacional de Estadísticas (República de Cuba)
ONEI	-----	Oficina Nacional de Estadísticas e Información (República de Cuba)
PMA	-----	Programa Mundial de Alimentos
RPCV	-----	Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal

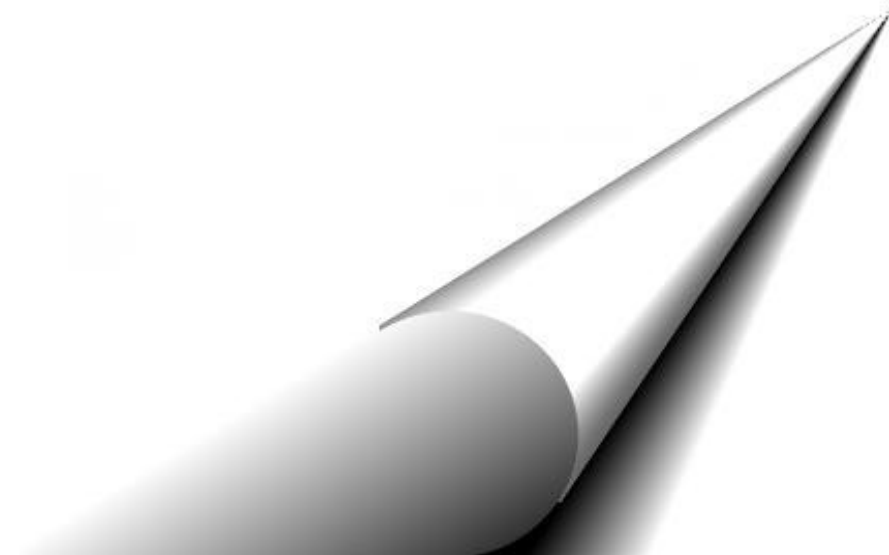
## SÍNTESIS

A fin de proponer una alternativa de producción asexual de posturas de guayaba (*Psidium guajava* L.) 'Enana Roja Cubana', a partir de insumos nacionales, se evaluó al PectiMorf® y al FitoMas-E como posibles productos inductores del enraizamiento de esquejes; la mejor respuesta obtenida en cada caso [PectiMorf® (20 mg·L<sup>-1</sup>) y FitoMas-E (5 mL·L<sup>-1</sup>)], no superó al testigo de producción (5 mg·L<sup>-1</sup> de AIA) pero sí fundamentó la evaluación de la aplicación conjunta de cada producto con el AIA y entre sí, lo que demostró efectos antagonistas entre PectiMorf® y AIA, a la vez que la posibilidad de emplear al FitoMas-E como potenciador del efecto enraizador de esos dos productos, resultado que condujo a proponer su uso simultáneo con el PectiMorf®, para sustituir al AIA. Posteriormente se evaluó la aplicación de los inóculos microbianos EcoMic® y AZOMEG, como alternativa de manejo que posibilitase reducir el consumo de abono orgánico en la fase de vivero; los resultados obtenidos permitieron además, acortar la duración de ese proceso, con relación a la práctica productiva existente. La evaluación económica resultó favorable a la nueva concepción de trabajo, bien aceptada por los actores de la producción, en la correspondiente cadena agroalimentaria.

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
1.1 Aspectos generales .....	7
1.2 Propagación vegetativa de la guayaba .....	9
1.2.1 Propagación de la guayaba por enraizamiento de esquejes .....	10
1.2.2 Factores que influyen en la propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes.....	14
1.2.3 Algunos aspectos anatómicos y fisiológicos relacionados con el enraizamiento de esquejes.....	20
1.3 PectiMorf® .....	22
1.4 FitoMas-E .....	28
1.5 Inóculos microbianos en la agricultura.....	30
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	35
2.1 Etapa 1. Uso de PectiMorf® y FitoMas-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	36
2.2 Etapa 2. Empleo de inóculos microbianos (AZOMEG y EcoMic®) para el crecimiento y desarrollo de las posturas a partir del enraizamiento de los esquejes .....	41
2.3. Etapa 3. Validación en condiciones locales de producción .....	46
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	49
3.1 Etapa 1. Uso de PectiMorf® y FitoMas-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	49
3.1.1 Experimento 1. Evaluación de diferentes concentraciones de PectiMorf®, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	50
3.1.2 Experimento 2. Evaluación de diferentes concentraciones de FitoMas-E, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	58

3.1.3 Experimento 3. Aplicación combinada de PectiMorf® [Concentración óptima según Experimento 1] y AIA, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	65
3.1.4 Experimento 4. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según experimento 3] y AIA en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	69
3.1.5 Experimento 5. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según experimento 3] y PectiMorf®, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	72
3.2 Etapa 2. Empleo de inóculos microbianos (AZOMEG y EcoMic®) para el crecimiento y desarrollo de las posturas a partir del enraizamiento de los esquejes .....	76
3.2.1 Experimento 6. Reducción del consumo de abono orgánico y empleo de inoculantes microbianos (AZOMEG y EcoMic®) en el crecimiento de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	76
3.3 Etapa 3. Validación en condiciones locales de producción .....	86
3.3.1 Comparación de alternativas de producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ .....	86
3.3.2. Introducción a la práctica productiva .....	98
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	101
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	102
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	
<b>VII. ANEXOS</b> .....	

# *Introducción*



## **INTRODUCCIÓN**

La guayaba (*Psidium guajava* L.) pertenece a la familia *Myrtacea*, la cual está representada por unos 100 géneros y alrededor de 3000 especies; es considerada la fruta más preciada del género *Psidium*, que es el más importante y posee unas 233 especies (Lozano *et al.*, 2002), de las que 26 aparecen en la flora cubana (Cañizares, 1968).

Según García *et al.* (2011) es una de las más valiosas del trópico, rica en vitaminas y minerales y también favorecida por la versatilidad de sus usos, lo que la hace un producto muy apetecido y demanda producciones altas y estables de la fruta.

En Cuba, la producción mayoritariamente es asumida por productores del sector privado, si bien no debe descartarse el apreciable aporte de la producción familiar en patios y parcelas, estimulada y reconocida por el Movimiento Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana, que la incluye entre sus prioridades productivas (GNAUSU, 2013).

La necesidad de lograr altos y estables niveles de producción ha hecho de la propagación asexual, una de las actividades fundamentales de la cadena productiva de la guayaba.

Mata y Rodríguez (2000) informan que inicialmente esta especie se propagó espontáneamente mediante reproducción sexual pero que con el desarrollo de la ciencia, se llegó a la reproducción asexual, cuyos métodos más conocidos son los injertos, las estacas de raíz, las estacas de brotes enraizados en el tronco, las estacas de ramas lignificadas, los acodos o

margullos aéreos o en el suelo, el cultivo de tejidos y el enraizamiento de estacas de ramas herbáceas o esquejes.

Farrés *et al.* (2009) destacan que en Cuba tradicionalmente se usó el injerto como principal vía de propagación; sin embargo, en la actualidad la propagación por enraizamiento de esquejes es el método más empleado para la guayaba 'Enana Roja Cubana', ya que permite obtener posturas de alta calidad, con un notable ahorro de tiempo y de recursos humanos y financieros, respecto al injerto, más adecuado para trabajos de mejora genética, según declaran Cao-Van (1993) y Rodríguez *et al.* (2001).

No obstante, para hacer eficiente la producción de posturas por enraizamiento de esquejes, se requiere de manera indispensable, la aplicación de hormonas de enraizamiento (AIA o AIB), insumos de importación cuya adquisición limita actualmente la sostenibilidad, en Cuba, de ese proceso productivo (Peña *et al.*, 2005 y Domínguez, 2011) e identifica como demanda a satisfacer por las ciencias agrarias, la búsqueda de alternativas de empleo de productos de origen nacional, en dicho proceso.

Otro aspecto importante dentro de la tecnología de producción de posturas es la composición del sustrato, para los procesos de crecimiento y desarrollo que suceden al enraizamiento de los esquejes. De la calidad de este soporte dependen el desarrollo posterior de las raíces, su vigor y el tiempo para la comercialización o el trasplante de las posturas (Méndez *et al.*, 2004; Suárez, 2011).

En Cuba, el Ministerio de la Agricultura estableció el empleo de zeolita y abono orgánico, como componentes del sustrato (MINAG, 2012) pero los productores que a menudo enfrentan dificultades para acceder a la zeolita, la han sustituido por suelo de calidad tan variable como los sitios de los que se extrae; así, preparan sustratos con suelo y abono orgánico a partes iguales. Esta actividad, también se ve limitada por la disponibilidad de portadores de materia orgánica, condicionada o dependiente en alto grado de la irregular producción azucarera en el país.

De manera que buscar alternativas que optimicen el consumo de abono orgánico en el período de crecimiento, también constituye demanda a atender por la gestión de conocimientos. Para ello se dispone como insumo informativo, de los resultados que en todo el país validan el empleo de inoculantes microbianos en la mejora de la calidad de uso agrícola, de las mezclas empleadas como sustrato de naturaleza orgánica en la producción de frutales, hortalizas y granos, entre otros rubros alimenticios (Lino *et al.*, 2006; Arozarena *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2011; Martín *et al.*, 2010)

Entre los productos de origen vegetal cuyo uso es frecuente en la agricultura cubana aparecen el PectiMorf<sup>®</sup> (Mederos *et al.*, 2011) y el FitoMas-E (Montano, 1998); el primero reconocido por generar respuestas favorables en procesos de enraizamiento, durante la propagación de diferentes especies cultivadas y el segundo, por su acción fitoestimulante capaz de mejorar la respuesta productiva.

Sin embargo, en cualquier caso todavía es insuficiente el conocimiento acumulado sobre la efectividad de su uso en el manejo agronómico de la guayaba ‘Enana Roja Cubana’, lo que justifica la realización de investigaciones en ese sentido.

Por otra parte cobran cada vez mayor reconocimiento entre actores de la innovación, la investigación y la producción, las ventajas propias del empleo simultáneo de inóculos microbianos, obtenidos a partir de microorganismos de diferentes condición genética y contribución al crecimiento y desarrollo vegetales (Lino *et al.*, 2006; Dibut *et al.*, 2010 y Terry *et al.*, 2012); de modo que también quedan justificadas, las acciones encaminadas a optimizar la calidad de los sustratos, a partir del empleo simultáneo de varios microorganismos.

Si a lo anterior se suma el hecho de que la guayaba es una de las frutas preferidas por la población, que así lo demuestra en la demanda y consumo que hace de la misma y que la oferta comercial de la fruta aún es insuficiente, se entenderá la pertinencia de investigaciones que tributen soluciones para la situación descrita. Tal es el caso de la investigación que sustenta al presente documento y cuyo diseño aparece a continuación:

**Problema científico**

¿Cómo concebir la producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, con empleo de insumos de origen nacional en los procesos de enraizamiento y crecimiento que la caracterizan?

### **Hipótesis**

El empleo de bioproductos nacionales de orígenes botánico y microbiano en los procesos de enraizamiento y crecimiento permite la sustitución del ácido indol acético, la reducción del consumo de abono orgánico y la obtención de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ de adecuada calidad de uso agrícola.

### **Objetivo general**

Proponer una alternativa de producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, a partir de insumos de origen nacional para los procesos de enraizamiento y crecimiento.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la posibilidad de reducir o sustituir el empleo de AIA, por el uso de PectiMorf® y FitoMas-E, para el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’.
2. Reducir el consumo del abono orgánico empleado en la elaboración de sustratos para la producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, sin afectar su calidad de uso agrícola.
3. Recomendar una variante tecnológica de producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, que iguale o supere a la establecida actualmente por las normas técnicas.

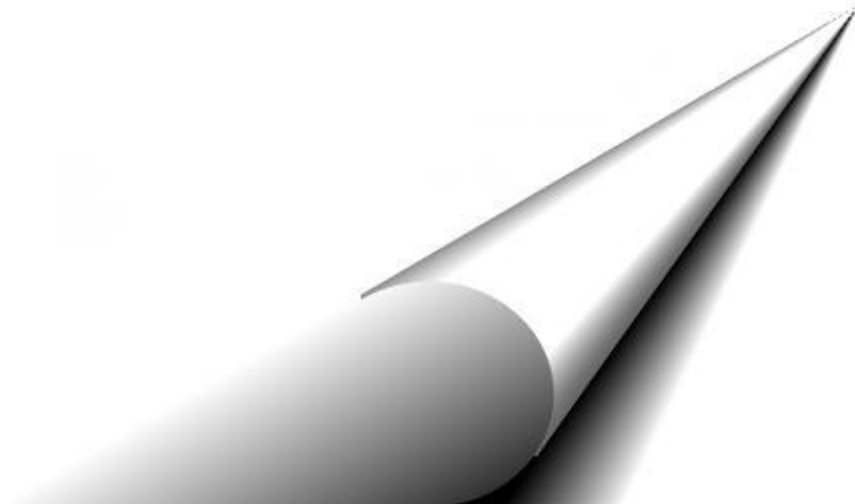
**Novedad científica**

Se fundamenta experimentalmente y por primera vez, que el FitoMas-E es capaz de inducir procesos de enraizamiento en esquejes de guayaba y se avala a través de la investigación, la posibilidad del empleo combinado de PectiMorf® y FitoMas-E, como sustitutos del ácido indol acético en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'.

**Valor práctico**

Se propone una alternativa tecnológica para la propagación de guayaba 'Enana Roja Cubana', que prescinde del empleo de un insumo de importación en el proceso de enraizamiento de esquejes, implica menor consumo de abono orgánico en la fase de crecimiento o vivero y acorta el tiempo para la producción de posturas, respecto a la alternativa vigente.

# *Revisión Bibliográfica*



## **I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 Aspectos generales**

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una fuente natural de vitaminas, minerales, fibra, proteínas, grasas y azúcares. Tiene exquisitos sabor y aroma y se le llama “*La reina de la vitamina C*” porque puede llegar a tener 400 mg de la misma por 100 g de pulpa, concentración que supera unas cinco veces a la propia de los cítricos, según Alí y Lazan (1997).

Se cultiva en forma comercial en la India, Sudáfrica, Pakistán, Estados Unidos, Australia, Filipinas, Venezuela, Brasil, México, Cuba, Egipto, Tailandia, Indonesia, Colombia y otros países (MINAG, 2012). Esta notable dispersión no es ajena a su amplia y tradicional diseminación a través de las semillas, que conservan su poder germinativo tras el consumo humano y animal (Peña *et al.*, 2005).

En Cuba el cultivo organizado de esta fruta comenzó después del triunfo de la Revolución con la introducción de nueve variedades procedentes de la Florida, obtenidas por el profesor Roy O. Nelson, de la Universidad de Miami (Cañizares, 1968).

En el período 2007-2012 la superficie promedio de guayaba cosechada y en producción en el país, abarcó 10 483,67 hectáreas con un rendimiento medio de 9,57 t·ha<sup>-1</sup> (ONEI, 2013). Las variedades más cultivadas en Cuba son la Suprema Roja, desde la N1 hasta la N9, la Cotorrera o Criolla y las E.E.A 1-23 y E.E.A 18-40 (‘Enana Roja Cubana’), de acuerdo con Peña *et al.* (1996). Esta última fue obtenida por selección, de semillas de una

planta libremente polinizada de la variedad 'Indian Pink' en el año 1962, en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, en La Habana, hoy INIFAT, según MINAG (1985 y 2011).

La misma fuente la describe como un árbol de porte pequeño (3,0 m a los 10 años de plantado) con follaje de color verde oscuro y frutos con pulpa de color roja-rosada y de diferentes formas y tamaños, aunque generalmente aperados. Variedad muy prolifera y de alto potencial productivo (alrededor de 70 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>) cuando las condiciones medioambientales y tecnológicas son adecuadas.

En la provincia de Guantánamo, los estudios de Ramos *et al.* (2007) demostraron que la guayaba, después del mango (*Mangifera indica* L.) es la fruta más deseada por la población; sin embargo, su escasa producción afecta seriamente al suministro de la fruta; vale señalar que entre los factores más limitantes de la cadena productiva de la guayaba figura, la actividad de propagación.

Hay que destacar que Guantánamo enfrenta riesgos de vulnerabilidad ante la inseguridad alimentaria, debido principalmente a su baja capacidad de respuesta, según criterio e informes del PMA (2001), lo que también identifica al territorio como escenario adecuado para acciones de gestión de conocimientos, enfocadas a la producción sostenible de alimentos inocuos.

En el caso de la producción de guayaba, lo anterior se expresa en la falta de viveros, lo que implica la importación desde otras provincias, de todas

las posturas requeridas en el territorio; también en la falta de la correspondiente cultura tecnológica en los productores, de los cuales no pocos son de relativamente reciente incorporación a la agricultura, como resultado de la promulgación de los decretos-ley 259 y 300.

Así, la construcción participativa de conocimiento (Jiménez, 2013) es otra de las necesidades a atender, en la búsqueda de la satisfacción de la demanda de guayaba como producto agrícola, en la provincia.

### **1.2 Propagación vegetativa de la guayaba**

Según Rojas *et al.* (2004), el término propagación vegetativa define la capacidad de multiplicación de una planta, a partir de células, tejidos y órganos (raíces, tallos y hojas); Solomon *et al.* (2011) la reconocen como una forma eficaz de perpetuar las especies.

Muchos factores intervienen en la propagación vegetativa pero sin lugar a dudas, la capacidad de las células vegetales para dividirse y transmitir la información genética encerrada en el núcleo es uno de los más influyentes, al permitir la obtención de un nuevo individuo con características idénticas a las de su progenitor (Lewin, 2004).

Según De Robertis (2004) y Vieira de Souza (2007) en este proceso ocurre la mitosis y juega un papel importante la habilidad de las células adultas de volver a la actividad meristemática y desarrollar un nuevo punto de crecimiento, lo que se relaciona con el criterio de Soudre *et al.* (2008) quienes plantean que es posible mantener la homogeneidad genética a partir del enraizamiento de estacas.

Según Ali *et al.* (2003) dicha forma de propagación permite la conservación de bancos de germoplasma con características deseadas, mientras Ocampo y Núñez (2007) demostraron que con la organogénesis directa a partir de segmentos nodales, se obtienen posturas de guayaba de forma rápida y masiva y se mantienen las características deseadas por los productores y la industria.

Prieto *et al.* (2004) reconocen que la propagación vegetativa permite obtener posturas de guayaba, capaces de entrar rápidamente en producción, mientras que Manoj *et al.* (2007) demuestran que con la propagación biotecnológica se puede prescindir de las semillas, para realizar rápidas y eficientes multiplicaciones de posturas de guayaba.

Peña *et al.* (1996) y Bogantes y Mora (2010) reconocen como ventajas, que la aplicación práctica de los diferentes métodos de propagación vegetativa aumenta la uniformidad de las plantaciones, se puede realizar en cualquier época del año y puede acortar los ciclos de obtención de posturas.

### **1.2.1 Propagación de la guayaba por enraizamiento de esquejes**

En la literatura internacional se emplea el término esqueje o estaca para definir aquella parte de la planta provista de yemas, que una vez separada de la misma es capaz de emitir brotes y raíces y propiciar el crecimiento de un nuevo individuo con características similares a las de la planta madre (Almeida *et al.*, 2007 y Hartmann *et al.*, 2011).

Mientras, Brondani *et al.* (2012) y Wendling *et al.* (2013) plantean que puede considerarse estaca, a raíces, hojas, fracciones de hojas o de tallos, capaces de regenerarse, emitir raíces y derivar en una nueva planta.

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 productores; en este sentido, el cultivar más deseado es el 'E.E.A 18-40' ('Enana Roja Cubana'). Los programas de desarrollo de la producción en el país potencian la creación de viveros para su propagación (Rodríguez y Sánchez, 2005).

Según Farrés y Peña (2001) 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 que el Dr. George D. Ruehle, investigador de la Estación Experimental Sub-tropical de Homestead, Florida, recomendó y que básicamente consistió en tomar una rama de madera dura provista de hojas, embeberla en soluciones de hormonas enraizadoras y ponerla en un cajón propagador; garantizar la aspersión constante de agua en forma de neblina y una vez emitidas las

primeras raíces, hacer cambios en el sustrato y reducciones en la aplicación de agua.

Pero esta forma de propagación según el mismo autor, no era muy explotada en aquel entonces, e investigadores como Montgomery (1966) no la proponían como método eficiente de propagación de frutales, ya que el injerto mostraba mucho éxito, mientras que Álvarez (1964) planteaba que éste método resultaba extraordinario para la multiplicación rápida de frutales, pero que no todos los árboles frutales se podían propagar por esta vía y hacía énfasis en las condiciones tecnológicas necesarias para su implementación, destacando la aplicación de fitohormonas, el manejo del agua en forma de neblina y el uso de un sustrato ideal, preparado con arena limpia, algún portador de materia orgánica y vermiculita.

Con el desarrollo de las investigaciones en torno a la propagación por enraizamiento de esquejes, se estudiaron otros factores importantes como la luz, la 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*, que transcurren de manera consecutiva y simultánea, de acuerdo con la explicación de 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, la humedad, la temperatura, la

iluminación, entre otros aspectos, así como un lecho de enraizamiento preparado con materiales filtrantes como la zeolita y la arena de río (Gautam *et al.*, 2010).

Este lecho se ubica en canteros de cemento en los que se coloca una capa inferior de grava, una intermedia de gravilla y una capa superficial de zeolita o arena de río, de 10 a 15 cm de espesor cada una (Rodríguez *et al.*, 2001); otra variante es la de Farrés *et al.* (2009), quienes recomiendan poner una capa fina de arena o zeolita directamente en bolsas, sobre un sustrato de naturaleza orgánica, método muy empleado por los viveristas cubanos actualmente.

Para las condiciones de Cuba, esta etapa inicial del enraizamiento tiene una duración promedio de cuatro a ocho semanas, período durante el cual el esqueje emite las primeras raíces; luego se realiza el trasplante a bolsa y comienza la fase de *culminación del enraizamiento* (MINAG, 2005).

Esta comprende el crecimiento de la raíz en contacto directo con el sustrato que le proporciona los nutrimentos necesarios para el desarrollo y funcionamiento de las raíces, según García (2010). La composición del sustrato que se lleva a la bolsa, es una mezcla de portador de materia orgánica y zeolita. Esta etapa transcurre entre dos y tres semanas.

La fase siguiente es la de *brotación* y es de gran importancia para lograr las posturas; la misma se caracteriza por el crecimiento de brotes de las yemas axilares presentes en el esqueje y la formación de las primeras hojas de la futura planta; esta fase tiene una duración promedio de cuatro

a seis semanas y una vez culminada, las posturas se exponen directamente a la radiación solar incidente para la *fase de endurecimiento*, que tiene como finalidad adaptarlas a las condiciones de luminosidad, de su posterior vida en campo.

El otro elemento distintivo de esta etapa, cuya duración es de cuatro semanas, lo constituyen las reducciones del suministro de agua mediante riego (MINAG, 2009).

### **1.2.2 Factores que influyen en la propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes**

Entre los factores de mayor importancia para la propagación por esquejes enraizados figuran el manejo y la edad de las plantas madres o campos de yemas ~como se le conoce en Cuba~, la calidad del esqueje, la superficie y retención foliar, los posibles tratamientos hormonales, la calidad del 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 los esquejes y el posterior desarrollo de los mismos, para convertirse en posturas de calidad de uso agrícola (Mesen, 1998 y Castillo *et al.*, 2013-b).

#### **1.2.2.1 Manejo y edad de las plantas madres**

Se deben garantizar un correcto manejo fitosanitario, condiciones hídricas adecuadas y una nutrición balanceada, en el manejo de las plantas madres. Una planta madre sana, con células turgentes y bien nutridas influye de manera decisiva en el posterior desarrollo del esqueje. Factores

como el contenido de auxinas y de 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 y Mori Da Cunha *et al.*, 2009).

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, de acuerdo con lo planteado por Loeza *et al.* (2013).

#### **1.2.2.2 Calidad del esqueje**

Para la propagación de la guayaba por enraizamiento de esquejes, se toman estacas semileñosas de la parte terminal de las plantas, con dos pares de hojas y sin yemas florales desarrolladas, tal y como recomienda García (2010).

Cualquier violación de estas exigencias perjudica la calidad de uso de la estaca: si se toman esquejes con yemas desarrolladas, se movilizarán las reservas nutricionales, hídricas y hormonales hacia las mismas, lo que perjudica al enraizamiento; largos períodos de exposición al sol, una vez cortado el esqueje, propician la rápida oxidación de los tejidos por concentración de fenoles, lo que también afecta al enraizamiento (Cabrera *et al.*, 2010).

Pierik *et al.* (1997) señalan como aspectos a tener en cuenta para el corte de esquejes de calidad, la polaridad (los esquejes enraízan por la parte basal), la pérdida de las yemas y hojas, el estado nutricional (determina la capacidad de enraizamiento), la presencia de hojas demasiado jóvenes (se marchitan y caen), la edad de la planta madre, la época del año, el grado de lignificación, la longitud y el diámetro, (estacas de entrenudos largos enraízan mejor), su posición en la planta y el lugar del corte basal, que debe estar cerca de la base del entrenudo, porque en esa zona existe mayor concentración de auxinas, según informan también Vázquez y Torres (2006).

#### **1.2.2.3 Superficie y retención foliar**

Las hojas son un componente muy importante del esqueje, porque ellas proporcionan los carbohidratos, cofactores, nutrientes y sustancias hormonales que son traslocados basípetamente al esqueje, para garantizar el enraizamiento (Méndez *et al.*, 2004).

No obstante es importante reconocer que existen factores que condicionan la cantidad de hojas en el esqueje; el más importante es la transpiración. Las hojas, a través de los estomas pueden perder agua rápidamente cuando las tasas de transpiración son excesivas y producto del déficit hídrico marchitarse y caer, lo que implica la posterior muerte del esqueje, de acuerdo con Kleinschmit (1977) y Taiz y Zeiger (2008).

Por tal razón, una de las alternativas más usadas en la propagación de guayaba por este método, es el corte de un tercio del área de cada hoja,

para garantizar una superficie foliar mínima que al mismo tiempo tribute a los procesos fisiológicos que transcurren en el esqueje y proporcione mejor balance entre la transpiración y la fotosíntesis, procesos claves para un enraizamiento eficiente (García, 2010).

#### **1.2.2.4 Factores ambientales**

Dentro de los factores ambientales que intervienen en la propagación por enraizamiento de los esquejes, la *iluminación* juega un papel fundamental, ya que provoca variaciones importantes en el contenido y movimiento de las auxinas. En este sentido, Rojas (2007) plantea que los días largos favorecen el enraizamiento, debido a un aumento de la tasa de auxinas endógenas en los brotes. Pero se requiere de baja intensidad luminosa, con una disminución de al menos el 30 % de la radiación solar incidente. El uso de mallas de sombreo ha dado buenos resultados en muchas especies propagadas por este método.

El manejo de la *temperatura* ambiental y del sustrato, también resulta imprescindible. Durante el día, la variación de la temperatura ambiente puede ser de 21 a 27 °C y en las noches se recomienda unos 15 °C. Mientras que en el sustrato, la temperatura varía entre los 20 y 25 °C. A estas temperaturas, en los esquejes aumenta la velocidad de movilidad de agentes químicos y mejora la eficiencia del enraizamiento.

Temperaturas más elevadas provocan mayor ritmo de transpiración y se estimula así la brotación antes que el enraizamiento; temperaturas del

sustrato fuera de estos rangos, inciden negativamente sobre el desarrollo de las raíces (Oliva, 2005).

Al autor le consta que en las condiciones de Guantánamo, donde la temperatura generalmente supera estos valores, el riego de alta frecuencia por microaspersión permite el reajuste de ese indicador dentro de los límites establecidos.

Otro factor ambiental muy ligado a la propagación por esquejes es la *humedad relativa*. Ésta condiciona los balances de evapotranspiración en el esqueje para mantener turgentes las células y favorecer la estabilidad en la absorción de agua. Los esquejes como que no tienen raíces dependen de la conservación de la turgencia celular y de la absorción de agua para mantenerse vivos. En la mayoría de las especies, se requiere mantener una humedad relativa entre 95 y 100 %. Una práctica muy empleada para mantener estos límites de humedad ambiente es la aplicación de agua en forma de neblina, de acuerdo con Bonfil *et al.* (2007) y Quiroz (2012).

#### **1.2.2.5 El 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 aireación, el drenaje y la retención de humedad; debe ser estable y de garantizada inocuidad fitosanitaria. Otros atributos importantes a tener en cuenta son la capacidad de sostener al esqueje durante el período de enraizamiento y

de proveer condiciones de oscuridad en la base del mismo, así como valores de pH entre 6,5 y 7,0 unidades.

Existen muchas variantes de medios para el enraizamiento de esquejes, destacándose el empleo de zeolita y arena de río con esos fines, de acuerdo con lo planteado por Rivero *et al.* (2005).

#### **1.2.2.6 Tratamiento con reguladores de crecimiento**

Los *reguladores de crecimiento* son compuestos sintéticos u hormonas vegetales que condicionan el desarrollo de los procesos fisiológicos en el esqueje y estimulan la iniciación radical, de acuerdo con Carranza *et al.* (2012).

La aplicación práctica de reguladores de crecimiento tiene como objetivo la estimulación de la emisión de raíces, garantizar la homogeneidad del enraizado, acelerar el enraizamiento y aumentar el porcentaje de supervivencia. Es importante destacar que estos productos, se aplican como regla general en bajas concentraciones y que la diferencia entre la dosis que estimula el enraizamiento y la que provoca su inhibición es muy pequeña. Existe una amplia gama de productos empleados como reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, productos naturales, productos resultantes de la actividad de microorganismos y oligogalacturónidos, entre otros) y las dosis de aplicación varían incluso dentro de una misma especie (Ramírez *et al.*, 2003; Ramos *et al.*, 2006 y Carranza *et al.*, 2012).

### **1.2.3 Algunos aspectos anatómicos y fisiológicos relacionados con el enraizamiento de esquejes**

La inducción de enraizamiento en los esquejes de guayaba comprende complejos procesos anatómicos y fisiológicos, en los que juegan un papel importante la acción combinada de las auxinas y los cofactores de enraizamiento que se sintetizan en las hojas y yemas, informan Hartmann *et al.* (1990).

Gutiérrez (1995) plantea que en este tipo de propagación, los procesos de cicatrización y regeneración, se efectúan en tres pasos: formación de una placa necrótica que sella la herida con un material suberoso y cubre al xilema; después de unos días ocurre la formación de una capa de células parenquimatosas, la cual se conoce como callo y finalmente, en células cercanas al *cambium* vascular y al floema, se inicia la formación de raíces.

Cabrera (1999) señala que los cambios anatómicos que pueden observarse en el esqueje durante la iniciación de raíces, pueden dividirse en cuatro etapas:

1. Desdiferenciación de las células maduras específicas.
2. Formación inicial de raíces en ciertas células cercanas a los haces vasculares, las cuales se han vuelto meristemáticas por la desdiferenciación.
3. Desarrollo subsecuente de éstas, en primordios organizados de raíces.

4. Desarrollo de emergencia de estos primordios radicales hacia afuera, a través del tejido del esqueje, más la formación de conexiones vasculares entre los primordios radicales y los tejidos conductores del esqueje.

El origen de las raíces se localiza en un amplio rango de tejidos, de los cuales, el *cambium*, el floema y el periciclo son los tejidos más importantes, mientras que la corteza, la médula y el xilema son los de menor importancia. Las raíces adventicias se originan generalmente en el tejido del floema secundario joven, aunque también proceden de otros tejidos como el *cambium*, los radios vasculares o la médula. Los requisitos para la iniciación y la elongación de las raíces a menudo difieren, pero la condición genética y el estado fisiológico de la planta y los factores medio ambientales juegan un papel importante (Laskowski y Bautista, 1999).

Para explicar el proceso de inducción de raíces, normalmente se recurre a la teoría de la rizocalina de Bouillene, postulada en 1955. Según Bonga (1973) y Harling *et al.* (1997) esta teoría establece que un compuesto fenólico específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas del esqueje y posteriormente llevado a la región de enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico, que es traslocado y que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos (la auxina) y de una enzima específica localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa) completa un complejo (la rízoalina) que actúa como estimulante de la rizogénesis.

Actualmente las hipótesis más aceptadas plantean la existencia de receptores específicos capaces de reconocer a la hormona, así como la sensibilidad del tejido para responder a su acción (Bartel, 1997).

Al respecto, Azcón-Bieto y Talón (2000) hacen referencia a que se han realizado ensayos con determinadas proteínas que podrían entrar en la categoría de receptor pero, los resultados indican que estas tienen otras funciones en las células y que sólo se trata de proteínas con una alta sensibilidad por las auxinas.

No obstante, el receptor más aceptado es el ABP-I (*Auxin Bindin Protein I*) pero las investigaciones sobre este dímero muestran que el mismo podría localizarse en el lumen del retículo endoplasmático, región subcelular, lo que contrasta con la idea de que el receptor debe estar situado en la región externa de la célula.

También se podría pensar que existen receptores externos e internos en cualquiera de los casos; este es un tema sobre el cual hay que continuar investigando.

### **1.3 PectiMorf®**

El PectiMorf® es una mezcla de oligosacáridos pécticos con grado de polimerización de 7 a 16, obtenida a partir de materias primas producidas en Cuba por la agroindustria citrícola ~específicamente el ácido péctico (Cevallos, 2000 y Cabrera, 2000)~, según metodología establecida y patentada en Cuba por el Laboratorio de Oligosacarinas, del Grupo de Productos Bioactivos del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal,

del INCA, tal y como documentan 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 tiene un reconocido efecto estimulador del crecimiento en numerosos cultivos, de acuerdo a lo que reportan Plana *et al.* (2003); Nieves *et al.* (2006); Álvarez *et al.* (2011) y Fajardo *et al.* (2011).

Este producto tiene como componente activo una mezcla de 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 y 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 y 16 moléculas de ácido galacturónico.

Se considera que los OGs pueden ser portadores de mensajes químicos, que desencadenan procesos fisiológicos de regeneración y/o división de la pared celular, al estimular la síntesis de sustancias que actúan en esos procesos (Cabrerera, 2000).

Aunque la aplicación del PectiMorf<sup>®</sup> con fines agrícolas, todavía requiere de investigaciones y estudios multidisciplinarios, ya es notable el aporte de conocimientos hecho por no pocos investigadores sobre sus efectos y potencialidades de uso (Reynaldo, 2012: comunicación personal). Los efectos más conocidos del producto en las plantas se relacionan con la

protección contra patógenos, la estimulación del crecimiento y la contribución a la diferenciación celular, la morfogénesis y la reproducción, de acuerdo con Mederos *et al.* (2011).

Al respecto, García *et al.* (2009) encontraron que la aplicación de PectiMorf<sup>®</sup> a plantas de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) 'EF 163' mejoró la calidad del fruto e incrementó los rendimientos. Por su parte, Izquierdo *et al.* (2009) obtuvieron que la aplicación del producto a vitro-plantas de banano, clon 'FHIA-18' (AAAB) incrementó la supervivencia, el número de hojas y la altura y redujo los niveles de prolina.

Por otro lado, Benítez *et al.* (2006) al aplicarlo en plantaciones de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) de tres meses de edad lograron respuestas positivas para las variables número de hojas y longitud y diámetro del tallo y aumentaron en un 34 %, la biomasa seca aérea y en un 43 % la biomasa radical, mientras Hernández *et al.* (2007-a) lograron adelantar el ciclo de *Anthurium andreanum* en 17 días, durante estudios realcionados con el crecimiento de las plantas.

Reconocida la capacidad del producto para estimular el crecimiento, la dosis de aplicación varía según la especie y la finalidad de la aplicación; sirvan de ejemplo los resultados de Hidrobo *et al.* (2002) quienes obtuvieron que la embriogénesis somática de papa (*Solanum tuberosum* L.) se estimula con la aplicación de 3 mg·L<sup>-1</sup>, mientras Hernández *et al.* (2007-b) recomendaron 10 mg·L<sup>-1</sup> tras realizar estudios relacionados con el mismo proceso en mandarina (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.) 'Cleopatra'.

Similar dosis informan Terry *et al.* (2011) en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.); esta dosis es común en otras especies hortícolas, según Álvarez *et al.* (2011).

Sin embargo, Cid *et al.* (2006) en estudios relacionados con la calidad de semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) demostraron que la aplicación del producto incrementó el número de plantas pero afectó la talla, el número de hojas y su longitud y en las cápsulas de evaluación, se detectó un elevado número de individuos deformados.

Hernández *et al.* (2007-c) encontraron algunas respuestas en la modificación de la arquitectura de las raíces de *Arabidopsis thaliana* observándose que altas concentraciones de OGs estimulan la elongación de la raíz primaria y de los pelos radiculares pero inhiben la formación de raíces secundarias y que la aplicación de bajas concentraciones provoca la inhibición del crecimiento de la raíz principal y estimula la formación de raíces laterales, modificando así, el sistema radicular de la planta.

En un estudio a nivel anatómico, Álvarez *et al.* (2012) al evaluar la aplicación de PectiMorf® en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) obtuvieron un incremento en la densidad estomática, lo cual trajo consigo modificaciones de las dimensiones de las células estomáticas aunque no hubo variaciones en las células epidérmicas del haz y el envés. Los cambios en la densidad estomática y en las células guardianas influyeron positivamente en el crecimiento y desarrollo del frijol.

Por otra parte, González *et al.* (2012-a) informan cambios anatómicos tras la aplicación de PectiMorf® a plantas de *Arabidopsis thaliana* y *Nicotiana tabacum* L., en condiciones controladas. En el experimento se compararon aplicaciones de ácido indol butírico, de PectiMorf® y de un oligoglucano; todos los tratamientos propiciaron la elongación de la raíz primaria pero solo el PectiMorf® mostró un efecto positivo sobre la longitud del meristemo celular en dos de los tres genotipos estudiados (16 % aproximadamente respecto al control, en cada genotipo). También se pudo comprobar, según informan los autores, que la aplicación de la mezcla de OGs incrementó los índices mitóticos hasta un 45 %, lo cual repercutió en la reducción del ciclo celular.

Otra cualidad importante de este producto es su capacidad para provocar enraizamiento en diferentes especies y servir de sustituto de las hormonas utilizadas con ese fin. Ramírez *et al.* (2003) lo emplearon en dos variedades de guayaba con buenos resultados aunque la dosis de mejor respuesta fue diferente para cada variedad.

Por su parte, Suárez y Hernández (2008) evaluaron el efecto del PectiMorf® en la micropopagación de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Los resultados demostraron que el bioproducto influyó positivamente en el número de raíces (4,5 por vitro-planta) y el vigor de las vitro-plantas (90 % del total resultaron vigorosas).

Efectos similares obtuvieron Nieves *et al.* (2006) en la embriogénesis de caña, donde más del 90 % de los explantes tratados lograron la formación

de callos y la embriogénesis en los mismos duplicó al resultado alcanzado por el tratamiento testigo; González *et al.* (2008) en similar proceso en soya (*Glycine max* L.) logaron duplicar la longitud de la raíz principal (10 cm) y el número de raíces secundarias (25).

Estudios realizados por Suárez *et al.* (2010) demostraron que la aplicación de PectiMorf® en diferentes medios de cultivo, incrementa la germinación del polen de papa ~más del 90 %~ atribuyendo ese efecto a posibles cambios o balances hormonales endógenos, provocados por el bioproducto. Falcón y Cabrera (2007) compararon AIA, PectiMorf®, ácido galacturónico y un tratamiento control, en el enraizamiento de peciolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) y obtuvieron con la aplicación de PectiMorf®, un notable efecto sobre la formación de raíces ~valores de hasta 12 unidades, tras 25 días de la aplicación.

Los OGs también han mostrado sinergias con otros productos de uso agrícola: Corbera y Nápoles (2013) en estudios de coinoculación de hongos micorrizícos arbusculares y *Bradyrhizobium* en el cultivo de la soya aplicaron PectiMorf® y encontraron interacción sinérgica entre los microorganismos y el estimulante, que se expresó en la altura ~hasta un 22 % sobre el testigo sin la combinación de productos~, la masa seca de la raíz ~144 % de mejora de la respuesta a la no aplicación~, la eficiencia micorrizíca, la efectividad de la simbiosis bacteria-planta-hongo, la extracción foliar de N, P y K y en la respuesta productiva de la especie, que mejoró en un 83 % con respecto a la no aplicación de bioproductos.

Igualmente Ayala *et al.* (2013) encontraron que la aplicación combinada de Azofert, EcoMic® y PectiMorf® en plantaciones de soya ofreció mejores resultados en la germinación, morfogénesis y rendimiento ~incrementos de hasta el 44 % en la respuesta productiva~, que cualquiera de las aplicaciones independientes de los mismos productos.

Es importante destacar que no siempre la acción con otros productos es sinérgica; también se han obtenido efectos inhibitorios de 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 (Branca *et al.*, 1988; Bellincampi *et al.*, 1996; 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. Es opinión del autor que este resultado adverso válida en alguna medida, la hipótesis de que el PectiMorf® y el AIA tienen similar efecto sobre los procesos de crecimiento.

En un inicio se pensó que los OGs y las auxinas podían tener el mismo receptor a nivel celular, pero esta hipótesis fue desechada tras los estudios de De Lorenzo *et al.* (2011).

#### **1.4 FitoMas-E**

Es una de las salidas de investigaciones realizadas sobre sustancias fitoestimulantes derivadas de la agroindustria cañera, cuyos resultados positivos se expresaron en la extensión por todo el país, de los productos de mayor impacto (MINAZ, 2009); es un bioproducto orgánico creado y

desarrollado por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), según informa Montano (1998), que contiene aminoácidos libres, sacáridos, lípidos y una fracción mineral de N, P y K. Se clasifica como un producto antiestrés y puede aplicarse prácticamente en todas las especies de interés para la agricultura cubana. En su composición no figuran aditivos hormonales, ni microorganismos, según declaran Montano *et al.* (2007).

Sobre su uso, Hernández (2007) reporta efecto positivo en los cultivos de guayaba, ají cachucha y fruta bomba mientras que López *et al.* (2012) lo hacen para tomate variedad Amalia.

Al producto se le reconoce entre sus efectos, la posibilidad de reducir dosis de insumos propios de la agricultura; así, Saborit *et al.* (2013) demostraron que la aplicación de FitoMas-E ( $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) permite reducir al 50 % la dosis de N, P y K en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) establecido en sitios con suelo Gley vértico de la región central cubana, sin afectar estadísticamente los rendimientos alcanzados con el 100 % de la fertilización  $\sim 5,57 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $6,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en igual orden~; estos autores, también evaluaron la respuesta vegetal a la aplicación conjunta de FitoMas-E y humus de lombriz y demostraron, a partir de la notable reducción del rendimiento agrícola obtenido  $\sim 2,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ~ que la fertilización mineral es un componente insoslayable del manejo nutrimental de la especie.

En opinión del autor, este resultado, congruente con los de Lino *et al.*

(2006), ratifica el concepto de que los bioestimulantes, solamente complementan o eficientizan la respuesta a la fertilización mineral pero que no pueden sustituirla en su totalidad.

Otro de los efectos de la aplicación del bioproducto, es la mejora en la capacidad de resistencia ante el ataque de plagas a algunas especies cultivadas. Por ejemplo, Peteira *et al.* (2008) declaran que como resultado de la aplicación de FitoMas-E aumentaron los contenidos de peroxidasa, polifenol oxidasa, fenilalanina amoniolasa y quitinas, sustancias inherentes al sistema de defensa de plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki*.

El FitoMas-E ha demostrado tener una alta aplicabilidad y funcionalidad pero no se conocen reportes científicos sobre la posibilidad de su uso para inducir enraizamiento.

### **1.5 Inóculos microbianos en la agricultura**

Los inóculos microbianos ~IM~ pueden definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes, como potenciadoras de la nutrición vegetal, el crecimiento y desarrollo de las plantas y/o la capacidad de respuesta de las mismas, ante plagas y enfermedades; se aplican a las semillas, al suelo o a las plantas por diferentes vías, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el agroecosistema, acelerar los procesos en que participan y lograr la expresión agrícola de sus efectos. Son el resultado del auge de las investigaciones sobre microbiología del suelo (Novo y

Hernández, 2009) y de la necesidad de implementar alternativas de manejo agronómico, ambientalmente responsables como contrapartida a los impactos negativos derivados de las concepciones productivistas de la Revolución Verde.

Entre los microorganismos más empleados para este fin destacan bacterias, hongos filamentosos, actinomicetos y hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). Entre los beneficios más reconocidos de los IM están el reciclaje de residuos orgánicos, la producción de sustancias beneficiosas en la zona rizosférica de las plantas, la fijación de nitrógeno atmosférico, la transformación del fósforo en el suelo y el control de microorganismos dañinos (Martínez y Dibut, 2009).

En Cuba, se ha desarrollado una amplia gama de IM de gran aplicabilidad en la agricultura (Corbera y Hernández, 1997; Dibut, 2000; Rivera y Fernández, 2003; Mirabal y Ortega, 2008; González *et al.*, 2012-b y Terry *et al.*, 2012) entre los que se encuentran: Dimargon<sup>®</sup> (*Azotobacter chroococcum*), Acestor<sup>®</sup> (*Gluconacetobacter diazotrophicus*), Dimabac<sup>®</sup> (*Azotobacter chroococcum* y *Bacillus subtilis*), Dimazos<sup>®</sup> (*Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*), AZOMEG (*Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*), Azofer<sup>®</sup> (*Azospirillum brasilense*), EcoMic<sup>®</sup> (*Glomus sp.*), entre otros.

El AZOMEG mejora la reconocida y respectiva respuesta al *Azotobacter chroococcum* (Martínez, 1994, Dibut *et al.*, 1995; Guzmán *et al.*, 2012 y González *et al.*, 2012-b) y al *Bacillus megatherium var. phosphaticum*

(Omer, 2010 y Jat *et al.* 2013) de acuerdo con lo señalado por Dibut (2006) y Rahal *et al.* (2010) entre otros, quienes le reconocen al producto mixto efectos sobre la estimulación del crecimiento, el desarrollo, el rendimiento agrícola de los cultivos y la reducción de dosis de fertilizantes. Iguales consideraciones hacen Lino *et al.* (2006) y Arozarena *et al.* (2009) sobre el empleo conjunto de *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*, tras estudios de manejo agronómico de hortalizas.

Por otra parte, Dibut *et al.* (2010) obtuvieron con este IM en el cultivo de rosa (*Rosa spp*), aumentos significativos en el número de ramas primarias y secundarias, el diámetro del tallo y la cantidad de mazos por planta.

Otro IM de reconocido efecto sobre los cultivos es el EcoMic<sup>®</sup>, producto que ha sustentado resultados satisfactorios en maíz y canavalia (Martín *et al.*, 2007 y 2010), chile ancho (Mena *et al.*, 2006), frambuesa (Campos *et al.*, 2004), cebolla y papa (Rojas y Ortuño, 2007), aguacate (Melo, 2011), entre otros.

Los HMA que componen este inóculo microbiano, son capaces de establecer simbiosis con las plantas y de jugar un papel importante en la nutrición y en la absorción de agua (Sánchez *et al.*, 2006; Posada *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2010), sobre el control de fitopatógenos (Pérez *et al.*, 2004) y en la actividad enzimática de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2008). Es por esto que resultan un alternativa eficiente contra el estrés hídrico

(Dell'Amico *et al.*, 2002) y que sirven de complemento a la fertilización mineral (Ramos *et al.*, 2013); además permanecen en el suelo después del ciclo productivo y pueden ejercer efectos favorables en la sucesión de cultivos, incluso tras realizar las labores de preparación de suelo (Riera, 2003; Marrero *et al.*, 2008).

Gutiérrez *et al.* (2011) empleando una alternativa de fertilización biológica con AZOMEG y EcoMic® para pimiento en organoponía semiprotegida obtuvieron respuestas favorables en las tasas de asimilación neta (TAN), relativa de crecimiento (TRC) y absoluta de crecimiento (TAC), respecto a la no aplicación de los bioproductos.

Las asociaciones entre microorganismos de diferente naturaleza y efecto son una práctica muy favorable para el desarrollo de los cultivos y la reducción del ciclo vegetativo y del consumo de fertilizantes (Martínez y Dibut, 2012).

Así, autores como Antoun (2012) plantean que la interacción suelo-planta-microbios-ecosistema juega un papel importante en la asimilación y disponibilidad de nutrientes en el medio. En este sentido, resalta la importancia de los HMA y las bacterias fosfatosolubilizadoras, en la asimilación del P no disponible para las plantas en el suelo y su influencia en el suministro del bioelemento a las plantas.

Esta valoración coincide con los resultados obtenidos por Prieto *et al.* (2011) al emplear HMA y RPCV en *Brachiaria decumbens* logrando incrementos en el crecimiento del pasto con la coinoculación múltiple.

También Terry *et al.* (2012) evaluaron diferentes combinaciones de EcoMic®, FitoMas-E, Dimargón, Liplant, Gluticid, PectiMorf® y Biobras-16 en hortalizas de interés económico, para precisar qué combinación de inoculantes tiene el mejor efecto agrobiológico sobre cada especie cultivada.

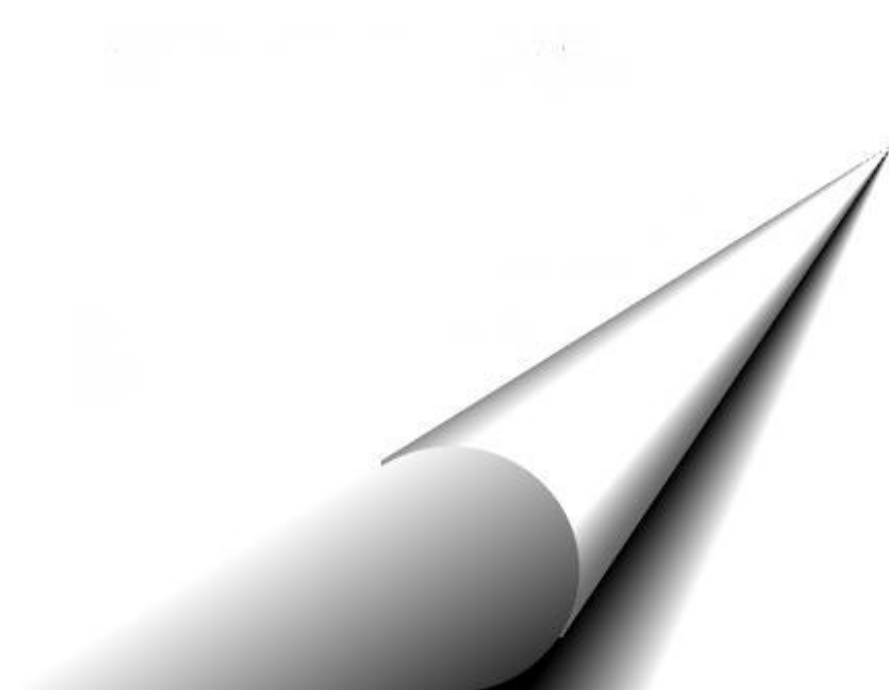
Igualmente Rahal *et al.* (2010) comprobaron que la aplicación conjunta de *Azotobacter chroococcum* (R19) y *Bacillus megatherium var. phosphaticum* (R44), incrementó la producción de giberelinas y citoquininas, lo que tuvo repercusiones beneficiosas en los cultivos evaluados.

Por otra parte, Abdelraouf *et al.* (2013) desde otro enfoque ajeno a la nutrición vegetal plantean que este tipo de asociación permite realizar un uso eficiente de la disponibilidad del agua retenida en el suelo, por lo que resulta una práctica anti estrés y recomiendan la continuidad de estudios en esa dirección.

Bákonyi *et al.* (2013), a partir de estudios de carácter fisiológico demostraron que con la aplicación conjunta de *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*, a semillas de maíz (*Zea mays* L.), se incrementan el porcentaje de germinación y la masa seca de la raíz.

Con empleo conjunto de *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var. phosphaticum*, se pueden citar también, los resultados de Ravinder (2013), quien redujo los consumos de portadores nitrogenados en plantaciones de algodón (*Gossypium hirsutum*), a partir del positivo efecto de la coinoculación.

# *Materiales y Métodos*



## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se llevó a cabo en condiciones de producción en la provincia Guantánamo. El trabajo experimental se desarrolló en el periodo 2007-2012 y constó de tres etapas, diseñadas para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación.

Las características climáticas del escenario donde se desarrolló de la investigación se presentan en el Anexo1, en el mismo se pueden apreciar valores medios de temperatura de 32,08 °C y de humedad relativa de 93,21%; condiciones que propiciaron valores de evapotranspiración de 1537,26 mm; y que unido a las precipitaciones y a la velocidad del viento, influyen desecivamente en la tecnología de propagación de guayaba por enraizamiento de esquejes, sobre todo en la fase de enraizamiento (Rojas, 2007) y el manejo del riego (Bonfil *et al.*, 2007 y Quiroz, 2012).

Salvo que se declare lo contrario, las unidades experimentales se distribuyeron según diseño completamente aleatorizado; a los datos obtenidos se les comprobaron los postulados estadísticos, aditividad de efectos e incorrelación de errores, de acuerdo con Di Rienzo *et al.* (2005) y se le realizaron los tests de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianza (Levene), de acuerdo con Vásquez (2011), antes de procesarlos estadísticamente a partir de los valores promedio de cada variable de respuesta, obtenidos de las tres repeticiones o ciclos de cada experimento, es decir: de 30 observaciones o toma de datos primarios.

Como procesamiento estadístico se emplearon la estadística descriptiva, el análisis de varianza de clasificación simple ~con comparación de medias estadísticamente diferentes mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,01$ )~ y el análisis de regresión para la estimación de funciones cuadráticas; se emplearon el programa *Microsoft Excel 2013* y el paquete estadístico *STATISTICA 8*, ambos en ambiente *Windows*, asimismo, como criterio de validación de las funciones matemáticas, se emplearon el coeficiente de determinación y la significación estadística del término cuadrático, a partir del correspondiente análisis de varianza.

El trabajo realizado en cada etapa, se describe a continuación:

### **2.1 Etapa 1. Uso de PectiMorf® y FitoMas-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba ' Enana Roja Cubana'**

#### **Condiciones generales de trabajo**

Esta etapa se desarrolló en el vivero de propagación de guayaba 'Enana Roja Cubana', ubicado en la Unidad Empresarial de Base de Producciones Varias (UEB-PROVARI) de la Empresa PROVARI Guantánamo del Ministerio del Interior, Km 3½ carretera Guantánamo-Bayate, municipio El Salvador, provincia Guantánamo.

En la misma se condujeron cinco experimentos para evaluar en términos de enraizamiento y para cada producto: **a)** la respuesta vegetal a concentraciones crecientes en aplicaciones independientes, para precisar la concentración individual de mejor respuesta [dos experimentos]; **b)** la respuesta vegetal a las posibles combinaciones entre la mejor

concentración obtenida en aplicaciones independientes y concentraciones de AIA entre 1 y 4 mg·L<sup>-1</sup>, en busca de posibles efectos sinérgicos entre cada bioproducto y la hormona empleada en condiciones de producción [dos experimentos] y **c)** la respuesta vegetal a la aplicación conjunta de la mejor concentración obtenida con el FitoMas-E y concentración de PectiMorf<sup>®</sup> entre 10 y 18 mg·L<sup>-1</sup> [un experimento], en busca de una respuesta al menos equivalente, a la inducida mediante el tratamiento hormonal al uso en la tecnología.

Considerando la concentración de 5 mg·L<sup>-1</sup> de AIA como testigo de producción para la estimulación del enraizamiento, adicionalmente se condujo un ensayo bajo las mismas condiciones de trabajo y con los mismos indicadores de respuesta vegetal, para disponer de la información de referencia, requerida para la comparación de resultados.

Seguidamente, los esquemas de cada experimento:

**Experimento 1. Evaluación de diferentes concentraciones de PectiMorf<sup>®</sup>, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’**

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración de PectiMorf<sup>®</sup> (mg·L<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	0
<b>2</b>	10
<b>3</b>	20
<b>4</b>	30
<b>5</b>	40

**Experimento 2. Evaluación de diferentes concentraciones de FitoMas-E, en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración de FitoMas-E (mL·L<sup>-1</sup>)</b>
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4
6	5
7	6
8	7
9	8
10	9

**Experimento 3. Aplicación combinada de PectiMorf® [Concentración óptima según Experimento 1] y AIA, en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración de AIA (mg·L<sup>-1</sup>)</b>
1	1
2	2
3	3
4	4

**Experimento 4. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según Experimento 2] y AIA en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

<b>Tratamiento</b>	<b>Concentración de AIA (mg·L<sup>-1</sup>)</b>
1	1
2	2
3	3
4	4

**Experimento 5. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según Experimento 2] y PectiMorf®, en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

<b>Tratamientos</b>	<b>Concentración de PectiMorf® (mg·L<sup>-1</sup>)</b>
1	10
2	12
3	14
4	16
5	18

Los experimentos y el ensayo se desarrollaron bajo las especificaciones y normas establecidas para la propagación por enraizamiento de esquejes, (MINAG, 2005); todo el trabajo experimental se condujo en un umbráculo con reducción del 50 % de la radiación solar incidente y la siembra de los esquejes en el lecho de enraizamiento contituido por arena de río lavada, se realizó para una densidad de 100 unidades por metro cuadrado y cada tratamiento, variante o ensayo, se dispuso sobre un área de 10 metros cuadrados.

Los esquejes utilizados provinieron de una plantación de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ de tres años de edad y en adecuado estado fitotécnico, utilizada como banco de yemas; los esquejes fueron cortados en horas tempranas de la mañana, según los criterios de Piñol *et al.* (2000).

Vale aclarar que la misma plantación fue utilizada como banco de yemas, para todo el trabajo experimental realizado.

Para la preparación de las soluciones de trabajo requeridas para la imbibición de los esquejes en cada tratamiento (PectiMorf<sup>®</sup>, FitoMas-E, AIA y sus combinaciones) se consideró un volumen de trabajo de un litro y se garantizó la uniformidad y calidad de las preparaciones (buenas prácticas de laboratorio). Las imbibiciones se realizaron por un periodo de 15 minutos en cada tratamiento.

Para las mediciones, conteos y observaciones fenológicas, con excepción del porcentaje de supervivencia, se tomaron tres réplicas con 10 esquejes cada una, por tratamiento o variante estudiada; se tuvo en cuenta que los

esquejes seleccionados en cada caso fuesen representativos de la condición a evaluar y que reuniesen los atributos necesarios en cuanto a calidad.

Se usaron PectiMorf® producido en el INCA; FitoMas-E comercializado por el ICIDCA y AIA calidad reactivo, de la marca PANREAC.

Cada siembra de esquejes se replicó en tres oportunidades desde enero de 2007 a febrero de 2009, para obtener información confiable y a la vez, representativa del proceso estudiado, habida cuenta de que se trabajó en condiciones de producción.

Las variables de respuesta vegetal consideradas en esta etapa fueron las siguientes:

**Supervivencia (%):** relación porcentual entre el número esquejes vivos y el número total inicial de esquejes; prueba no destructiva realizada cada 15 días durante la fase de enraizamiento; para realizar los conteos, se trabajó con tres réplicas de 50 esquejes cada una, en cada variante o tratamiento.

**Número de raíces (U):** conteo visual de las raíces presentes en cada uno de los esquejes de cada réplica, por variante o tratamiento, al final del periodo de enraizamiento.

**Masas fresca y seca del esqueje y de las raíces (g):** masa total y de raíces por esqueje, réplica y variante en estudio; para obtener la masa seca se colocaron las muestras en estufa a 65 °C hasta lograr masa constante; evaluada al final de la etapa y sobre las muestras utilizadas para el conteo de raíces.

**Fracción radical (%):** relación porcentual entre la masa seca de las raíces y la masa seca total de cada esqueje por réplica, una vez concluido el proceso de enraizamiento y el procesamiento de las muestras.

**Transcurso del proceso de enraizamiento:** días transcurridos desde la siembra del esqueje, hasta la formación del callo, hasta la iniciación radical y hasta la ramificación de las raíces. Se seleccionaron 10 esquejes indicadores para la realización de las observaciones periódicas, en cada réplica y para cada variante o condición de estudio.

## **2.2 Etapa 2. Empleo de inóculos microbianos (AZOMEG y EcoMic®) para el crecimiento y desarrollo de las posturas a partir del enraizamiento de los esquejes**

### **Condiciones generales de trabajo**

Trabajo desarrollado en el mismo escenario de la etapa 1 y enfocado hacia la reducción del consumo de abono orgánico en la elaboración de sustratos para el crecimiento de posturas, mediante el uso de los inóculos microbianos AZOMEG y EcoMic®.

El montaje se realizó según la correspondiente guía técnica para la propagación de la guayaba (MINAG, 2005), a partir del trasplante a bolsa; inicialmente, las bolsas se ubicaron en el mismo umbráculo utilizado en la fase de enraizamiento y cuando las posturas llegaron a la fase de brotación, se pasaron al área de aclimatación, a pleno sol, donde transcurrió el resto del proceso.

Se consideraron tres réplicas por cada tratamiento; cada réplica estuvo conformada por cuatro posturas, de manera que se garantizara suficiente material para los muestreos destructivos que se realizaron.

Las bolsas de cada tratamiento, se ubicaron según diseño de parcelas divididas y se distribuyeron en bloques al azar, de acuerdo con Espino y Arcia (2009); como parcela mayor se seleccionó la proporción suelo/abono orgánico (4 combinaciones) y como parcela menor, la aplicación de IM (4 variantes).

**Experimento 6. Reducción del consumo de abono orgánico y empleo de inoculantes microbianos (AZOMEG y EcoMic®) en el crecimiento de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’**

El ensayo se condujo a partir del siguiente esquema de tratamientos:

<b>Tratamiento</b>	<b>Proporción suelo:abono orgánico</b>	<b>IM</b>
1	1:0	
2	3:1	
3	2:1	
4	1:1	
5	1:0	EcoMic®
6	3:1	
7	2:1	
8	1:1	
9	1:0	AZOMEG
10	3:1	
11	2:1	
12	1:1	
13	1:0	EcoMic® + AZOMEG
14	3:1	
15	2:1	
16	1:1	

En el Anexo 2 se presentan algunas de las características químicas del suelo y del abono orgánico (estiércol vacuno seco y descompuesto) empleados para preparar los sustratos evaluados.

El suelo empleado para preparar el sustrato en la fase de trasplante a bolsa fue un suelo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado ~Hernández *et al.*, 1999~ con bajo contenido de materia orgánica, reacción neutral, alta capacidad de cambio catiónico y de fertilidad adecuada, según Martín (2011); el estiércol vacuno tenía un 44,8 % de materia orgánica y relación C/N igual a 12, valores adecuados para la actividad microbiana (Martín, 2011).

En ambos materiales se descartó la presencia de nematodos mediante la prueba de estimación de poblaciones de *Meloidogyne incognita* de Sánchez y Rodríguez (2000); el resto de las atenciones fitosanitarias se realizaron según las normas técnicas vigentes.

El montaje del esquema experimental se replicó tres veces en el período marzo 2009/enero 2010; se empleó AZOMEG procedente del INIFAT con  $2 \times 10^{11}$  UFC x mL<sup>-1</sup> de *Azotobacter chroococcum* y  $3.2 \times 10^{11}$  UFC x mL<sup>-1</sup> de *Bacillus megatherium var. phosphaticum*, en dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> (Lino *et al.*, 2005).

El EcoMic<sup>®</sup>, se aplicó por el método descrito por Ruíz *et al.* (2010). El bioproducto fue elaborado en el INCA con hongos micorrizógenos arbusculares de la especie *Glomus intraradices* [reclasificada taxonómicamente como *Rhizophagus intraradices* Smith y Schenck (Schüßler y Walker, 2011)], cepa INCAM-11 y con población efectiva de 25 esporas.g<sup>-1</sup> de producto.

En el caso de las aplicaciones conjuntas de los IM, se garantizó que la cantidad efectiva de producto por esqueje enraizado fuese similar a la aplicada en cada caso, por separado.

Las variables de respuesta fueron:

**Tiempo de obtención de posturas óptimas para el trasplante a campo**

**(días):** período desde trasplante a bolsa hasta que la postura tiene 3 pares de hojas y 10 cm de altura

**Área foliar (cm<sup>2</sup>):** determinada al momento de estar listas para trasplante a campo las posturas, según el método fotográfico descrito por ToebeI *et al.* (2010) y Rincón *et al.* (2012).

**Índices de crecimiento:** se aplicaron las fórmulas descritas en la Tabla 1, de acuerdo con Watson (1952); Yoshida (1972); Hunt (1978) y Maqueira *et al.*, (2010). Se determinaron para el período entre la brotación y el momento óptimo para el trasplante a campo.

**Tabla 1. Índices empleados para determinar el comportamiento del crecimiento de posturas de guayaba**

Índice	Fórmula	Unidad de medida
<b>Tasa absoluta de crecimiento (TAC)</b>	$TAC = \frac{MS\ 2 - MS\ 1}{t2 - t1}$	g.día <sup>-1</sup>
<b>Tasa relativa de crecimiento (TRC)</b>	$TRC = \frac{LnMS\ 2 - LnMS\ 1}{t2 - t1}$	g.g <sup>-1</sup> . día <sup>-1</sup>
<b>Tasa de asimilación neta (TAN)</b>	$TAN = \frac{MS\ 2 - MS\ 1}{AF\ 2 - AF\ 1} * \frac{LnAF\ 2 - LnAF\ 1}{t2 - t1}$	mg.cm <sup>-2</sup> .día <sup>-1</sup>
<b>Área foliar específica (AFE)</b>	$AFE = \frac{AF\ 2}{ms\ 2} + \frac{AF\ 1}{ms\ 1}$	dm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>

**Ln:** Logaritmo natural, **MS:** masa seca total (g), **ms:** masa seca de las hojas (g), **AF:** área foliar (dm<sup>2</sup>) y **t:** tiempo (días)

**Análisis químico foliar (N P K, %):** según la Norma Ramal NRAG 144:2010 de la Dirección de Calidad del MINAG y al momento en que las posturas alcanzaron su condición óptima para el trasplante a campo.

#### **Variables del funcionamiento fúngico**

- ✓ **Porcentaje de colonización (%):** se tomaron muestras de raicillas que fueron lavadas y posteriormente secadas a 70 °C; el teñido se realizó mediante el procedimiento descrito por Phillips y Hayman (1970) y la cuantificación mediante el método de los interceptos (Giovanetti y Mosse, 1980).
- ✓ **Densidad visual (DV, %):** esta variable se determinó según la metodología de Trouvelot *et al.* (1986) en el momento en que las posturas alcanzaron su condición óptima para el trasplante a campo.

#### **Conteo de poblaciones de rizobacterias**

El conteo de rizobacterias, se realizó a partir de una muestra de 50g de sustrato rizosférico de las posturas de guayaba cuando las mismas estaban listas para el trasplante a campo. Se utilizó el método de las Diluciones Seriadas con un gramo de suelo (Delgado *et al.*, 2003) y posteriormente se realizaron siembras en medios de cultivo selectivo: Ashby (Fenglerowa, 1965; Obando *et al.*, 2010) para fijadores de nitrógeno y Pikovskaya suplementado con fosfato tricálcico para solubilizadores de fósforo. Las placas inoculadas con las diluciones Ashby y Pikovskaya, se colocaron 48 horas a 30 °C de temperatura, para posteriormente realizar el conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por g de suelo. Se

tomaron como positivas las colonias morfológicamente similares a *Azotobacter* y las que mostraron halo de solubilización fósforica (decoloración del medio de cultivo alrededor de la colonia bacteriana) en cada uno de los medios anteriormente mencionados. Se utilizaron dos placas por diluciones en cada uno de los medios y tres réplicas por cada tratamiento.

### **2.3. Etapa 3. Validación en condiciones locales de producción**

#### **Condiciones generales de trabajo**

Se realizó en el vivero de la finca "Rio de Janeiro", ubicada en el Km 4½ carretera Guantánamo-El Salvador, municipio El Salvador, provincia de Guantánamo y consistió básicamente en la comparación de los resultados obtenidos con la investigación, con los propios de la actividad productiva en el territorio y en la socialización del *know how* correspondiente. Se seleccionó a esta provincia, porque en ella el consumo de guayaba está todavía por debajo de la demanda de la población y la producción se sustenta en la compra de posturas en otras provincias del país, lo que hace pertinente este tipo de estudio.

Se consideraron las variables de respuesta y los criterios y especificaciones de evaluación, así como el número de ciclos o repeticiones en el tiempo, de las etapas anteriores. Transcurrió entre febrero de 2010 y junio de 2012.

**A) Comparación de alternativas de producción de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

Con cada variante en estudio, se produjeron 2 500 posturas por ciclo o repetición; el trabajo se organizó según el siguiente esquema:

<b>Tratamiento</b>	<b>Producto para el enraizamiento</b>	<b>Sustrato empleado</b>
<b>Testigo territorial</b>	AIA	Suelo/abono orgánico (1:1)
<b>Propuesta alternativa</b>	PectiMorf® + FitoMas-E	Suelo/abono orgánico (3:1) EcoMic®+ AZOMEG

Se compiló información para la evaluación económica, según la metodología propuesta por la FAO (1980). Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- ✓ **Valor de la producción (Vp, \$):** precio de venta de una postura multiplicado por la cantidad producida.
- ✓ **Costo de producción (C, \$):** sumatoria de los gastos incurridos para la producción de 10 000 posturas (actividades contratadas, salario de los obreros, consumo de agua y precio de los productos empleados en la propagación).
- ✓ **Ganancias (G, \$):** diferencia entre el valor de la producción y el costo total de la producción
- ✓ **Relación Beneficio-Costo (B/C, \$):** relación entre la ganancia y el costo de producción.

Para el cálculo de estos indicadores se utilizaron las siguientes referencias informativas: Listado oficial MINAG, 2008; Resolución No. 421/2012 del

MFP; Ficha de costo INCA, 2013-b; Ficha de costo ICIDCA, 2012; Ficha de costo INCA, 2013-a y Ficha de costo del INIFAT, 2012; la información básica, se muestra a continuación:

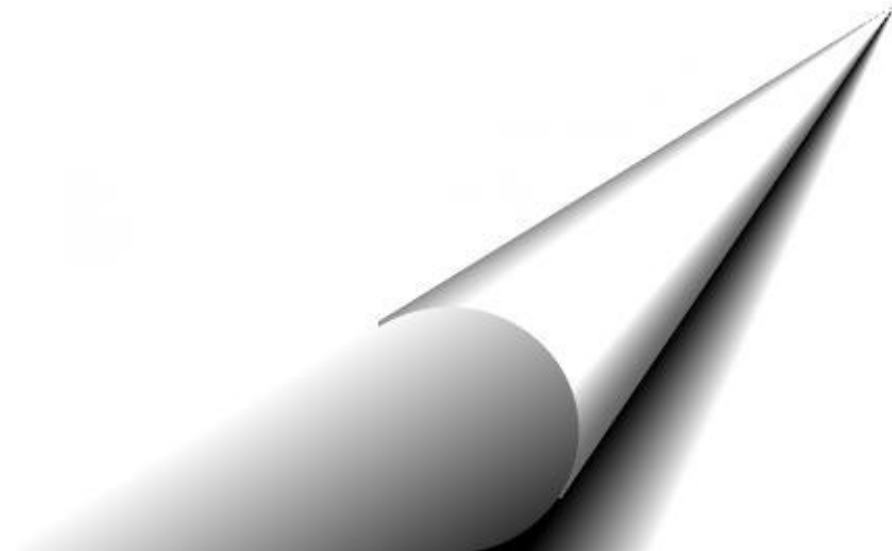
1	<b>Salario</b> (obrero del vivero)	500,00 CUP/mes
2	<b>Actividades contratadas</b>	
	Corte de los esquejes	0,10 CUP/esqueje
	Siembra en lecho de enraizamiento	0,10 CUP/esqueje
	Llenado de bolsa	0,10 CUP/bolsa
	Trasplante a bolsa	0,10 CUP/bolsa
3	<b>Insumos del vivero</b>	
	Bolsas	0,10 CUP/bolsa
	Consumo de agua	3,00 CUP/m <sup>3</sup>
4	<b>Productos</b>	
	Solución madre de auxina	250,00 CUP/L
	PectiMorf®	12,44 CUP/0,20L
	FitoMas-E	1,97 CUP/L
	Abono orgánico	103,00 CUP/t
	EcoMic®	2,90 CUP/kg
	AZOMEG	30,00 CUP/L

**Nota:** Los gastos de salario y contratación de mano de obra se obtuvieron de la "Finca Rio de Janeiro". En la valoración económica se determinó el costo de producción de una postura sobre la base de la supervivencia alcanzada en cada alternativa al final de la etapa.

## **B) Introducción a la práctica productiva**

Se registró la producción local de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' y el área dedicada a la producción de guayaba, en el período 2008-2013, con énfasis en lo logrado como resultado de la implementación de la variante propuesta.

# *Resultados y Discusión*



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Etapa 1. Uso de PectiMorf® y FitoMas-E para el enraizamiento de esquejes de guayaba ' Enana Roja Cubana'

En la tecnología vigente de propagación de guayaba 'Enana Roja Cubana', el empleo de hormonas de enraizamiento ~en este caso el AIA~ debe garantizar porcentajes de supervivencia iguales o superiores al 85 % (MINAG, 2005); la información de la Tabla 2 refleja el comportamiento de las variables de respuesta, como consecuencia de ese manejo, en las mismas condiciones del estudio de productos realizado.

**Tabla 2. Valores de indicadores del enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' como respuesta a la aplicación de AIA (5 mg·L<sup>-1</sup>: testigo de producción o tratamiento de referencia), 60 días después de la siembra (dds).**

<b>Indicador</b>	<b>Supervivencia (%)</b>	<b>Número de raíces</b>	<b>Masa fresca (g)</b>	<b>Masa seca (g)</b>	<b>Fracción radical (%)</b>
<b>Valor máximo</b>	94,00	7,00	1,44	0,415	16,07
<b>Valor mínimo</b>	90,00	5,00	1,00	0,288	10,36
<b>Media</b>	92,00	5,70	1,22	0,349	13,46
<b>Desviación estándar</b>	2,00	0,26	0,05	0,04	1,78

[n = 30 observaciones para cada réplica en el tiempo/variable; media ± S]

Los valores de la anterior tabla, se utilizaron para la comparación con los resultados alcanzados con las alternativas de manejo que se evaluaron, por considerarse representativos o satisfactorios, como respuesta posible en las condiciones de producción en que se gestó la investigación. Evidencian también que la selección de las plantas madre, el corte y manipulación de los esquejes y la preparación de soluciones, entre otros aspectos, se realizaron con apego a las normas técnicas vigentes.

**3.1.1 Experimento 1. Evaluación de diferentes concentraciones de PectiMorf<sup>®</sup>, en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

La Tabla 3 muestra el efecto de las diferentes concentraciones de PectiMorf<sup>®</sup> sobre la variable porcentaje de supervivencia.

La vitalidad del esqueje sumada al manejo eficiente del riego son los factores determinantes de que durante los primeros 15 días de conducción del ensayo, la supervivencia haya sido máxima e independiente de la concentración aplicada. Este comportamiento coincide con lo reportado por Barnett y Naylor (1966), quienes señalan la importancia del riego en el mantenimiento de la turgencia de las células del esqueje y la disminución de la transpiración.

**Tabla 3. Efecto del PectiMorf<sup>®</sup> sobre la supervivencia de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

[n = 30 observaciones para cada réplica en el tiempo/variable; media ± s]

**a) Supervivencia (%) de esquejes en varios momentos del enraizamiento**

Concentración de PectiMorf <sup>®</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	Días después de la siembra (dds)			
	15	30	45	60
0	100,0 ± 0,0	80,0 ± 4,0	72,0 ± 2,0	58,0 ± 2,0
10	100,0 ± 0,0	94,0 ± 2,0	88,0 ± 2,0	88,0 ± 2,0
20	100,0 ± 0,0	96,0 ± 4,0	94,0 ± 2,0	90,0 ± 2,0
30	100,0 ± 0,0	96,0 ± 2,0	88,0 ± 2,0	88,0 ± 2,0
40	100,0 ± 0,0	94,0 ± 2,0	88,0 ± 3,5	88,0 ± 3,5

**b) Análisis de regresión Concentración vs Supervivencia a los 60 dds.**

**Ecuación:**  $y = -0,0457x^2 + 2,4286x + 61,257$      $R^2 = 0,850$

**Concentración estimada para mayor respuesta:** 26,6 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf<sup>®</sup>

**Supervivencia estimada para la concentración de mayor respuesta:** 93,5 %

A partir de los 30 días, los resultados además de seguir la tendencia descendente común en procesos de este tipo y según la cual (MINAG,

2005) el porcentaje de supervivencia puede llegar al 85 %, también muestran el efecto de las concentraciones de PectiMorf®; en este caso se repite un patrón de respuesta al incremento de la concentración, indicador de que las mismas fueron correctamente seleccionadas, independientemente de que es la respuesta final a los 60 días, por ser el momento en que concluye la fase de enraizamiento, la que debe tomarse en cuenta al evaluar los efectos del bioproducto.

Si se considera que la aplicación de hormonas de enraizamiento ~según Taiz y Zeiger (2008)~ induce y acelera los procesos de división celular (mitosis, meiosis y citoquinesis) para dar lugar a la formación de callos y el posterior desarrollo de primordios radicales y que ese proceso es determinante para la supervivencia del esqueje y se comparte la hipótesis de estos autores ~refrendada por Overvoorde *et al.* (2010)~ de que la auxina tiene influencia en la división celular del *cambium* y 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, se puede afirmar que de alguna manera, el PectiMorf® es capaz de inducir efectos similares, dada la tendencia de la respuesta obtenida a su aplicación, en que se evidenció una influencia favorable de la mezcla de OGs sobre la supervivencia.

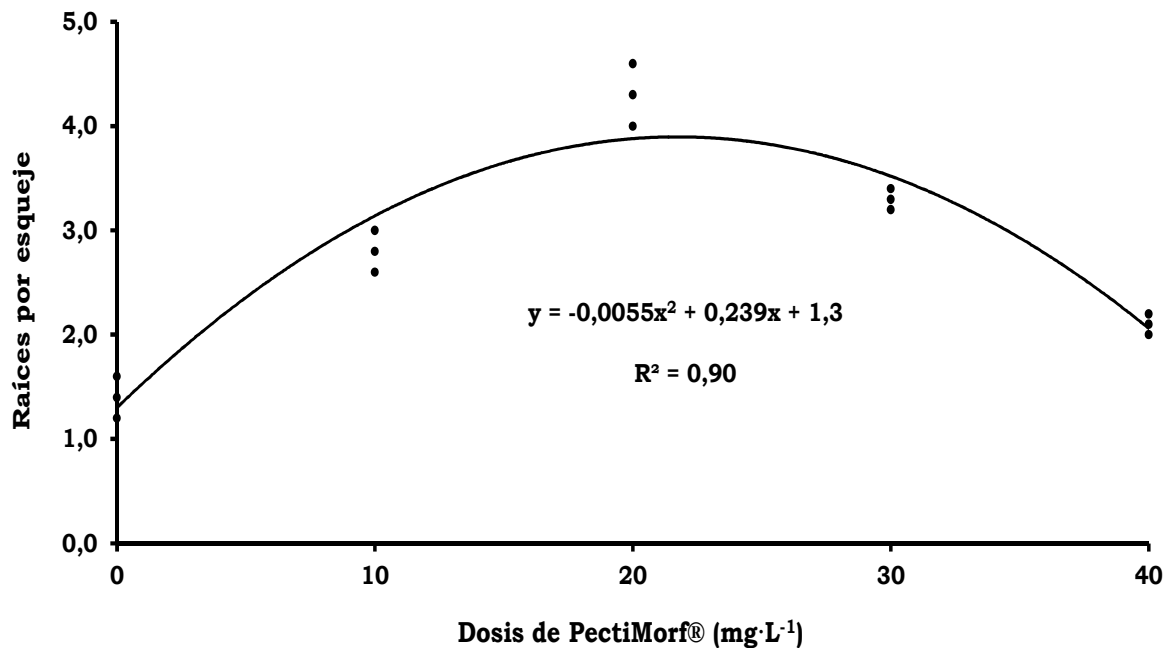
Los resultados que se discuten son congruentes con los reportes de Peña *et al.* (2005), quienes consideran a la formación de raíces y la no caída de

las hojas, factores determinantes para evitar la muerte de los esquejes; por otra parte, Izquierdo *et al.* (2009) ofrecen similar interpretación, tras alcanzar en la fase de aclimatación de vitroplantas de plátano (*Musa sp.*), valores superiores al 90 % de supervivencia, como respuesta a la aplicación de PectiMorf®.

En cuanto a la concentración estimada a partir de la ecuación calculada  $\sim 26,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , la respuesta que induce, calculada en un 93,5 % de supervivencia, no difiere de la correspondiente, igualmente mediante el cálculo matemático, a la concentración realmente empleada inmediatamente inferior  $\sim 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de PectiMorf®, que es de un 91,5 % y que también supera al 85 % establecido por las normas de producción.

Otro indicador evaluado fue el número de raíces de los esquejes al final de la fase de enraizamiento, 60 días después de la siembra; los resultados aparecen en la Figura 1.

La tendencia de la respuesta obtenida, nuevamente apunta al tratamiento central como el de efecto más deseable [se estima en  $21,72 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  la concentración que induce la mayor respuesta] y ratifica la interpretación hecha a partir de los resultados presentados en la Tabla 3, sobre posibles efectos del PectiMorf®.



**Figura 1. Análisis de regresión Número de raíces por esqueje de guayaba 'Enana Roja Cubana' vs Concentración de PectiMorf®, a los 60 días después de la siembra**

Se coincide con Cid *et al.* (2006) quienes reconocen que el PectiMorf® posee capacidad para inducir el enraizamiento, estimular el crecimiento de los callos e incrementar el desarrollo y vigor de vitroplantas de diferentes especies vegetales; respuestas semejantes encontraron Savatin *et al.* (2011) y Cervone (2012) para plantas de *Arabidopsis thaliana* tratadas con OGs, Fajardo *et al.* (2011) en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) y Camejo *et al.* (2012) en el cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Que los efectos identificados sean independientes de la especie vegetal tratada, se puede interpretar como confirmación de las propiedades reconocidas en la mezcla de OGs objeto de estudio.

En la Tabla 4 se observa que las aplicaciones de PectiMorf® favorecen el funcionamiento fisiológico, expresado en la tendencia de las variables masa y fracción radicales, ligadas al proceso de enraizamiento.

**Tabla 4. Efecto del PectiMorf® sobre las masas fresca y seca de las raíces y la fracción radical de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' 60 dds.**

[n = 30 observaciones para cada réplica en el tiempo/variable; media ± s]

**a) Masas fresca y seca de las raíces y fracción radical**

<b>Concentración de PectiMorf® (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Masa fresca (g)</b>	<b>Masa seca (g)</b>	<b>Fracción radical (%)</b>
0	0,27 ± 0,11	0,08 ± 0,06	3,92 ± 1,07
10	0,70 ± 0,13	0,19 ± 0,07	9,90 ± 1,74
20	0,74 ± 0,17	0,22 ± 0,05	10,07 ± 1,74
30	0,72 ± 0,13	0,18 ± 0,03	9,43 ± 0,98
40	0,52 ± 0,17	0,15 ± 0,05	8,23 ± 1,98

**b) Análisis de regresión Concentración vs Variable de respuesta vegetal**

**Ecuación:**

**Masa fresca:**  $y = -0,0009x^2 + 0,0429x + 0,294$   $R^2 = 0,88$

**Masa seca:**  $y = -0,0115x^2 + 0,5536x + 4,3443$   $R^2 = 0,92$

**Fracción radical:**  $y = -0,0003x^2 + 0,0136x + 0,0829$   $R^2 = 0,92$

**Concentración estimada (mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf®) para mayor respuesta:**

**Masa fresca:** 23,83

**Masa seca:** 22,67

**Fracción radical:** 24,07

**Respuesta vegetal estimada para concentración de mayor efecto:**

**Masa fresca:** 0,805 g

**Masa seca:** 0,237 g

**Fracción radical:** 11,01 %

La influencia del PectiMorf® en la fisiología de las plantas se sustenta en su composición, ya que los OGs que contiene el producto son moléculas bioactivas complejas, con grado de polimerización entre 7 y 16 (Cartaya *et al.*, 2009) capaces de incidir en la activación de mecanismos de

diferenciación celular y crecimiento, de acuerdo a lo reseñado por Mattei *et al.* (2005) y Osorio *et al.* (2011).

Por otra parte, Somerville *et al.* (2004) informaron que la relación más estrecha de los OGs con el enraizamiento puede explicarse por su acción en la pared celular ~estructura fundamental en los procesos de crecimiento, diferenciación y división celular~, que juega un papel importante en la forma, tamaño y velocidad de formación de diferentes órganos vegetales, como las raíces. Su opinión es congruente con las de Hoson (1993) y Humphrey *et al.* (2007) que desde sus respectivos resultados llaman la atención sobre la composición química de la pared celular ~celulosa, hemicelulosa y pectina~ y sobre la notable presencia de pectina en esa combinación (30 %).

Si se toma en cuenta que entre los principales componentes de este polisacárido aparecen los homogalacturónidos, se puede adelantar la hipótesis de que el efecto del PectiMorf<sup>®</sup> se relaciona con el aporte parcial de sustancias requeridas en los procesos de diferenciación o de alargamiento celular, que son propios o característicos de la iniciación radical. Esta suposición identifica demandas de conocimiento para las ciencias agrarias en el país, relacionadas con la elucidación de los mecanismos a través de los cuales, el PectiMorf<sup>®</sup> ~y por extensión, cualquier otro producto a base de OGs~ puede inducir enraizamiento.

Vale destacar que para estas variables, también se obtuvo un efecto o respuesta positiva hasta la concentración central evaluada  $\sim 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , que se describe adecuadamente mediante los modelos cuadráticos calculados; en cualquier caso, la mayor respuesta estimada según las concentraciones máximas de la Tabla 4-b es muy similar a la obtenida con la concentración de  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , a partir del mismo modelo, a saber: 0,79 g; 0,235 g y 10,8 % para masa fresca, masa seca y fracción radical, en igual orden.

La posterior tendencia negativa de los resultados por el incremento de las concentraciones, se puede interpretar también como consecuencia de la composición del bioproducto y de que debido a la concentración empleada en cada caso, se desencadenan fenómenos de interferencia química, de competencia por centros reactivos en las células y/o de transformaciones químicas y bioquímicas no deseables, que reducen la eficiencia del enraizamiento, proceso cuya complejidad y especificidad fisiológicas *~Carpita y Gibeault (1993)~* no pueden desconocerse.

No obstante, la concentración de  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , si bien permite obtener un porcentaje de supervivencia del orden del 90 %, no se iguala en el resto de las variables, con la concentración de  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de AIA que indica el MINAG (2005) *~ver Tabla 2. En opinión del autor, este resultado estaría en correspondencia con la hipótesis que plantea que el efecto del PectiMorf<sup>®</sup> sobre el enraizamiento de los esquejes, se basa en su composición*

química y se aleja del que puede atribuirse a una hormona como el ácido indol acético.

En cuanto al valor de la concentración que garantizó la mejor respuesta, otras investigaciones han demostrado que la concentración óptima de soluciones PectiMorf® puede cambiar según la especie y el objetivo a lograr.

Al respecto, Cid *et al.* (2006) encontraron que con la aplicación combinada de  $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> (ácido giberélico) y  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de PectiMorf® se obtuvieron los mejores resultados, en diferentes variables fisiológicas medidas en semillas agámicas de caña de azúcar.

Por otro lado, Benítez *et al.* (2008) demostraron que la aspersión foliar a plantas de palma areca con 2, 10 y  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de PectiMorf®, causó su punto de máxima respuesta vegetal en la concentración de  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Mientras que, Ramírez *et al.* (2003) al emplear el producto para el enraizamiento de dos variedades de guayaba, 'Suprema Roja' y 'Enana Roja Cubana', obtuvieron las mejores respuestas vegetales con 10 y  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  respectivamente, si bien trabajaron en el segundo caso, bajo condiciones de invernadero, lo que implica un régimen de temperatura, humedad relativa y radiación solar incidente, muy específico.

### 3.1.2 Experimento 2. Evaluación de diferentes concentraciones de FitoMas-E, en el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'

La Tabla 5 muestra el porcentaje de supervivencia de los esquejes, alcanzado tras la aplicación de diferentes soluciones FitoMas-E. Se observa que el mejor resultado corresponde a los tratamientos centrales ~4 y 5 mL·L<sup>-1</sup>~, con una tendencia semejante a la observada en el caso del PectiMorf®; el modelo cuadrático permitió estimar para la concentración de 5 mL·L<sup>-1</sup> un 72,1 % de supervivencia.

**Tabla 5. Efecto del FitoMas-E sobre la supervivencia de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'**

[n = 30 observaciones para cada réplica en el tiempo/variable; media ± s]

#### a) Supervivencia (%) de esquejes en varios momentos del enraizamiento

Concentración de FitoMas-E (mL·L <sup>-1</sup> )	Días después de la siembra			
	15	30	45	60
0	100,0 ± 0,0	80,0 ± 4,0	72,0 ± 2,0	58,0 ± 2,0
1	100,0 ± 0,0	80,0 ± 2,0	72,0 ± 2,0	64,0 ± 3,5
2	100,0 ± 0,0	84,0 ± 3,5	74,0 ± 3,5	66,0 ± 4,0
3	100,0 ± 0,0	82,0 ± 2,0	76,0 ± 2,0	72,0 ± 2,0
4	100,0 ± 0,0	84,0 ± 2,0	76,0 ± 2,0	74,0 ± 2,0
5	100,0 ± 0,0	88,0 ± 4,0	78,0 ± 4,0	76,0 ± 4,0
6	100,0 ± 0,0	84,0 ± 2,0	74,0 ± 2,0	68,0 ± 2,0
7	100,0 ± 0,0	80,0 ± 3,5	72,0 ± 3,5	64,0 ± 2,0
8	100,0 ± 0,0	82,0 ± 2,0	72,0 ± 2,0	66,0 ± 2,0
9	100,0 ± 0,0	80,0 ± 2,0	70,0 ± 2,0	64,0 ± 2,0

#### b) Análisis de regresión Concentración vs Supervivencia a los 60 dds.

**Ecuación:**  $y = -0,5985x^2 + 5,6773x + 58,709$        $R^2 = 0,820$

**Concentración estimada para mayor respuesta:** 4,74 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E

**Supervivencia estimada para la concentración de mayor efecto:** 72,17 %

Es importante destacar que, si bien la respuesta definitiva ~60 días~ quedó por debajo del 85 % ~MINAG (2005)~, sí superó notablemente al

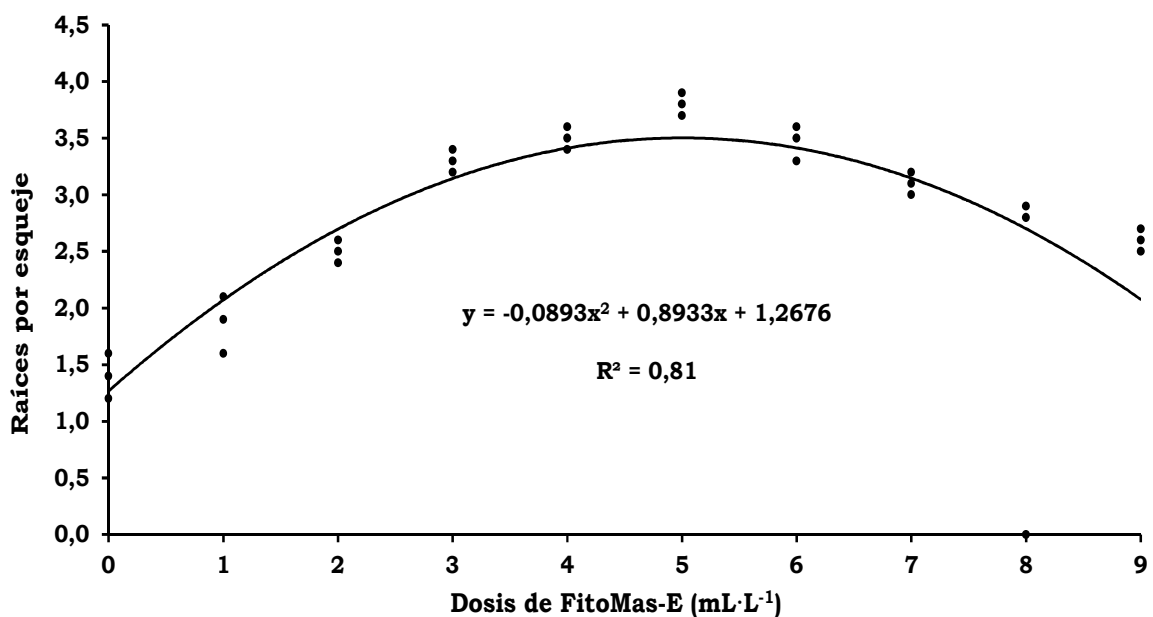
valor logrado sin la aplicación del fitoestimulante, para el que constituye este el primer reporte de su efecto como enraizador de esquejes.

El resultado obtenido con el conteo realizado a los 15 días ~100 % de supervivencia, cualquiera fuese la aplicación del producto~ y el efecto de la concentración de FitoMas-E sobre la tendencia de los restantes conteos admite similar interpretación a la hecha, a partir de los criterios de Barnett y Naylor (1966), a la información de la Tabla 3.

Importante destacar que una supervivencia del orden del 75 % como resultado final, no deja lugar a dudas sobre las potencialidades de uso del FitoMas-E, como enraizador de esquejes de guayaba, y reafirma la pertinencia a futuro, de evaluar alternativas para el aumento o la mejora de esa influencia.

Vale aclarar que los efectos de este fitoestimulante sobre la variable analizada, se han mostrado en otras especies, si bien con base en su capacidad para complementar la nutrición y contrarrestar situaciones de estrés en el manejo de plantaciones: Moya (2003) logró estimular la supervivencia post trasplante de tomate utilizando FitoMas-E en dosis de  $0,2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; por su parte, López y Lobaina (2005) al evaluar diferentes dosis de FitoMas-E en tabaco demostraron que a los 35, 40 y 45 días después de la siembra, se mantuvo el porcentaje de supervivencia de las plántulas por encima del testigo sin aplicación.

En cuanto a la variable número de raíces ~Figura 2~, los resultados aunque también expresaron la reconocida calidad del FitoMas-E como potenciador de la eficiencia de procesos fisiológicos vegetales ~comentada por Lino *et al.* (2005), Mariña *et al.* (2010), Alarcón *et al.* (2012) y López *et al.* (2012), entre otros autores~ no llegaron a los valores que se asocian al empleo de la hormona AIA, que se incluyen en la Tabla 2.



**Figura 2. Análisis de regresión Número de raíces por esqueje de guayaba 'Enana Roja Cubana' vs Concentración de FitoMas-E, a los 60 días después de la siembra**

Aún así, no caben dudas de que la composición química de este producto ~que al decir de Montano *et al.* (2007) incluye portadores energéticos, minerales y estructurales, entre otras especies químicas~ jugó un papel fundamental en este resultado, al poner a disposición del metabolismo vegetal, sustancias que no tuvieron entonces que ser sintetizadas por el esqueje estimulando así, la eficiencia fisiológica.

La concentración estimada para la mayor respuesta vegetal, a partir de la función matemática es de 4,97 mL·L<sup>-1</sup>, lo que igual que para la variable porcentaje de supervivencia permite considerar a la concentración de 5 mL·L<sup>-1</sup>, como la mejor entre las evaluadas.

Debe decirse que el diseño de tratamientos, validado por la tendencia de los resultados, no deja lugar a dudas sobre el valor límite que representa dicha concentración, para el empleo del bioproducto en procesos de esta naturaleza, con la especie seleccionada.

El hecho de que los esquejes sin aplicación de producto, también produzcan enraizamiento aunque sin que se alcancen valores notables sugiere expresión de su capacidad intrínseca para esta actividad fisiológica; capacidad ya reconocida por Overvoorde *et al.* (2010) al señalar que en los esquejes también se encuentran centros productores de auxinas, como los ápices de las hojas y los tallos y las yemas axilares.

La auxina en estos centros puede transportarse como auxina libre, sin actividad fisiológica, por los conductos del esqueje, para actuar en los sitios de mayor demanda (Balaguera *et al.* 2010).

En ese momento, según los mismos autores, se une a otros compuestos y se transforma en auxina combinada, que es inmóvil y sí tiene actividad fisiológica, como la formación de callos y la iniciación y elongación radical.

En la Tabla 6 se muestran características de las raíces logradas durante el enraizamiento de los esquejes; se destacan los resultados de la variante en

que se aplicaron 5 mL·L<sup>-1</sup>, igualmente muy similar en efecto y valor a las concentraciones estimadas mediante las funciones calculadas.

Según Devlin (1975) la síntesis de AIA incrementa el intercambio de la célula con sustancias externas mediante procesos osmóticos, aumenta la permeabilidad de ese órgano frente al agua y otras sustancias, reduciendo la presión en la pared celular, permite la formación de estructuras químicamente funcionales en la pared celular e induce la síntesis de ARN y de proteínas específicas, necesarias para la iniciación radical.

**Tabla 6. Efecto del FitoMas-E sobre las masas fresca y seca de las raíces y la fracción radical de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' 60 dds.**

[n = 30 observaciones para cada réplica en el tiempo/variable; media ± s]

**a) Masas fresca y seca de las raíces y fracción radical**

<b>Concentración de FitoMas-E (mL·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Masa fresca (g)</b>	<b>Masa seca (g)</b>	<b>Fracción radical (%)</b>
0	0,27 ± 0,11	0,08 ± 0,06	3,92 ± 1,07
1	0,39 ± 0,10	0,11 ± 0,05	5,86 ± 2,29
2	0,35 ± 0,12	0,14 ± 0,03	5,34 ± 2,96
3	0,54 ± 0,01	0,16 ± 0,03	7,49 ± 1,44
4	0,58 ± 0,09	0,17 ± 0,02	7,40 ± 1,09
5	0,59 ± 0,13	0,17 ± 0,04	8,07 ± 1,49
6	0,46 ± 0,09	0,13 ± 0,03	6,30 ± 1,49
7	0,42 ± 0,11	0,12 ± 0,03	6,86 ± 1,12
8	0,40 ± 0,09	0,11 ± 0,02	6,61 ± 1,41
9	0,37 ± 0,08	0,12 ± 0,02	6,31 ± 1,03

**b) Análisis de regresión Concentración vs Variable de respuesta del enraizamiento.**

**Ecuación:**

**Masa fresca:**  $y = -0,0121x^2 + 0,1153x + 0,2612$   $R^2 = 0,77$

**Masa seca:**  $y = -0,0033x^2 + 0,0328x + 0,0751$   $R^2 = 0,74$

**Fracción radical:**  $y = -0,1167x^2 + 1,2461x + 4,1345$   $R^2 = 0,78$

**Concentración estimada (mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E) para mayor respuesta:**

**Masa fresca:** 4,76

**Masa seca:** 4,97

**Fracción radical:** 5,34

**Respuesta vegetal estimada para concentración de mayor efecto:**

**Masa fresca:** 0,536 g

**Masa seca:** 0,157 g

**Fracción radical:** 7,46 %

Por otra parte, He *et al.* (2012) plantean que el transporte basípeto de la hormona por el esqueje, propicia la regeneración de raíces, que está relacionada con su participación en el alargamiento y división celular, lo cual se facilita con la imbibición, de acuerdo con Robert (1975).

Castillo *et al.* (2011) determinaron el perfil de aminoácidos presentes en el FitoMas-E y encontraron que la fase líquida del producto contiene 16 aminoácidos; entre los mismos se encuentra el triptófano, considerado el precursor del ácido indol- 3-acético, responsable del enraizamiento en los esquejes (Hartmann *et al.*, 2011).

Los trabajos de Viñals *et al.* (2011) sitúan a este compuesto como el elemento de mayor disponibilidad entre los aminoácidos metabólicamente activos presentes en el FitoMas-E y destacan su importancia en la síntesis de auxina.

Muchas investigaciones reconocen a este aminoácido, como el principal intermediario en la ruta biosintética del AIA (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Este mecanismo de biosíntesis en las plantas implica dos vías fundamentales: la descarboxilación del aminoácido para formar triptamina, seguida de una desaminación para producir  $\beta$ -indolacetaldehído, el cual es oxidado fácilmente a ácido indol 3-acético y una segunda vía, donde ocurre la desaminación del triptófano, para dar

origen al ácido  $\beta$ -indolpirúvico, seguida de una descarboxilación que propicia la formación de  $\beta$ -indolacetaldehído, que a su vez, se oxida para originar el AIA (Vázquez y Torres, 2006).

El derivado de la industria azucarera en su composición también goza de otras especies químicas muy diversas (carbohidratos, azúcares y minerales; Castillo *et al.* 2011), involucradas en la integridad fisiológica fisiológica del esqueje y que pudieran favorecer en el enraizamiento (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Los resultados hasta aquí comentados demuestran que el FitoMas-E y el PectiMorf<sup>®</sup> muestran potencialidades para la actividad de enraizamiento, por que ambos productos en aplicaciones simples superan estadísticamente la respuesta que se obtiene cuando no se embebe el esqueje en ninguna solución enraizadora (ver Tabla 7).

**Tabla 7. Indicadores del enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ como respuesta a diferentes tratamientos 60 días después de siembra**

Solución enraizadora	Variables evaluadas a los 60 días post siembra de esquejes				
	Supervivencia (%)	Número de raíces	Masa fresca (g)	Masa seca (g)	Fracción radical (%)
Natural (SAP)	58,0 <sup>c</sup>	1,4 <sup>c</sup>	0,27 <sup>d</sup>	0,08 <sup>d</sup>	3,91 <sup>d</sup>
AIA (5 mg·L <sup>-1</sup> )	92,0 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	13,46 <sup>a</sup>
PectiMorf <sup>®</sup> (20 mg·L <sup>-1</sup> )	90,0 <sup>a</sup>	4,3 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	10,07 <sup>b</sup>
FitoMas-E (5 mL·L <sup>-1</sup> )	76,0 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>	0,59 <sup>c</sup>	0,17 <sup>c</sup>	8,07 <sup>c</sup>
<b>ESx</b>	4,15	0,205	0,0352	0,0101	0,366

Medias con superíndices diferentes, difieren significativamente para  $p \leq 0,01$ , **ESx**: Error Estándar de la media; **SAP**: Sin Aplicación de Productos

Sin embargo al comparar las respuestas de las mejores concentraciones seleccionadas para cada producto [PectiMorf<sup>®</sup> (20 mg·L<sup>-1</sup>) y FitoMas-E

(5 mL·L<sup>-1</sup>), con las alcanzadas con el AIA, se observa de forma general, resultados estadísticamente inferiores a los obtenidos con la hormona.

Vale destacar, que el PectiMorf® no difiere en supervivencia de la aplicación del AIA, pero al igual que el FitoMas-E, en el resto de los indicadores no iguala, ni supera la respuesta de compuesto auxínico.

La evidencia hasta aquí discutida, a favor de la posibilidad de emplear al PectiMorf® y al FitoMas-E en el enraizamiento de esquejes de guayaba y la pertinencia de reducir el consumo de AIA en ese proceso justificaron el diseño y estudio de combinaciones de ambos productos.

### **3.1.3 Experimento 3. Aplicación combinada de PectiMorf® [Concentración óptima según Experimento 1] y AIA, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ' Enana Roja Cubana '**

Siendo el objetivo del trabajo, la disminución o eliminación de la dependencia respecto a un insumo de importación ~el AIA~, los resultados del experimento 1 motivaron la evaluación de las combinaciones que se discuten a continuación. En este caso no se alcanzó el 85 % de supervivencia que demanda el sector productivo ~ver Tabla 8~ y el modelo matemático describe una relación inversamente proporcional entre la concentración de la hormona y la respuesta vegetal, lo que se puede interpretar como indicador de que la interacción entre ambos productos podría resultar más efectiva, para concentraciones inferiores de AIA en la mezcla.

**Tabla 8. Efecto de la aplicación conjunta de diferentes concentración de AIA y 20 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf® sobre la supervivencia de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ 60 dds [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

**a) Supervivencia (%) de esquejes**

Concentración de AIA (mg·L <sup>-1</sup> )	60 días post siembra
1	74,0 ± 2,0
2	72,0 ± 2,0
3	68,0 ± 2,0
4	64,0 ± 2,0

**b) Análisis de regresión Concentración vs Supervivencia**

**Ecuación:**  $y = -3,4x + 78$        $R^2 = 0,83$

Nótese que la respuesta también resultó inferior a la obtenida, tanto para la aplicación de AIA según normas técnicas ~Tabla 2~, como para la mejor concentración de PectiMorf® ~Tabla 3~; quizá un exceso de sustancias químicas derivado de la combinación de ambos productos sea la explicación, como en el caso de la Tabla 4, a este resultado que concuerda con reportes de Bellincampi *et al.* (1993) y (1996), quienes demostraron que los OGs pueden inhibir la activación transcripcional de la fusión del gen *rolB-B-glucorinidasa* (GUS), regulado por el AIA en explantes de hojas de tabaco.

En un seguimiento de la mencionada investigación, Bellincampi *et al.* (2000) comprobaron que la inhibición de la respuesta auxínica provocada por los OGs es muy rápida y ocurre en un corto período de tiempo (18 a 24 horas), incluso después de que la activación de GUS ha iniciado.

De Lorenzo *et al.* (2011), en busca de explicaciones para el antagonismo entre el AIA y los OGs evaluaron la actividad de GUS en *Arabidopsis* y

observaron que cuando se aplicó el AIA, la actividad del gen fue marcadamente superior a la del testigo sin aplicación, lo que evidenció que la aplicación del AIA exógeno incrementa la actividad de GUS; sin embargo, cuando se aplicaron los OGs, las señales de acción de GUS se mostraron únicamente en la cofia y al establecer las mezclas de ambos compuestos, la actividad del gen también resultó afectada.

Esta relación negativa también se manifestó en la tendencia de las restantes variables de respuesta consideradas, tal y como se muestra en la Tabla 9. Este resultado reafirma el criterio de que cualquier estudio posterior enfocado a la posible sinergia entre ambos productos deberá incluir concentraciones inferiores a las evaluadas en este caso.

**Tabla 9. Efecto de la aplicación conjunta de diferentes concentraciones de AIA y 20 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf® sobre el número de raíces, las masas fresca y seca de las raíces y la fracción radical de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' 60 dds [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

**a) Número de raíces, masas fresca y seca de las raíces y fracción radical**

<b>Concentración de AIA (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de raíces</b>	<b>Masa fresca (g)</b>	<b>Masa seca (g)</b>	<b>Fracción radical (%)</b>
1	2,4 ± 0,5	0,55 ± 0,14	0,16 ± 0,01	7,11 ± 1,71
2	1,4 ± 0,4	0,35 ± 0,12	0,10 ± 0,01	4,06 ± 1,45
3	0,7 ± 0,3	0,16 ± 0,07	0,04 ± 0,02	1,94 ± 0,83
4	0,7 ± 0,3	0,12 ± 0,05	0,04 ± 0,01	1,56 ± 0,72

**b) Análisis de regresión Concentración vs Variable de respuesta vegetal**

**Ecuación:**

- Número de raíces:**  $y = -0,7067x + 3,2$        $R^2 = 0,87$
- Masa fresca:**  $y = -0,1478x + 0,6515$        $R^2 = 0,89$
- Masa seca:**  $y = -0,0425x + 0,1885$        $R^2 = 0,88$
- Fracción radical:**  $y = -1,8664x + 8,4269$        $R^2 = 0,88$

Al parecer, la concentración óptima de PectiMorf® determinada en el experimento 1, precisamente por la notable respuesta a que dio lugar, no

debió ser la única incluida en la evaluación hecha. Al respecto, Vázquez y Torres (2006) han señalado que el exceso de sustancias con efecto enraizador inhibe la formación del callo y con ello, el inicio del enraizamiento del esqueje, proceso este, al decir de Doll *et al.* (2013), liderado por hormonas y en el que es posible que la mezcla del AIA y los OGs provoque una desorganización hormonal en el interior de las células de los esquejes que dificulte la ocurrencia de los procesos de elongación, diferenciación y división celular.

Existen antecedentes de estudios de este tipo, como los de Branca *et al.* (1988), en los que se informó antagonismo entre los OGs y el AIA, en segmentos de tallos de guisantes (*Pisum sativum* L.) y los de Camejo *et al.* (2012), en los que se observó que en plantas de alfalfa, al aumentar la concentración de diferentes enzimas relacionadas con la oxidación ~proceso perjudicial para el enraizamiento~ como la peroxidasa y la catalasa entre otras, también lo hacía la concentración de oligolacturónidos en las plantas, lo que se expresaba en la disminución de la eficiencia de la auxina y de la intensidad del enraizamiento.

También Suárez *et al.* (2013) reportaron que el PectiMorf® inhibe la expresión de genes regulados por auxinas, en *Arabidopsis thaliana* y comentan que aunque todavía no está totalmente elucidado el mecanismo molecular que explicaría el antagonismo entre la actividad de las auxinas y

los OGs, estos compuestos ~de los que el PectiMorf® es una mezcla~ suprimen la formación de raíces inducida por el AIA en explantes de hojas. No obstante, este resultado negativo es también evidencia de la calidad y posibilidades de uso del PectiMorf®, como estimulador del enraizamiento en procesos productivos como el estudiado y de la pertinencia de continuar investigando en esa dirección.

A no dudarlo, el resultado obtenido debe ser un insumo informativo para futuros estudios sobre la sinergia entre el PectiMorf® y otros productos naturales, al uso en la agricultura cubana; en esa dirección se pueden citar ya los trabajos de Cid *et al.* (2006), quienes encontraron efecto sinérgico en la germinación y calidad de las plantas de semillas artificiales en caña de azúcar, al combinarlo con AIA y de Moré (2002), en que se describe un efecto sinérgico entre compuestos auxínicos y el PectiMorf®, en la embriogénesis de papa.

#### **3.1.4 Experimento 4. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según experimento 3] y AIA en el enraizamiento de esquejes de guayaba ' Enana Roja Cubana'**

La respuesta obtenida a partir de las combinaciones de AIA y PectiMorf® sirvió de referente para el diseño de esta prueba. Los resultados para la variable % de supervivencia, se muestran en la siguiente Tabla 10.

Contrariamente a similar estudio con el PectiMorf®, en este caso se obtuvo una tendencia que pudo describirse mediante una función polinómica de segundo grado:  $y = -4,5x^2 + 23,1x + 59,5$  con  $R^2 = 0,84$ . Este modelo permitió estimar en  $2,57 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , la concentración óptima de AIA, para un

89,1 % de supervivencia, mientras que para 2 mg·L<sup>-1</sup>, la concentración aplicada inmediatamente inferior a ese valor, se estimó una supervivencia prácticamente similar, del 87,7 %.

**Tabla 10. Supervivencia (%) de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' al concluir el periodo de enraizamiento y como respuesta a la aplicación conjunta de diferentes concentraciones de AIA y de 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

<b>Concentración de AIA (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>60 días post siembra</b>
1	80,0 ± 2,0
2	88,0 ± 3,5
3	88,0 ± 2,0
4	78,0 ± 2,0

Es decir, la mejor combinación de ambos productos, no sólo permitió superar el valor de 85 % de supervivencia de esquejes: también posibilitó hacerlo con únicamente el 40 % del consumo de la hormona importada.

Así, este resultado estaría evidenciando un efecto potenciador del FitoMas-E, respecto al de la hormona, lo que concuerda con lo señalado por Montano (2008) en el sentido de que el FitoMas-E es adecuado para reducir concentración y potenciar la acción de otros productos propios de la agricultura, algo que también se constata en los trabajos de Fundora *et al.* (2009) y Capote *et al.* (2009).

Las diferentes respuestas obtenidas a las mezclas con el AIA, del PectiMorf<sup>®</sup> y del FitoMas-E, se pueden explicar como consecuencia del antagonismo OGs-actividad de las auxinas, discutido por Bellincampi *et al.* (2000) y Suárez *et al.* (2013), algo que no se manifiesta en la aplicación conjunta con el derivado de la industria azucarera.

En la Tabla 11 se observan los resultados correspondientes a los restantes indicadores de enraizamiento evaluados.

Los mejores resultados en el proceso de enraizamiento se obtuvieron con las mezclas de 2 y 3 mg·L<sup>-1</sup> de AIA y 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E que representan una reducción de entre el 40 % y el 60 % en el consumo de la hormona importada; de modo general, las concentraciones de AIA que sustentan la máxima respuesta a partir de los polinomios de segundo orden que se presentan, se ubican alrededor de los 2,5 mg·L<sup>-1</sup> de AIA y no difieren de los valores que se estimaron ~ver Tabla 11-b~ para la concentración aplicada de 2 mg·L<sup>-1</sup> de AIA, valores que tampoco difieren de los alcanzados en el ensayo de referencia con AIA, recogidos en la Tabla 2.

**Tabla 11. Efecto de la aplicación conjunta de diferentes concentraciones de AIA y 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E sobre el número de raíces, las masas fresca y seca de las raíces y la fracción radical de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' 60 dds [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

**a) Número de raíces, masas fresca y seca de las raíces y fracción radical**

Concentración de AIA (mg·L <sup>-1</sup> )	Número de raíces	Masa fresca (g)	Masa seca (g)	Fracción radical (%)
1	4,2 ± 1,5	1,01 ± 0,22	0,29 ± 0,06	11,69 ± 2,31
2	5,8 ± 0,8	1,38 ± 0,11	0,40 ± 0,03	15,82 ± 1,56
3	6,4 ± 1,4	1,54 ± 0,18	0,45 ± 0,05	16,53 ± 1,96
4	4,7 ± 0,8	1,07 ± 0,17	0,31 ± 0,05	11,89 ± 1,64

**b) Análisis de regresión Concentración vs Variable de respuesta vegetal**

**Ecuación:**

**Número de raíces:**  $y = -1,175x^2 + 6,1383x - 0,925$   $R^2 = 0,86$   
**Masa fresca:**  $y = -0,2195x^2 + 1,1145x + 0,092$   $R^2 = 0,82$   
**Masa seca:**  $y = -0,065x^2 + 0,3291x + 0,0212$   $R^2 = 0,82$   
**Fracción radical:**  $y = -2,1461x^2 + 10,722x + 3,3531$   $R^2 = 0,93$

**Concentración estimada para mayor respuesta (mg·L<sup>-1</sup> de AIA):**

**Número de raíces:** 2,61  
**Masa fresca:** 2,54  
**Masa seca:** 2,65  
**Fracción radical:** 2,50

**Respuesta vegetal estimada para la concentración de mayor efecto:**

**Número de raíces:** 7,09

**Masa fresca:** 1,323 g

**Masa seca:** 0,394 g

**Fracción radical:** 16,74 %

**Respuesta vegetal estimada para la concentración de 2 mg·L<sup>-1</sup> de AIA**

**Número de raíces:** 6,65

**Masa fresca:** 1,259 g

**Masa seca:** 0,377 g

**Fracción radical:** 16,21 %

Este resultado, también novedoso para el uso del FitoMas-E, posibilita optimizar el consumo de la hormona AIA, empleada en procesos de enraizamiento de esquejes de guayaba: valdría la pena realizar similar estudio con otras especies vegetales.

El efecto potenciador del fitoestimulante guarda relación con la cantidad de nutrimentos, aminoácidos y carbohidratos, entre otras especies químicas ~Castillo *et al.* (2011) y Viñals *et al.* (2011)~, que fueron puestas a disposición de la actividad fisiológica de los esquejes, a través del mismo y que en alguna medida complementaron la acción y efecto de la hormona.

**3.1.5 Experimento 5. Aplicación combinada de FitoMas-E [Concentración óptima según experimento 3] y PectiMorf®, en el enraizamiento de esquejes de guayaba ' Enana Roja Cubana'**

La respuesta obtenida con la aplicación conjunta de FitoMas-E con AIA ~fundamentación de la reducción del consumo de hormona~ llamó la atención sobre la posibilidad de realizar similar ensayo con el PectiMorf®, en busca de una respuesta vegetal que sustentase la sustitución total del producto importado; la información generada se muestra a partir de la Tabla 12.

En este caso sí se consideraron concentraciones de la mezcla de OGs, inferiores a la que permitió obtener la mejor respuesta vegetal en el ensayo de su aplicación individual.

Como era de esperar, se logró un efecto sinérgico entre ambos bioproductos, notable en el elevado porcentaje de supervivencia de los esquejes, que se alcanzó con cada tratamiento en que se evaluó alguna de sus mezclas.

**Tabla 12. Supervivencia (%) de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' como respuesta a la aplicación conjunta de diferentes concentraciones de PectiMorf® y 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMAS-E [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

<b>Concentración de PectiMorf® (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>60 días post siembra</b>
10	78,0 ± 3,3
12	90,0 ± 2,0
14	88,0 ± 2,0
16	88,0 ± 2,0
18	84,0 ± 2,0

La modelación matemática de la respuesta vegetal resultó en la función  $y = -0,5357x^2 + 15,5x - 22,114$  con  $R^2 = 0,84$  según la cual se alcanzaría un valor máximo de 89,89 % de supervivencia, con la combinación que incluye 14 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf®, estimada como concentración de mayor respuesta; comoquiera que a la concentración de 12 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf® se asocia según la misma tabla, un porcentaje prácticamente similar de supervivencia, se decidió estimar la respuesta a la misma con el modelo obtenido, lo que dio como resultado un 86,7 % de supervivencia, también válido de acuerdo a las especificaciones del MINAG (2005) y que

representaría un ahorro de PectiMorf<sup>®</sup>, en la preparación de las soluciones de trabajo.

Es criterio del autor que la diferente composición o naturaleza química que caracteriza a ambos productos fundamenta la respuesta lograda, al permitir su mutua complementación, tal y como ya se discutió al interpretar los resultados de los experimentos 3 y 4. Se validan así para el FitoMas-E, esta vez frente a productos de efecto hormonal, sus atributos como fitoestimulante capaz de incrementar la eficiencia en los más disímiles procesos fisiológicos, de otros productos con los que se le combina; Montano (2008); Lino *et al.* (2010); Díaz de Villegas *et al.* (2011); Alarcón *et al.* (2012); Borrero *et al.*, (2012), Pérez (2010) y Saborit *et al.* (2013) aportan ejemplos que sustentan a este comentario.

Vale señalar que al PectiMorf<sup>®</sup> también se le reconocen múltiples posibilidades de uso; así, se ha aplicado en ensayos de embriogénesis somática (González *et al.*, 2004 y Hernández *et al.*, 2010-a), en la protección de las plantas (Denoux *et al.*, 2008; Galletti *et al.*, 2011 y Suárez *et al.*, 2013), en la estimulación del crecimiento vegetal (Hernández *et al.*, 2007-b), además de como promotor del enraizamiento (Ramírez *et al.*, 2003).

Los resultados de la Tabla 13 ratifican la validez del uso del FitoMas-E, para reforzar la respuesta vegetal a otros productos y en la reducción del consumo de éstos.

**Tabla 13. Efecto de la aplicación conjunta de diferentes concentraciones de PectiMorf® y 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E sobre el número de raíces, las masas fresca y seca de las raíces y la fracción radical de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’ 60 dds [n = 30 observaciones por variante; media ± s]**

**a) Número de raíces, masas fresca y seca de las raíces y fracción radical**

<b>Concentración de PectiMorf® (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de raíces</b>	<b>Masa fresca (g)</b>	<b>Masa seca (g)</b>	<b>Fracción radical (%)</b>
10	7,4 ± 1,5	1,13 ± 0,33	0,36 ± 0,01	14,62 ± 2,96
12	11,2 ± 1,9	1,83 ± 0,31	0,52 ± 0,09	18,05 ± 2,61
14	9,6 ± 1,6	1,66 ± 0,43	0,47 ± 0,11	15,76 ± 3,16
16	8,4 ± 1,0	1,64 ± 0,57	0,46 ± 0,09	17,48 ± 2,21
18	6,8 ± 1,3	1,17 ± 0,30	0,33 ± 0,08	14,38 ± 2,31

**b) Análisis de regresión Concentración vs Variable de respuesta vegetal**

**Ecuación:**

**Número de raíces:**  $y = -0,2131x^2 + 5,78x - 28,549$   $R^2 = 0,77$

**Masa fresca:**  $y = -0,0391x^2 + 1,0893x - 5,7888$   $R^2 = 0,83$

**Masa seca:**  $y = -0,0095x^2 + 0,2612x - 1,2849$   $R^2 = 0,82$

**Fracción radical:**  $y = -0,1922x^2 + 5,2445x - 18,151$   $R^2 = 0,69$

**Concentración estimada (mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf®) para mayor respuesta:**

**Número de raíces:** 13,6

**Masa fresca:** 13,93

**Masa seca:** 13,70

**Fracción radical:** 13,60

**Respuesta vegetal estimada para concentración de mayor efecto:**

**Número de raíces:** 10,64

**Masa fresca:** 1,797 g

**Masa seca:** 0,510 g

**Fracción radical:** 17,62 %

**Respuesta vegetal estimada para concentración de 12 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf®**

**Número de raíces:** 10,12

**Masa fresca:** 1,652 g

**Masa seca:** 0,481 g

**Fracción radical:** 17,10 %

La combinación de 12 mg·L<sup>-1</sup> de PectiMorf® y 5 mL·L<sup>-1</sup> de FitoMas-E en el tratamiento inicial de los esquejes produjo los mejores resultados para todos los indicadores de enraizamiento evaluados.

Según los cálculos a partir del modelo matemático, en cualquier caso esa concentración garantiza más del 90 % de las respuestas estimadas para la aplicación de las concentraciones asociadas a la mayor respuesta vegetal.

Además, los valores que así se estimaron ~Tabla 13-b~ se ubican o superan al rango de valores homólogos obtenidos en el ensayo de referencia con AIA, cuyos resultados se presentan en la Tabla 2: fue por eso que se decidió proponerla como alternativa de manejo, para la producción de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' sin empleo de AIA en el enraizamiento de esquejes.

### **3.2 Etapa 2. Empleo de inóculos microbianos (AZOMEG y EcoMic®) para el crecimiento y desarrollo de las posturas a partir del enraizamiento de los esquejes**

Precisada la combinación de bioproductos que ofrece mejores resultados en la fase de enraizamiento, se continuó el trabajo para mejorar la alternativa tecnológica vigente, en su fase de *trasplante a lista para comercialización*.

#### **3.2.1 Experimento 6. Reducción del consumo de abono orgánico y empleo de inoculantes microbianos (AZOMEG y EcoMic®) en el crecimiento de posturas de guayaba ' Enana Roja Cubana'**

La información correspondiente aparece en la Tabla 14.

La variante D ~sin aplicación de IM~ es el testigo de producción, según MINAG (2005); nótese como su composición queda justificada al compararla con su homóloga A, según la cual, se requiere un periodo de

alrededor de tres meses, para disponer de posturas listas para la comercialización y trasplante.

**Tabla 14. Tiempo (días) en que las posturas alcanzan los valores de altura (10 cm) y cantidad de pares de hojas (3) establecidos por las normas técnicas, como respuesta a la composición del sustrato (suelo/abono orgánico) y la aplicación de inóculos microbianos (IM)**

[n = 10 observaciones por variante; media ± s]

Proporción suelo/abono orgánico	Tiempo (días)			
	Sin IM	EcoMic®	AZOMEG	EcoMic® + AZOMEG
1:0 (A)	90,0 ± 5,0	75,0 ± 4,0	75,0 ± 5,0	60,0 ± 5,0
3:1 (B)	75,0 ± 4,0	60,0 ± 5,0	60,0 ± 5,0	45,0 ± 5,0
2:1 (C)	60,0 ± 5,0	60,0 ± 4,0	60,0 ± 4,0	45,0 ± 4,0
1:1 (D)	60,0 ± 5,0	60,0 ± 5,0	60,0 ± 5,0	45,0 ± 5,0

[Leyenda.- **A:** suelo/abono orgánico proporción 1:0; **B:** suelo/abono orgánico proporción 3:1; **C:** suelo/abono orgánico proporción 2:1; **D:** suelo/abono orgánico proporción 1:1]

No obstante, la similitud de respuestas entre las variantes C y D sin empleo de IM puede indicar que en su momento, no se evaluaron todas las alternativas posibles para la racionalización del consumo de abono orgánico, uno de los puntos críticos o vulnerables de la producción de posturas de guayaba en el escenario en que se realizó la gestión de conocimientos.

La respuesta al empleo de los IM de manera independiente, solo resultó efectiva cuando el suelo representó no menos del 75 % de la mezcla empleada como sustrato; ese resultado, coincidente con los reportes de Lino *et al.* (2008) sobre el manejo de sustratos en la producción de posturas de *Carica papaya* L., también valida la opinión de Martínez y Dibut (2012) acerca del efecto de la relación suelo-microorganismo en la eficiencia de los inóculos microbianos.

La sinergia posible entre ambos IM, comentada ya por Gutiérrez *et al.* (2011), se expresa en el hecho de que la coinoculación ~Clua *et al.* (2013)~ permite reducir, para cualquier combinación usada como sustrato, el tiempo de obtención de posturas comercializables, luego del trasplante a bolsas.

Además, la cantidad de abono orgánico puede reducirse de un 50 % (D) a un 25 % (B), sin afectar al proceso productivo, en concordancia con criterios de Martínez (1994), quien planteó que los IM influyen en la optimización del uso de los recursos biológicos y en la estimulación del desarrollo de los cultivos agrícolas; semejante reducción del empleo de abonos orgánicos, a partir del uso de HMA es informada por Martín *et al.* (2014).

Ejemplos de la optimización de recursos que posibilita la coinoculación microbiana son dados por León *et al.* (2010) que al emplear AZOMEG en posturas de tabaco demostraron que este IM propició la obtención de plántulas de mayor vigor, con una reducción del 25 y el 50 % de las fertilizaciones nitrogenada y fosfórica, respectivamente; asimismo, Lino *et al.* (2005) con el empleo combinado de AZOMEG y EcoMic<sup>®</sup> también lograron adelantos en la producción de posturas de tomate e incrementos en la respuesta productiva.

Por su parte, Corbera y Nápoles (2000) reconocen que el uso combinado RPCV y HMA en la agricultura constituye una alternativa eficaz para el

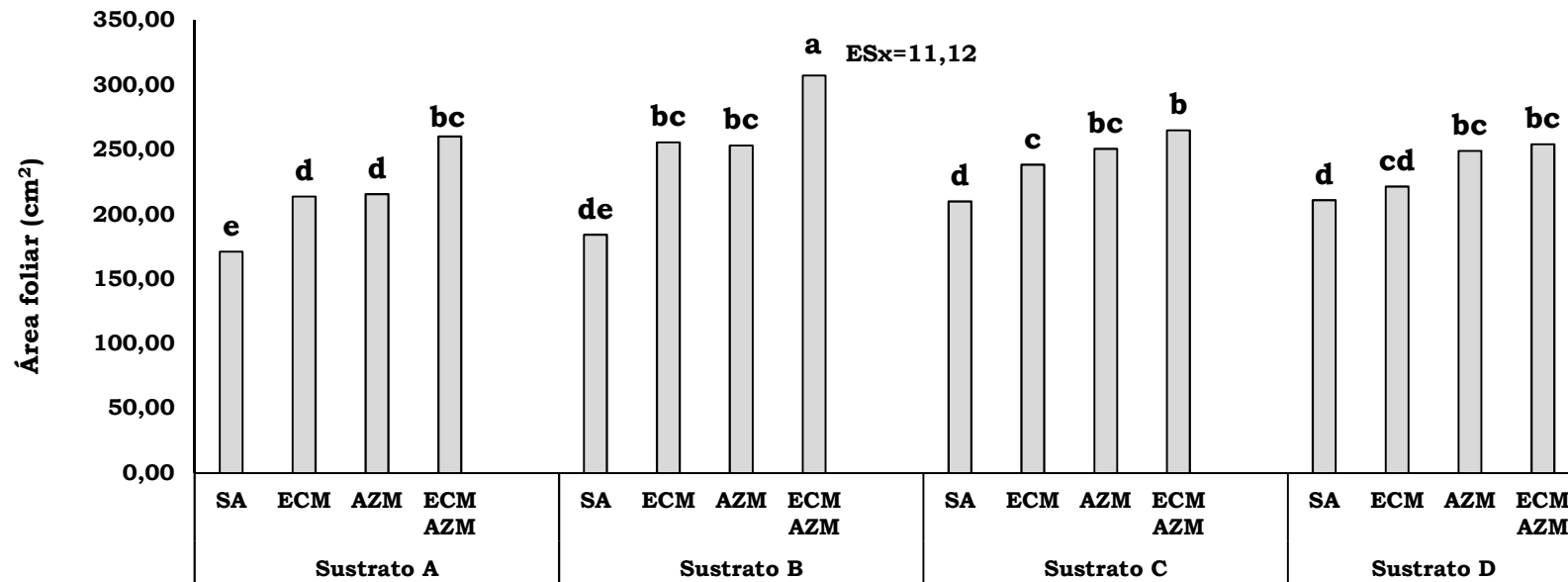
suministro de nutrientes a las plantas, la reducción del consumo de fertilizantes y el incremento productivo.

Las posturas producidas bajo el concepto de coinoculación, además de cumplir con los indicadores de calidad establecidos, se caracterizaron por presentar una mayor área foliar, respecto a las logradas con los restantes tratamientos.

La Figura 3 ilustra esa comparación.

Las posturas crecidas en estas condiciones, según lo planteado por Herrera *et al.* (1995), Pérez *et al.* (2011) y Martín *et al.* (2012) realizan un mayor aprovechamiento de los nutrimentos y del agua que redundan en la mayor formación de biomasa en el mismo período de tiempo, respecto a las que no reciben ese tratamiento.

La sinergia entre las RPCV y los HMA ha sido descrita por Barrer (2009) como la acción benéfica de las bacterias en la rizosfera, mediante el exudado de sustancias estimuladoras del crecimiento y mejoradoras de la disponibilidad de nutrientes y de carbono, entre otros.



**Figura 3. Área foliar de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' tratadas con EcoMic® y AZOMEG y crecidas en sustratos de diferente relación suelo/portador de materia orgánica, al momento de alcanzar la altura (10 cm) y la cantidad de pares de hojas (3) requeridas por las normas técnicas.**

[Leyenda.- **SA:** sin aplicación de inóculo microbiano; **ECM:** EcoMic®; **AZM:** AZOMEG; **Sustrato A:** suelo/abono orgánico proporción 1:0; **Sustrato B:** suelo/abono orgánico proporción 3:1; **Sustrato C:** suelo/abono orgánico proporción 2:1; **Sustrato D:** suelo/abono orgánico proporción 1:1]

**ESx:** Error Estándar de la media; [Medias con superíndices diferentes, difieren significativamente para  $p \leq 0,01$ ]

Por su parte, continúa el autor antes citado, las micorrizas son capaces de establecer simbiosis en las hifas, con los microorganismos de interés agrícola con que son coinoculadas, con lo que contribuyen a su mayor concentración ~y por extensión de la de sus efectos~ en la rizosfera e influyen en el crecimiento de las poblaciones microbianas y de las plantas; además pueden establecer un puente de contacto entre ambos simbioses. También Camargo *et al.* (2012) plantean que los beneficios de la coinoculación múltiple de los HMA y RPCV, se obtienen por la forma de convivencia de ambos microorganismos en la rizosfera y por los diferentes intercambios de sustancias que potencian la acción mutualista entre los microbios y el hospedero.

En condiciones de producción, se reportan aumentos en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), gracias a la coinoculación de *Rhizobium* y micorrizas (Liriano *et al.*, 2012); Pulido *et al.* (2003) demostraron que la coinoculación de RPCV-HMA mejoró el crecimiento de posturas de tomate y cebolla, respecto a la aplicación simple de cada IM.

Por otra parte, Castillo *et al.* (2013-a) encontraron que la inoculación conjunta de HMA y un solubilizador de fosfatos (*Penicillium albidum*) aumentó los rendimientos de la lechuga, respuesta ligada a una mayor efectividad de la inoculación y la colonización fúngica.

En la Tabla 15 se presenta la evaluación comparativa de los indicadores de crecimiento, entre el tratamiento que aportó los mejores resultados (B coinoculado) y el tratamiento que se emplea en la producción (D).

El adelanto que se consigue con la coinoculación, respecto al tiempo en que las posturas alcanzan las características deseadas queda explicado con la mayor eficiencia fisiológica que caracteriza al tratamiento B; véase como las posturas de este tratamiento necesitan menos área foliar para la formación de un gramo de masa seca foliar, lo que, según criterios de Hernández *et al.* (1995) y Maqueira *et al.* (2010) es prueba de mayor eficiencia fotosintética.

**Tabla 15. Indicadores de crecimiento de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana', desde trasplante a bolsas, hasta que alcanzan la altura (10 cm) y la cantidad de pares de hojas (3) fijadas por normas técnicas. [B: sustrato coinoculado con EcoMic® y AZOMEG; D: sustrato sin inocular según normas técnicas]**

<b>Sustrato</b>	<b>TAC (g.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>TRC (g.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>TAN (mg.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>AFE (dm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>)</b>
<b>B</b>	0,200	0,032	13,6	1,22
<b>D</b>	0,066	0,025	7,2	2,26
<b>F<sub>calculada</sub></b>	76,59	6,29	48,04	66,94
<b>Significación</b>	**	*	**	**

**TAC:** Tasa absoluta de crecimiento, **TRC:** Tasa relativa de crecimiento, **TAN:** Tasa de acumulación neta; **AFE:** área foliar específica; **B:** suelo/abono orgánico proporción 3:1; **D:** suelo/abono orgánico proporción 1:1

Se evidencia que más allá de la cantidad de portador de materia orgánica presente en cada sustrato y con independencia de los favorables y reconocidos efectos que este material tiene sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos ~Patil *et al.* (2013)~, en última

instancia, la respuesta vegetal dependió de la disponibilidad y absorción netas de nutrimentos, por la planta.

Esa respuesta que también está condicionada en la agricultura cubana, por el hecho de que la mayor parte del germoplasma empleado se obtuvo bajo los paradigmas productivistas de la Revolución Verde y por tanto responde eficientemente a la fertilización ha sido la base de las propuestas de manejo bio-organomineral que hacen Arozarena *et al.* (2009) y Gutiérrez *et al.* (2011), con empleo de la coinoculación, como vía para favorecer la absorción de nutrimentos por las especies cultivadas, luego de evaluar variables como la TAC, la TRC y la TAN, como indicadores de respuesta.

La Tabla 16 corrobora lo planteado, con información del análisis químico foliar.

La marcada diferencia a favor del tratamiento con los IM ratifica el efecto que se les reconoce por parte de Dibut (2006); Lino *et al.* (2005); Shirinzadeh *et al.* (2013) y Soleimanzadeh y Gooshchi (2013), entre otros.

**Tabla 16. Concentración foliar de N, P y K de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana', con altura (10 cm) y cantidad de pares de hojas (3) según normas técnicas. [B: sustrato coinoculado con EcoMic® y AZOMEG; D: sustrato sin inocular según normas técnicas; valor promedio  $\pm$  s]**

Sustrato	Concentración foliar (%)		
	N	P	K
B	1,62 $\pm$ 0,08	0,123 $\pm$ 0,002	0,590 $\pm$ 0,036
D	0,90 $\pm$ 0,08	0,055 $\pm$ 0,005	0,387 $\pm$ 0,028

Al respecto, Domínguez *et al.* (2002) demostraron que la aplicación de diferentes abonos orgánicos incrementa significativamente el efecto de A.

*chroococcum* en el crecimiento y desarrollo de esquejes de *Morus alba* L.; mientras Bustamante *et al.* (2000) obtuvieron respuestas similares en la obtención de posturas de cafeto, en un sustrato compuesto por suelo y estiércol vacuno inoculado con *Azotobacter*; además se comprobó que la aplicación de *R. intraradices* resultó efectiva para sustrato con suelo y 25 % de abono orgánico.

Este resultado explica que la actividad de las micorrizas se traduzca en los incrementos del crecimiento y la asimilación de nutrientes, antes descritos.

El efecto de la aplicación de los inóculos microbianos sobre los contenidos de sus respectivos componentes en el sustrato, se presenta en la Tabla 17.

**Tabla 17. Análisis microbiológico del sustrato: variables de funcionamiento fúngico y poblaciones de rizobacterias [B: sustrato coinoculado con EcoMic® y AZOMEG; D: sustrato sin inocular según normas]**

Sustrato	Variables de funcionamiento fúngico		Poblaciones de microorganismos (UFC·g <sup>-1</sup> de sustrato)	
	% de colonización	Densidad Visual (%)	Nitro fijadores	Fosfatolubilizadores
<b>B</b>	51,20	3,16	3,0 x 10 <sup>6</sup>	2,5 x 10 <sup>5</sup>
<b>D</b>	36,66	2,34	2,4 x 10 <sup>3</sup>	4,2 x 10 <sup>3</sup>
<b>F calculada</b>	<b>8,43</b>	<b>1,30</b>	-	-
<b>Significación</b>	*	*	-	-

Como se puede observar hay un incremento para todas las variables evaluadas, asociable al empleo de los IM; si se considera que este análisis se hizo al final del proceso de producción de posturas ~listas para trasplante y comercialización~ a partir de la dinámica de crecimiento de cada especie microbiana, se puede afirmar que se logró con cada una de

las aplicaciones, una presencia notable de los HMA y las RPCV en los sustratos.

Este resultado en alguna medida es una validación de la forma escogida para el manejo o tratamiento microbiológico de los sustratos, en la alternativa diseñada.

Por otra parte, también debe tenerse en cuenta que tanto el abono orgánico, como el suelo y la actividad biológica en la rizosfera aportan carbono, portadores energéticos y metabolitos que son rápidamente utilizados como fuente para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos; así lo reconocen Rivera y Fernández (2003) y Patil *et al.* (2013).

Igualmente resulta notable el incremento de las poblaciones de las RPCV coinoculadas con los HMA, lo cual justifica el efecto sinérgico que existe entre estos microorganismos, también reconocido por Terry *et al.* (2012).

Abbott y Robson (1991) y Nardini *et al.* (2011) reconocen que entre los factores que influyen en la efectividad de los HMA en el suelo, la sinergia con otros microorganismos juega un papel importante, ya que la interacción entre ambos simbioses beneficia a éstos y a la planta hospedera. Así, Spagnoletti *et al.* (2013) reconocen como resultado de la aplicación conjunta, la ocurrencia de una simbiosis tripartita ~HMA-RPCV-PLANTA~, que favorece a todas las partes.

En resumen, la alternativa más efectiva según los indicadores evaluados resulta ser la que une la proporción del sustrato B, con inoculación con EcoMic® y AZOMEG.

### **3.3 Etapa 3. Validación en condiciones locales de producción**

#### **3.3.1 Comparación de alternativas de producción de posturas de guayaba ' Enana Roja Cubana'**

El trabajo experimental desarrollado permitió obtener una alternativa tecnológica que contribuye a la eficiencia de la producción de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana', ya que contempla la sustitución del AIA, la reducción del consumo de abono orgánico en la preparación de sustratos y la reducción del tiempo requerido para la obtención de posturas de adecuada calidad de uso agrícola.

Sin embargo, resulta imprescindible comparar la tecnología en uso y la derivada del trabajo experimental, para validar las posibles ventajas de su implementación.

Como se puede observar seguidamente en las Tablas 18, se ratificó a nivel productivo, la respuesta alcanzada con la aplicación combinada de PectiMorf® y FitoMas-E.

Existen diferencias estadísticas significativas, a favor de la alternativa resultante del trabajo de tesis, salvo en la variable fracción radical; se asume como explicación de ese resultado, la manifestación de un atributo de la variedad, en condiciones de manejo adecuadas para la expresión de su potencial y características morfológicas.

**Tabla 18. Indicadores de enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, según diferentes alternativas de obtención. A) Con AIA (5 mg·L<sup>-1</sup>; testigo de producción) y B) Con PectiMorf® (12 mg·L<sup>-1</sup>) y FitoMas-E (5 mL·L<sup>-1</sup>) combinados**

Variante	Número de raíces	Masa fresca (g)	Masa seca (g)	Fracción radical (%)
<b>A</b>	6,76	1,20	0,375	12,48
<b>B</b>	9,21	1,63	0,550	12,88
<b>F<sub>calculada</sub></b>	<b>0,053</b>	<b>0,089</b>	<b>0,059</b>	<b>0,08</b>
<b>Significación</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>

Otro aspecto de importancia dentro de la tecnología de propagación por enraizamiento de esquejes, es el tiempo en que transcurre dicha fase.

Si los procesos de formación del callo, de iniciación radical y de ramificación de las raíces, se inician más rápidamente, se ahorran recursos como agua y espacio en las instalaciones y, lo que resulta más importante, se gana tiempo para el montaje del siguiente ciclo productivo, lo cual es de singular importancia para una cadena de producción que todavía no satisface totalmente las demandas que enfrenta.

En la Tabla 19, se presenta información relacionada con el transcurso del proceso de enraizamiento.

**Tabla 19. Transcurso del proceso de enraizamiento de esquejes de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, según diferentes alternativas de obtención. A) Con AIA (5 mg·L<sup>-1</sup>; testigo de producción) y B) Con PectiMorf® (12 mg·L<sup>-1</sup>) y FitoMas-E (5 mL·L<sup>-1</sup>) combinados**

Variante	Tiempo a inicio de cada fase (días)		
	Formación del callo	Iniciación radical	Ramificación de raíces
<b>A</b>	30,0 ± 2,0	38,0 ± 2,0	45,0 ± 3,0
<b>B</b>	26,0 ± 2,0	33,0 ± 3,0	40,0 ± 3,0

Los eventos evaluados responden a los principales procesos que tienen importancia en el enraizamiento de esquejes de guayaba. El callo básicamente es la formación de una capa de células parenquimatosas en la base del esqueje (Gutiérrez, 1995), que a decir de Bonfil *et al.* (2007) tiene gran importancia en la evaluación de la efectividad de productos enraizadores, criterios con los que concuerdan Qin *et al.* (2012).

Desde el punto de vista productivo, cuando se observa la formación del callo en los esquejes, se terminan de alistar los preparativos necesarios para el trasplante a bolsa: fuerza de trabajo, acondicionamiento del área y estimación de los días necesarios para llevar a cabo la labor.

El adelanto logrado con la combinación de productos ~variante B~ es congruente con los resultados ya discutidos de la fase experimental de la Etapa 1 y valida la utilidad del FitoMas-E, también como producto utilizable en tecnologías de producción de posturas por propagación asexual.

De manera que, la formación del callo es una etapa de mucha importancia tanto desde el punto de vista productivo, como desde un enfoque fisiológico, porque es el indicador de la curación del esqueje y el signo antecedente a la iniciación radical.

Además es la evidencia visible con que cuenta el productor, para valorar la efectividad de los productos aplicados con el fin de lograr enraizamiento, al decir de Oliva y López (2005).

Las fases de iniciación y ramificación radical están reconocidas anatómicamente, por el desarrollo de primordios radicales entre los tejidos del callo en los esquejes y la emisión de raíces laterales en estos primordios ya desarrollados (Sandoval, 2005). Ambas etapas tienen marcada influencia en la propagación por estacas, según reconocen Rivero *et al.* (2005) y Doll *et al.*, (2013).

Desde el punto de vista productivo marcan el tiempo inicial y final para la realización del trasplante a bolsa (ver Anexos 3 y 4).

En todos estos procesos, juega un papel fundamental la solución enraizadora; Latsague *et al.* (2008) reconocen que la aplicación de sustancias con efecto hormonal es necesaria para lograr eficiencia en el proceso de enraizamiento, lo que se garantiza con el uso combinado de PectiMorf® y FitoMas-E.

La nueva propuesta de trabajo, también se llevó a la fase de trasplante a bolsa, como parte de la comparación con la alternativa en uso.

Los resultados obtenidos ~aparecen en la Tabla 20~ permitieron ratificar que existe un efecto positivo del empleo de los IM, sobre la calidad y crecimiento de las posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana', que se da en la reducción de la cantidad de abono orgánico empleada en la preparación del sustrato y en el acortamiento del tiempo de obtención de las posturas.

**Tabla 20. Indicadores de crecimiento y tiempo para trasplante de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, según diferentes alternativas de preparación del sustrato. A) Suelo/abono orgánico en proporción 1:1 y B) Suelo/abono orgánico en proporción 3:1 + IM (AZOMEG y EcoMic®)**

<b>Variante</b>	<b>Días para trasplante</b>	<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>TAC (g.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>TRC (g.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>TAN (mg.cm<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>)</b>	<b>AFE (dm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>)</b>
<b>A</b>	76,0 ± 4,0	202,74	0,055	0,0205	6,04	2,18
<b>B</b>	60,0 ± 5,0	275,21	0,093	0,0235	7,96	1,50
<b>F<sub>calculada</sub></b>	<b>No se evaluó</b>	<b>210,68</b>	<b>64,59</b>	<b>37,96</b>	<b>415,17</b>	<b>74,79</b>
<b>Significación</b>	-	**	**	**	**	**

\*\* : estadísticamente diferente para  $p \leq 0,01$

Este resultado, obtenido en condiciones de producción, se asemeja a lo reportado por Borrero *et al.* (2012) quienes obtuvieron incrementos significativos en la altura, superficie foliar y rendimiento del cultivo de la yuca beneficiada con IM, resultados que concuerdan con los de Ballesteros *et al.* (2004), obtenidos para cacao (*Theobroma cacao* L.) y Mahgoub *et al.* (2011), trabajando con sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.).

También Mostafa *et al.* (2013) demostraron que la aplicación combinada de varios IM preparados a partir de microorganismos solubilizadores de fosfato y fijadores de nitrógeno, actúa positivamente en la reducción del consumo de fertilizantes y en el crecimiento de plantas de cebada (*Hordeum vulgare* L.).

Por su parte, Elhasan y Elsheikh (2009) incrementaron la nodulación, el peso seco y el rendimiento de habas (*Vicia faba* L.), con la aplicación combinada de bacterias diazotróficas y fosfatosolubilizadoras, además de reducir el consumo de portadores químicos y aumentar los contenidos foliares de N y P. La diversidad de especies cultivadas en la que se reconoce el positivo efecto de los IM, se puede interpretar como una fortaleza de este tipo de práctica de manejo fitotécnico, de carácter agroecológico.

En la Tabla 21 se presentan los resultados del análisis químico foliar de las posturas obtenidas, a partir de cada calidad de sustrato. La presencia de *A. chroococcum* y *B. megatherium* en los IM aplicados, se asocia a los valores más elevados para las concentraciones de N y P, en igual orden.

**Tabla 21. Concentración foliar de NPK de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, obtenidas según diferentes alternativas de preparación del sustrato. A) Suelo/abono orgánico en proporción 1:1 y B) Suelo/abono orgánico en proporción 3:1 + IM (AZOMEG y EcoMic®)**

Variante	Concentración foliar (%)		
	N	P	K
A	0,93 ± 0,021	0,053 ± 0,0032	0,421 ± 0,012
B	1,25 ± 0,023	0,162 ± 0,0043	0,543 ± 0,011

Autores como Ravinder (2013) refieren respuestas similares a la aplicación combinada de IM, en términos de crecimiento y rendimiento para el cultivo del algodón, junto a la reducción del 50 % del consumo de fertilizantes.

Por su parte, Soria *et al.* (1998) en plántulas de tabaco, demostraron que la aplicación de IM tiene acción estimuladora del crecimiento, estadísticamente superior al tratamiento sin inoculación, causando reducciones importantes en el tiempo de obtención de las posturas y aumentos en el contenido de nutrimentos.

También Camelo *et al.* (2011) resaltan la importancia de los IM como uno de los nuevos paradigmas de la agricultura, con el fin de aprovechar mejor los recursos naturales y de contribuir al mejoramiento de los ecosistemas y a la calidad e inocuidad de los alimentos.

Esos beneficios en la planta, derivados de su interacción con los microorganismos, se alcanzan por varios mecanismos entre los que figura la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento ~producto del metabolismo secundario de las bacterias~, capaces de promover

respuestas fisiológicas específicas en las células vegetales (Ahmad *et al.*, 2006).

Respecto al suelo, la intervención directa de los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos, hace disponibles para el consumo vegetal, a compuestos orgánicos e inorgánicos (Ahn *et al.*, 2007) mientras que la simbiosis con la planta provee mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes (Ohtomo y Saito, 2005; Rivera *et al.*, 2007).

El análisis microbiológico que se presenta en la Tabla 22, no muestra una tendencia diferente a la obtenida en la fase experimental, con las mismas variables de respuesta.

**Tabla 22. Análisis microbiológico del sustrato: variables de funcionamiento fúngico y poblaciones de rizobacterias [A) Suelo/abono orgánico en proporción 1:1 y B) Suelo/abono orgánico en proporción 3:1 + IM (AZOMEG y EcoMic®)] en ensayo de validación de alternativa propuesta para producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’**

Sustrato	Variables de funcionamiento fúngico		Poblaciones de microorganismos (UFC·g <sup>-1</sup> de sustrato)	
	% de colonización	Densidad Visual (%)	Nitro fijadores	Fosfolubilizadores
<b>A</b>	32,71	1,27	2,7 x 10 <sup>3</sup>	3,1 x 10 <sup>3</sup>
<b>B</b>	46,24	2,85	4,6 x 10 <sup>6</sup>	1,3 x 10 <sup>5</sup>
<b>F<sub>calculada</sub></b>	<b>21,48</b>	<b>5,4</b>	-	-
<b>Significación</b>	*	*	-	-

\*: estadísticamente diferente para  $p \leq 0,05$

Se observa que los ya comentados beneficios derivados del empleo de los IM, se logran en mayor cuantía, cuando las poblaciones de microorganismos son suficientes en el medio; los valores de la Tabla 22 se corresponden con notables grados de infestación por HMA y de

colonización por RPCV, lo que constituye también una ventaja para la postura que va a ser trasplantada a su escenario definitivo, ya que lo hará en condiciones de interactuar con mayor eficiencia con las características ~pool de nutrientes, contenido de materia orgánica, etc.~ del nuevo agroecosistema.

Visto así, la coinoculación de IM, le aportaría valor agregado a las posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' obtenidas por esta vía.

Al respecto Dash y Gupta (2011) y Reyes (2011) plantean que la utilización de IM constituidos por microorganismos fosfatosolubilizadores y diazotróficos, contribuye a la agricultura sustentable, favorece el desarrollo de tecnologías de cultivo amigables con el medio ambiente y disminuye la dependencia de portadores químicos.

Por su parte Hernández *et al.* (2010-b) obtuvieron que la aplicación de EcoMic® y AZOMEG en plantaciones de papa fueron efectivas para lograr reducciones de entre el 25 y el 50 % de la fertilización mineral, sin provocar diferencias estadísticas con la respuesta vegetal al 100 % de la dosis de fertilizante empleada en el cultivo.

Finalmente es oportuno señalar que la alternativa de producción de posturas ha sido aceptada por productores de la región y que aumenta la demanda de los recursos requeridos para su implementación, ante las instancias del MINAG en la provincia.

**Análisis económico**

En la Tabla 23 se muestran los gastos estimados de la tecnología actualmente en uso y para la alternativa propuesta, obtenida del trabajo experimental, para la producción de 10 000 posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana'.

**Tabla 23. Costo de la producción (CUP) de posturas por cada variante tecnológica [2 obreros/10 000 posturas por variante]**

Elemento de gastos	Manejo tecnológico	
	Testigo territorial [5 meses]	Alternativa propuesta [4.35 meses]
Salario total (CUP)**	5000,00	4200,00
Corte de esquejes	1000,00	1000,00
Siembra de esquejes en lecho de enraizamiento	1000,00	1000,00
Llenado de bolsas	1000,00	1000,00
Trasplante a bolsa	1000,00	1000,00
Consumo de agua	1530,00	1305,00
Bolsas	1000,00	1000,00
Abono orgánico	103,00	51,50
AIA (Solución madre)	250,00	No
PectiMorf®	no	12,44
FitoMas-E	no	1,97
AZOMEG	no	30,00
EcoMic®	no	29,00
<b>Total</b>	<b>11883,00</b>	<b>10629,91</b>

**\*\*:** cantidad total para el periodo de trabajo; incluye el pago por todas las aplicaciones y atenciones al vivero.

Como se observa, esta última resulta menos costosa, debido a que existe un ahorro importante por conceptos de salario y consumo de agua,

estrechamente ligados al tiempo de obtención de las posturas en cada variante de manejo.

En este sentido, hay que destacar que la nueva propuesta tecnológica permite la obtención de las posturas con un ahorro de 20 días a lo largo del ciclo productivo, lo que la hace más competitiva en términos de presencia en el mercado del resultado de la producción.

Otro elemento de la tecnología en que se logra ahorro es la aplicación de la solución enraizadora; en el esquema de producción territorial, la aplicación de AIA encarece más a la tecnología, que la de la mezcla de PectiMorf® y FitoMas-E, aunque el insumo de importación se expenda a precio subsidiado. Ambas ventajas resultan de la mayor importancia, al evaluar cadenas de producción, como componentes o elementos incluidos en el diseño de estrategias para la gestión de la seguridad alimentaria, al decir de Escalona (2014).

De manera que la nueva propuesta de trabajo, además de propiciar mejores respuestas en el enraizamiento y ganancia de tiempo, también resulta menos costosa.

El valor total que aparece para la alternativa propuesta, ya incluye al costo por concepto de aplicación de los inóculos microbianos, muy inferior respecto al valor del AIA, que aún bajo condiciones de subsidio constituye el mayor gasto por concepto de insumos, en la tecnología territorial.

En cuanto al gasto en moneda convertible, baste saber que el AIA se comercializa a razón de 166,12 euros por frasco de 25 g, sin incluir los inevitables costos de la importación, mientras que similar componente en CUC para los bioproductos es de 0,73 CUC·L<sup>-1</sup>; 0,19 CUC·kg<sup>-1</sup> y 0,18 CUC·L<sup>-1</sup>, para FitoMas-E, EcoMic® y AZOMEG, en similar orden.

No está de más comentar que el uso de productos importados en cualquier cadena agroalimentaria de producción, también compromete su sustentabilidad por razones no solamente relacionadas con el capital a invertir en la importación; garantizar estabilidad en la disponibilidad de los insumos necesarios es un reto adicional, al de su correcto manejo y uso; Jiménez (2014) señala, en ese sentido, que la garantía de continuidad de los procesos productivos es una de las condicionantes más importantes, para la aceptación por los productores, de nuevos empeños.

Notable importancia cobra semejante experiencia, en las condiciones de incorporación de nuevos productores, que a tono con el reordenamiento social y económico del país, se observa en la agricultura cubana actual.

La Tabla 24 complementa la información económica, al incluir la supervivencia (%) alcanzada con cada alternativa, en los tres ciclos productivos que abarcó la comparación. Como se puede apreciar existe beneficio económico en el costo de producción de una postura, en las ganancias y en la relación beneficio/costo (B/C).

Es importante destacar que los resultados de la relación B/C para ambas alternativas de manejo son superiores a 3, lo cual permite obtener ganancias muy notables, de acuerdo a lo establecido por FAO (1980).

**Tabla 24. Análisis económico de la producción de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' según la alternativa de producción local y la alternativa resultante del trabajo experimental [10 000 unidades]**

<b>Manejo tecnológico</b>	<b>Supervivencia (%)</b>	<b>Costo de una postura (CUP)</b>	<b>Ganancias (CUP)</b>	<b>B/C (CUP)</b>
Testigo Territorial	85	1,40	73117,00	6,15
Alternativa	86	1,24	75374,09	7,09
<b>Beneficio</b>	-	<b>0,16</b>	<b>2257,09</b>	<b>0,94</b>

La producción según la variante testigo es económicamente factible si bien se puede mejorar, con la aplicación de los insumos de origen nacional que forman parte de la nueva propuesta alternativa de trabajo.

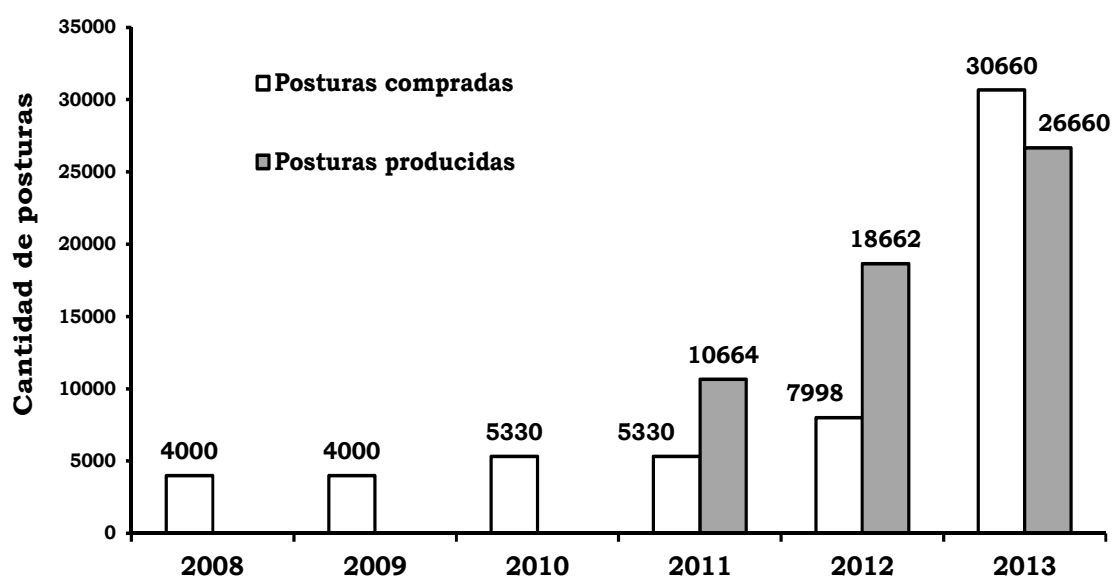
### **3.3.2. Introducción a la práctica productiva**

Otro aspecto de importancia derivado de la validación de los resultados, es la incidencia del trabajo realizado durante la investigación, en la situación de la producción de posturas, en la provincia Guantánamo (Figura 4).

La importación de posturas, desde las provincias de Holguín, Granma y Santiago de Cuba, sustentó la producción guantanamera de guayaba, hasta 2011, en que se comenzó la producción local de ese insumo, según las modificaciones validadas por la investigación.

La tendencia al crecimiento de esta producción refleja las posibilidades que tiene la alternativa propuesta, de ser incluida en la estrategia de producción de guayaba de la provincia, también por el ahorro por concepto de transportación que hace posible.

Vale decir, como muestra de la apropiación por los productores, de los nuevos métodos para el enraizamiento de esquejes y la preparación de sustratos, que el autor ha observado eventos de innovación tecnológica, en la prueba de otras soluciones enraizadoras preparadas con empleo de materias primas tan diversas como la sábila, el almácigo y el agua de coco. Este es un indicador ~según Vázquez *et al.* (2007) y Bertrán (2011), citados por Jiménez (2014)~ de uso común en el estudio y evaluación de procesos de aprendizaje y transferencia de tecnologías, por productores que refleja aceptación y motivación para dar continuidad a la actividad productiva, de que se trate.

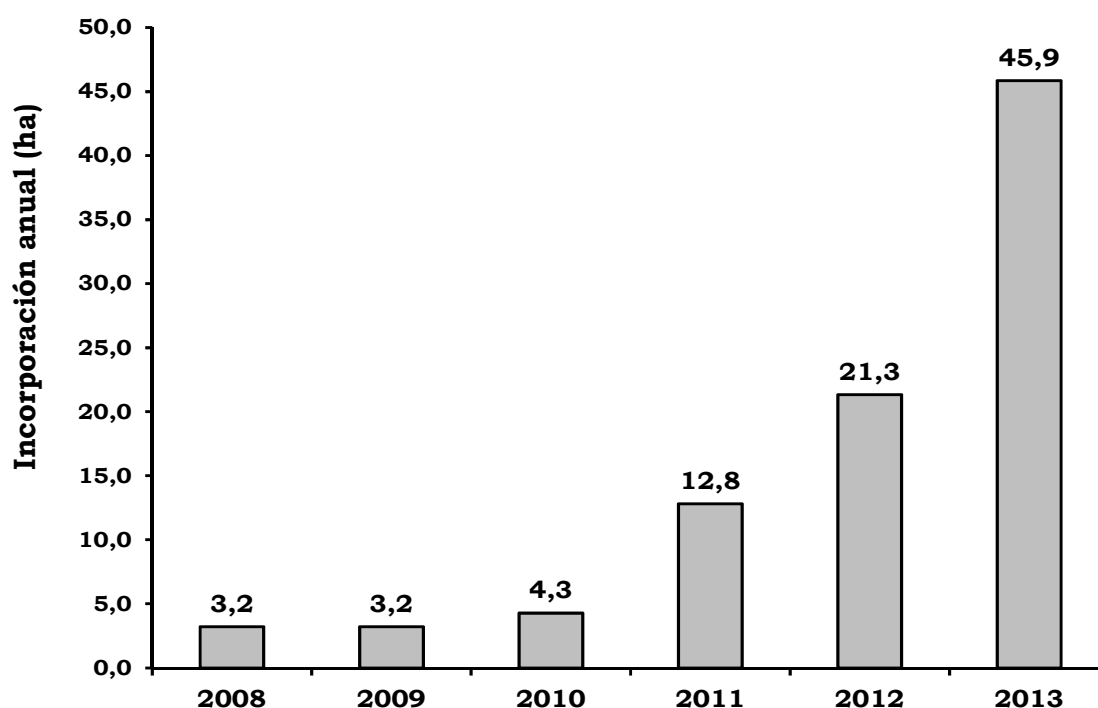


**Figura 4. Cantidades de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' compradas en otras provincias del país y producidas en el territorio [período 2008-2013]**

El doble incremento que se observó en el año 2013 responde a la recuperación de la producción de guayaba, tras las severas afectaciones motivadas por el huracán Sandy, durante 2012; que la producción local de

posturas haya sido tan elevada es demostración de lo antes comentado, sobre la adopción por los productores de la tecnología propuesta.

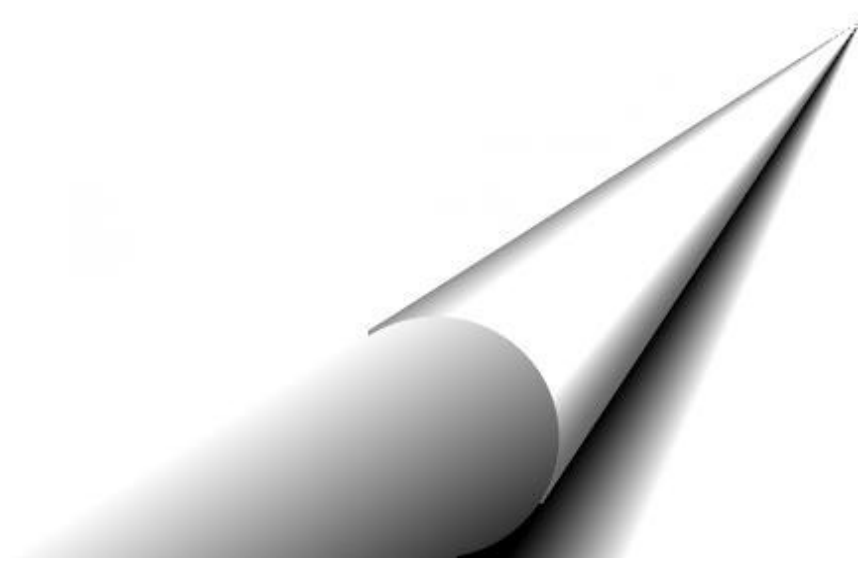
Lógicamente, al incremento en la producción de posturas, se asoció igual tendencia para la superficie incorporada anualmente a la producción de guayaba, en el territorio (Figura 5).



**Figura 5. Superficie (ha) incorporada anualmente a la producción de guayaba 'Enana Roja Cubana' en la provincia de Guantánamo a partir de la postura disponible [período 2008-2013]**

Este comportamiento, también asociado a la producción local de posturas es otra evidencia de la validez de los resultados obtenidos, a través de la investigación.

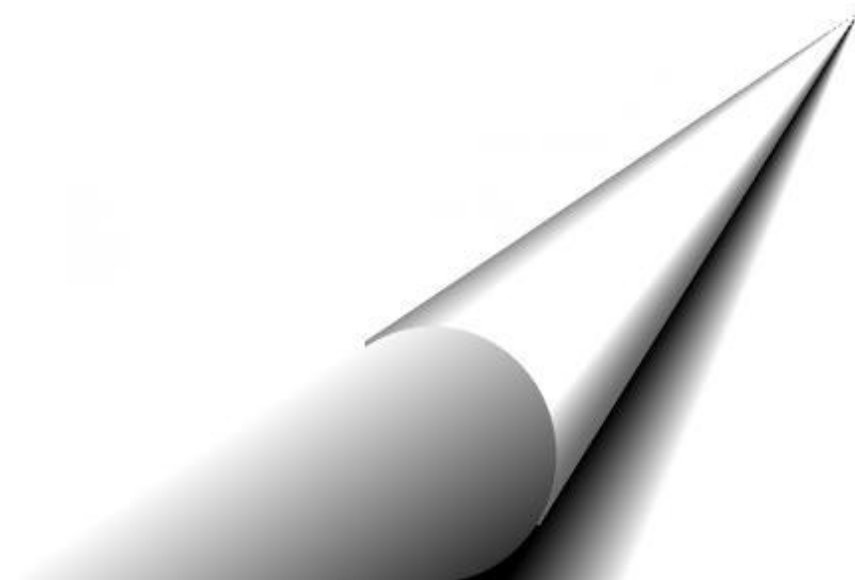
# *Conclusiones*



#### **IV. CONCLUSIONES**

- ✓ En la propagación asexual por esquejes de la guayaba 'Enana Roja Cubana', con aplicaciones conjuntas de PectiMorf® y FitoMas-E, se puede sustituir el empleo del ácido indol acético como hormona enraizadora.
- ✓ El PectiMorf®, en aplicaciones independientes, no iguala ni supera a la respuesta del ácido indol acético, como enraizador de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana'
- ✓ Se demostró que el FitoMas-E puede inducir el enraizamiento de esquejes de guayaba 'Enana Roja Cubana' y que en mezclas con ácido indol acético posibilita la reducción del consumo de esa hormona enraizadora, sin afectar la repuesta vegetal.
- ✓ La aplicación conjunta de EcoMic® y AZOMEG en la etapa de trasplante a bolsa permite reducir el consumo de abono orgánico empleado en la preparación del sustrato, a la vez que estimula el crecimiento y la calidad de uso agrícola de las posturas y acorta el tiempo de obtención de ese insumo de producción.
- ✓ La alternativa diseñada para la producción de posturas de guayaba 'Enana Roja Cubana' goza de aceptación en el escenario productivo de su obtención; es económicamente viable y su socialización ha contribuido al incremento de la producción de posturas, en dicho territorio.

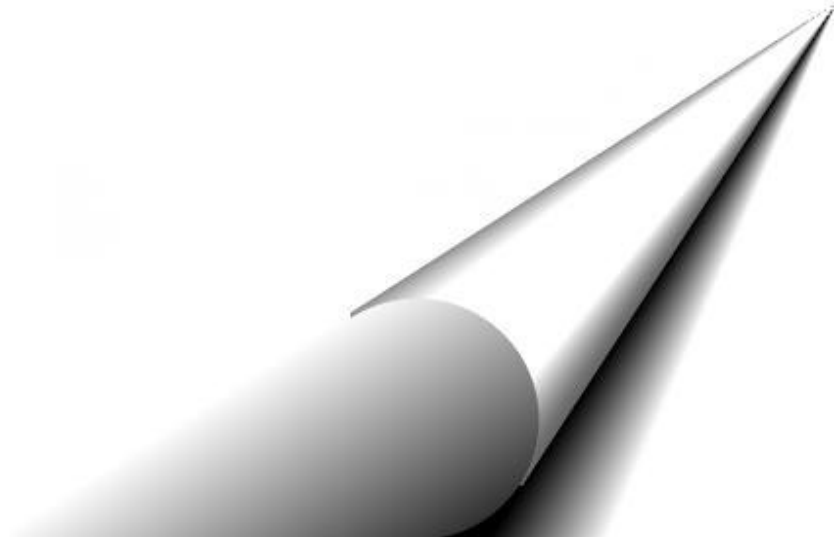
# *Recomendaciones*



**V. RECOMENDACIONES**

- ✓ Emplear para la producción de posturas de guayaba ‘Enana Roja Cubana’, la combinación de PectiMorf® (12 mg·L<sup>-1</sup>) y FitoMas-E (5 mL·L<sup>-1</sup>) como solución de trabajo, para el enraizamiento de esquejes.
- ✓ Cambiar la proporción suelo/abono orgánico actualmente en uso para la preparación de sustratos [1/1] por la proporción 3/1 e incluir la coinoculación con EcoMic® y AZOMEG en esa fase de crecimiento, como alternativa para reducir el consumo de portadores de materia orgánica y obtener una postura de adecuada calidad de uso agrícola en menor tiempo.
- ✓ Estudiar y describir los mecanismos de acción del PectiMorf® y del FitoMas-E, de manera independiente, combinados entre sí y con AIA.
- ✓ Utilizar los resultados de esta investigación como insumo de trabajo en docencia de pre y postgrado.

# *Referencias Bibliográficas*



**VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Abbas, M.; Kashif, M.; Afzal, J.; Ahmad, S.; Riaz, S.; Iqbal, J. 2013. Production of true-to-type guava nursery plants via application of IBA on soft wood cuttings. **J. Agric. Res.** 51(3): 289-296.
2. Abbott, K.; Robson, D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular-mycorrhizas. **Agric. Ecosystems Environ.** 35: 121-150.
3. Abdelraouf, R.; El-Habbasha, F.; Hozayn, M.; Hoballah, E. 2013. Water stress mitigation on growth, yield and quality traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) using biofertilizer inoculation. **Journal of Applied Sciences Research** 9(3): 2135-2145.
4. Ahmad, F.; Ahmad, I.; Khan, S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiol. Res.** 36: 1-9.
5. Ahn, P.; Lee, W.; Sun, C. 2007. Rhizobacteria-Induced priming in *Arabidopsis* is dependent on ethylene Jasmonic Acid and NPR1. **Mol. Plant microbe. Interact.** 20(7): 759-768.
6. Alarcón, A.; Barreiro, P.; Alarcón, A.; Díaz, Y. 2012. Efecto del Biobras-16 y el FitoMas-E en algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* Lin) variedad "Vyta". **Revista Granma Ciencia** 16(1): 1. ISSN 1027-975X.
7. Ali, N.; Mulwa, R.; Norton, A.; Skirvin, R. 2003. Micropropagation of guava (*Psidium guajava* L). **J. Hort. Sci. & biotech.** 78: 739-741.
8. Alí, Z.; Lazan, H. 1997. Guava. En: Cab International. Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical Fruits. New York. p 145-146.
9. Almeida, D.; Xavier A.; Días, M. 2007. Vegetative propagation of selected *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. trees through cutting technique. **Revista Árvore** 31(3): 445-453.

10. Álvarez, I.; Reynaldo, I. M.; Brito, M. 2012. Efecto del PectiMorf® en la morfología y distribución de los estomas en plantas de frijol. En: XVIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. (18: 2008 nov 6-9; INCA Mayabeque). *Memorias* CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 2008. ISBN 978-959-7023-62-3.
11. Álvarez, I.; Reynaldo, I.; Cartaya, O.; Terán V Z. 2011. Efectos de una mezcla de oligogalacturonidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. ***Cultivos Tropicales*** 32 (3): 69-74.
12. Álvarez, S. 1964. Multiplicación de árboles frutales: explotación de viveros. Editorial AEDOS. Barcelona España. p 49-73.
13. Antoun, H. 2012. Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. ***Procedia Engineering*** 46: 62 – 67.
14. Arozarena, N.; Lino, A.; Pérez, R.; Gil, J.; Ramos, H.; Fernández, J.; Creagh, B.; Croche, G.; Sonia, E.; Socas, U.; Mesa, E.; Sánchez, D.; Díaz, M. 2009. Cultivo de especies hortícolas en organoponía semiprotegida: densidad de siembra y manejo nutrimental. ***Agrotecnia de Cuba*** 33(1): 95-101.
15. Ayala, P.; Tornés, N.; Reynaldo, I. M. 2013. Efecto de biofertilizantes y PectiMorf® en la producción de soya (*Glycine max* L.) en condiciones de secano. ***Revista Granma Ciencia*** 17(2): 1-10.
16. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editorial Universidad de Barcelona. España. p 305-324.
17. Bákonyi, N.; Bott, S.; Gajdos, É.; Szabó, A.; Jakab, A. Tóth, B.; Makleit, P.; Veres, Sz. 2013. Using Biofertilizer to Improve Seed Germination and Early Development of Maize. ***Pol. J. Environ. Stud.*** 22(6): 1595-1599.
18. Balaguera, H.; Morales, I.; Almanza-Merchán, J.; Balaguera, A. 2010. El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de Pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). ***Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*** 4(1): 34-42.

19. Ballesteros, W.; Unigarro, A.; Rosero, C.; Solarte, F. 2004. Determinación de hongos formadores de micorrizas (HMA) en *Theobroma cacao* L Musa sp. Simmonds *Borojoa patinoi*. Cuatr y *Bactris gasipaes* HBK en el municipio de Tumaco Nariño. **Revista de Ciencias Agrícolas** 21(2): 1-9.
20. Barnett, N.; Naylor, A. 1966. Amino acid and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. **Plant Physiol.** 41: 1222.
21. Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. **Facultad de Ciencias Agropecuarias** 17(1): 123-132.
22. Bartel, B. 1997. Auxin biosynthesis. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 48: 51-66.
23. Bellincampi, D.; Cardarelli, M.; Zaghi, D.; Serino, G.; Salvi, G.; Gatz, C.; Cervone, F.; Altamura, M.; Costantino, P.; De Lorenzo, G. 1996. Oligogalacturonides prevent rhizogenesis in rolB transformed tobacco explants by inhibiting auxin-induced expression of the rolB gene. **Plant Cell** 8: 477-487.
24. Bellincampi, D.; Dipierro, N.; Salvi, G.; Cervone, F.; De Lorenzo, G. 2000. Extracellular H Induced by Oligogalacturonides Is Not Involved in the Inhibition of the Auxin-Regulated rolB Gene Expression in Tobacco Leaf Explants. **Plant Physiology.** 122: 1379-1385. [www.plantphysiol.org](http://www.plantphysiol.org) © 2000 American Society of Plant Physiologists.
25. Bellincampi, D.; Salvi, G.; De Lorenzo, G.; Cervone, F.; Marfa`, V.; Eberhard, S.; Darvill, A.; Albersheim, P. 1993. Oligogalacturonides inhibit the formation of roots on tobacco explants. **Plant. J.** 4: 207 - 213.
26. Benítez, B.; Núñez, M.; Yong A. 2008. Crecimiento de plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos. **Cultivos tropicales** 29(3): 81-85.
27. Benítez, B.; Núñez, M.; Yong, A. 2006. Efecto de aspersiones foliares con una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento de plantas de

- palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel). **Cultivos Tropicales** 27(4): 61-64.
28. Bogantes, A.; Mora, E. 2010. Evaluación de cuatro patrones para injertos de guayaba (*Psidium guajava* L.). **Agronomía Mesoamericana** 21(1): 103-111.
29. Bonfil, C.; Mendoza, P.; Ulloa, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Burser*. **Agrociencia** 41: 103-109.
30. Bonga, J. 1973. Vegetative Propagation: Tissue and organ culture as an alternative to rooting cutting. **NL Jour. Foc. Sci.** 4(2): 153-260.
31. Borrero, Y.; Rojas, O.; Rodríguez, A.; Morales, E. 2012. Evaluación de los hongos Micorrizógenos Arbusculares y el FitoMas-E en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la yuca. **Hombre Ciencia y Tecnología** 69(1): 50-57.
32. Branca, C.; De Lorenzo, G.; Cervone, F. 1988. Competitive inhibition of the auxin-induced elongation by  $\alpha$ -D-oligogalacturonides in pea stem segments. **Physiol. Plant** 72: 499-504.
33. Brondani, G.; Wendling, I.; Brondani, A.; Araujo, A.; Silva, L.; Gonçalves, N. 2012. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum Agronomy** 34(2): 169-178.
34. Bustamante, C.; Pérez, A.; Rodríguez, M. 2000. Efecto de los biofertilizantes en el logro y crecimiento de posturas de *Coffea canephora* Pierre en suelo Pardo sin carbonatos. Informe de proyecto PNCT 007-03-046. Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao. 35 pp.
35. Cabrera, A. 1999. Aspectos fisiológicos en la formación de raíces adventicias Informe de proyecto. Universidad Nacional Agraria 'La Molina'. Ciudad de Lima Perú. 13 pp.
36. Cabrera, C. 2000. Obtención de (1-4)- $\alpha$ -D-Oligogalacturónidos bioactivos a partir de los subproductos de la industria citrícola. Tesis

- presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.*  
UH. 100 pp.
37. Cabrera, D.; Rodríguez, P.; Vignale, B.; Mara, V. 2010. Avances en la propagación por enraizamiento de estacas semileñosas de guayabo del país (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). En: V Encuentro Nacional sobre frutos nativos. (25-26 de marzo de 2010). Uruguay.
  38. Camargo, L.; Montaña, M.; Rosa, J.; Montaña, A. 2012. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. ***Revista Digital Universitaria*** 13(7): 1-19.
  39. Camejo, D.; Martí, C.; Olmos, E.; Torres, W.; Sevilla, F.; Jiménez, A. 2012. Oligogalacturonides stimulate antioxidant system in alfalfa roots. ***Biologia Plantarum*** 56(3): 37-544.
  40. Camelo, M.; Vera, P.; Bonilla, R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. ***Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*** 12(2): 159-166.
  41. Campos, L.; Baca, G.; Jaén, D.; Muratalla, A.; Acosta, R. 2004. Fertirriego y micorriza en frambuesa roja cultivada en tepetate. ***Agrociencia*** 38: 75-83.
  42. Cañizares, J. 1968. La guayaba y otras frutas Myrtáceas. Edición Revolucionaria. Instituto del Libro. La Habana. 85 pp.
  43. Cao-Van, P. 1993. Multiplication du goyavier a la Martinique. *CIRAD-IRFA*. p.1-2.
  44. Capote, A.; Caridad, V.; Pérez, D.; Acuña, G. 2009. Regeneración de plantas a partir de embriones inmaduros de maíz (*Zea mays* L.) y su comportamiento en condiciones naturales. En: XII Jornada Científica "105 Aniversario de la Estación experimental de Santiago de las Vegas" (2009 abril 1-3; INIFAT La Habana). *Memorias* CD-ROM. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. ISBN 978-959-282-086-9.
  45. Carpita, C.; Gibeaut, 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.
46. Carranza, M.; Cruz, O.; Nieto, E.; Saucedo, S.; Cevallos, O.; Escobar, A.; Reyes, X.; Morante, J. 2012. Propagación de *Tabebuia Donnell-Smithii* Rose (Guayacán Blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. **Ciencia y Tecnología** 5(2): 17-26.
47. Cartaya, O.; Peniche, C.; Reynaldo, I. 2009. Polímeros naturales recolectores de iones metálicos. **Revista Iberoamericana de Polímeros** 10(1): 81-94.
48. Castillo, G.; Saldaña, G.; Leonelli, G.; Morales, A. 2013a. Inoculación conjunta con HMA y solubilizador de P en Lechuga. **Revista INOVAGRO** 4(1): 21-25.
49. Castillo, G.; Villar, J.; Montano, R.; Martínez, C.; Pérez, F.; Albacete, A.; Sánchez, J.; Acosta, M. 2011. Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FitoMas-E. ICIDCA. **Revista Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar** 45(1): 64-67.
50. Castillo, J.; López, A.; López, J.; Cetina, M.; Hernández, T. 2013b. Factores de influencia en el enraizamiento de estacas de *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. et Cham. **Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente** 19(1): 175-184.
51. Cervone, F. 2012. Plant innate immunity: signalling and recognition of Damage-Associated Molecular Patterns (DAMPs). Department of Biology and Biotechnologies "Charles Darwin". Area 4: Molecular recognition in biomolecules. Short communication. 2 pp.
52. Cevallos, M. 2000. Establecimiento de una metodología eficiente en el proceso de embriogénesis somática de café (*Coffea spp.*) mediante el uso de marcadores morfo-histológicos y moleculares. *Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 136 pp.

53. Cid, M.; González, L.; Lezcano, 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.
54. Clua, A.; Olgiati, J.; Beltrano, J. 2013. Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja. **RIA** 39(3): 250-258.
55. Corbera, J.; Hernández, A. 1997. Evaluación de la asociación *Rhizobium* – MVA sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soja (*Glycine max L. Merrill*). **Cultivos Tropicales** 18(1): 10–12.
56. Corbera, J.; Nápoles, C. 2000. Evaluación agronómica de la coinoculación *Bradyrhizobium japonicum* y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soja sobre suelo Ferralítico Rojo compactado. **Cultivos Tropicales** 21(1): 21-25.
57. Corbera, J.; Nápoles, C. 2013. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soja (*Glycine max (L.) Merrill*), cultivar INCASOY-27. **Cultivos Tropicales** 34(2): 5-11.
58. Dash, S.; Gupta, N. 2011. Microbial bioinoculants and their role in plant growth and development. **International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research** 2(13): 232-251.
59. De Lorenzo, G.; Savatin, V.; Ferrari, S.; Sicilia, F. 2011. Oligogalacturonide-auxin antagonism in Arabidopsis. **Plant Physiology Preview**. DOI:10.1104/pp.111.184663.
60. De Robertis, E. 2004. Biología celular y molecular de Eduardo D.P. Robertis. Librería Editorial: El Ateneo. Duodécima edición. 4<sup>a</sup>. Reimpresión. Buenos Aires. 484 pp.
61. Delgado, Y.; Cupull, R.; Pérez, C.; Sánchez, A.; Vilchez, M. 2003. Efecto de *Azotobacter spp.* en la estimulación de la germinación y el desarrollo de posturas de *Coffea arabica L.* **Centro Agrícola** 30(1):26-31.

62. Dell'Amico, J.; Rodríguez, P.; Torrecillas, A.; Morte, A.; Sánchez, M. 2002. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía recuperación. ***Cultivos Tropicales*** 23(1): 29-3.
63. Denoux, C.; Galletti, R.; Mammarella, N.; Gopalan, S.; Werck, D.; De Lorenzo, G.; Ferrari, S.; Ausubel, F.; Dewdney, J. 2008. Activation of defense response pathways by OGs and Flg22 elicitors in *Arabidopsis* seedlings. ***Molecular Plant*** 1(3): 423-445.
64. Devlin, M. 1975. Fisiología vegetal. Ediciones Omega S.A. Casanova 220 Barcelona 11. España. 468 pp.
65. Di Rienzo, A.; Casanoves, F.; González, A.; Tablada, M.; Díaz, M.; Robledo, W.; Balzarini, G. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Sexta Edición. Córdoba Argentina. 345 pp.
66. Díaz de Villegas, E.; Delgado, G.; Rivas, M.; Torres, E.; Saura, M. 2011. Implementation of an in vitro bioassay as an indicator of the bionutrient FitoMas-E. ***Ciencias e Investigación Agraria*** 38(2): 205-210.
67. Dibut, B. 2000. Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento vegetal para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. INIFAT. 104 pp.
68. Dibut, B.; Acosta, M.; Martínez, R.; Ljingsgren, H. 1995. Producción de aminoácidos y citoguininas en una cepa cubana de *Azotobacter chroococum*. ***Cultivos Tropicales*** 16(1): 16-18.
69. Dibut, B.; Martínez, R.; Ortega, M.; Ríos, Y.; Fey, L. 2010. Obtención de un biofertilizante mixto de amplio espectro de acción. Efecto sobre el cultivo de la rosa (*Rosa spp.*). ***Revista Agrotecnia de Cuba*** 34(1): 33-43.
70. Dibut, D. 2006. Biofertilizantes como insumos indispensables de la agricultura sostenible. Instituto de Investigaciones Fundamentales en

- Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”. HUMIWORM S. P. R. De R. L. 110 pp.
71. Doll, U.; Norambuena, C.; Sánchez, O. 2013. Efecto de la aplicación de IBA sobre el enraizamiento de estacas en seis especies arbustivas nativas de la región mediterránea de Chile. **IDESIA** 31(3): 65-69.
72. Domínguez, A.; Pérez, A.; Soto, Y.; Díaz, A.; Fernández, I.; Rodríguez, R.; Blanco, A.; Revilla, J. 2002. Influencia de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y diferentes fuentes de materia orgánica en el desarrollo de esquejes de *Morus alba* L. **Pastos y Forrajes** 2(1): 1-5.
73. Domínguez, L. 2011. Propagación *in-vitro* de selecciones de guayabo (*Psidium guajava* L.) y su respuesta a hormonas en periodo de subcultivo. *Tesis presentada en opción al grado científico de Maestro en Ciencias*. Instituto de Enseñanza de Investigaciones en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo. Texococo México. 65 pp.
74. Elhasan, M.; Elsheikh, M. 2009. Effects of *Rhizobium* and *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* strains and chemical Fertilizers on symbiotic properties and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). **Advances in Environmental Biology** 3(3): 337-346.
75. Escalona, Y. 2014. Estrategia para la gestión de la seguridad alimentaria en el municipio Majibacoa, provincia Las Tunas. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. UNAH. 96 pp.
76. Espino, A.; Arcia, J. 2009. Estadística aplicada para las ciencias y la docencia. Estadística aplicada a las ciencias biológicas y agrícolas. Editora Publica. La Habana Vol. I. 146 pp.
77. Fajardo, L.; Blanco, Y.; Borges, M.; Fonseca, D.; Hernández, Y.; Arceo, L. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de PectiMorf® en el enraizamiento y aclimatización de *Dianthus caryophyllus*. *Publicaciones Científicas. Revista Ciencias. Com. Código ISPN de la Publicación: EFEIppluZkfPDLJF1C. Disponible en:*

- <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EFEIppluZkfPDLJf1C.php>. Consultado en septiembre de 2012.
78. Falcón, B.; Cabrera, C. 2007. Actividad enraizadora de una mezcla de oligogalacturónidos en peciolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*). **Comunicación corta. Cultivos Tropicales** 28(2): 87-90.
79. FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Gula de bolsillo para los extensionistas. 3<sup>ra</sup> Edición. Roma. 54 pp.
80. Farrés, E.; Peña, O. 2001. Propagación de la guayaba. Instituto de Investigaciones de Cítricos y Frutales. **Boletín de Reseñas. Serie RELAFRUT**. p 3-6.
81. Farrés, E.; Placeres, J.; Rodríguez, A.; Peña, O.; Mullen, L. 2009. Manual sobre la propagación de frutales tropicales. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Ciudad de la Habana Cuba. 23 pp.
82. Fenglerowa, W. 1965. Simple method for counting *Azotobacter* in soil samples. **Acta Microbiologica Polonica** 14 (2): 203–206.
83. Fundora, R.; González, J.; Ruiz, A.; Cabrera, A. 2009. Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante FitoMas-E y el biofertilizante EcoMic® en condiciones de producción. **Cultivos Tropicales** 30(3): 14-17.
84. Galletti, R.; De Lorenzo, G.; Ferrari, S. 2009. Host-derived signals activate plant innate immunity. **Plant Signaling & Behavior** 4(1): 33-34.
85. Galletti, R.; Ferrari, S.; De Lorenzo, G. 2011. *Arabidopsis* MPK3 and MPK6 play different Roles in basal and oligogalacturonide or flagellin-induced resistance against *Botrytis cinerea*. **Plant Physiol.** 157:804-14. doi: 10.1104/pp.111.174003.
86. García, A. 2010. Guía técnica del cultivo de la guayaba. Programa MAG-CENTA-FRUTALES. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. “Enrique Álvarez Córdova”. 23 pp.

87. García, C.; Cury, K.; Dussán, 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.
88. García, L.; Martínez, V.; Avendaño, A.; Padilla, M.; Izquierdo, H. 2009. Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. **Rev. Fitotec. Mex.** 32(4): 295 – 301.
89. Gautam, N.; Singh, K.; Singh, S.; Ankur, G.; Goel, L. 2010. Studies on clonal multiplication of Guava (*Psidium guajava* L.) through cutting under controlled conditions. **Australian Journal of Crops Science** 4(9): 666-669.
90. Giovanetti, M.; Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.** 84: 489 – 500.
91. GNAUSU (Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana). 2013. Lineamientos de la Agricultura Urbana y Suburbana para el año 2014. La Habana: INIFAT.
92. González, L.; Vázquez, A.; Perrotta, L.; Acosta, A.; Scriven, A.; Herbert, R.; Cabrera, C.; Francis, D.; Rogers, J. 2012-a. Oligosaccharins and PectiMorf® stimulate root elongation and shorten the cell cycle in higher plants. **Plant Growth Regul.** 68: 211-221.
93. González, P.; Silva, P.; Hernández, E.; Falcón, R.; Ramón, I.; Rodríguez H.; Arias, G.; Carlos, C.; Oliva, J. 2004. Evaluación del PectiMorf® como regulador del crecimiento en la formación de callos con estructuras embriogénicas en *Ipomoea batatas*. **Biotechnología Vegetal** 4(4): 229 – 232.
94. González, R.; Iglesias, A.; Lorenzo, C.; Dibut, B. 2012-b. Selección de cepas de *Azotobacter chroococcum* para su aplicación en la aclimatización de plantas in vitro de *piña* cv.Cayena lisa. **Biotechnología Vegetal** 12(3): 57 – 164.

95. González, Y.; Reynaldo, I.; Utria, E. 2008. Influencia del biorregulador PectiMorf® en la germinación y el enraizamiento de semillas de soya variedad INCASOY-27. En: XVI Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. (16: 2008 nov 24-28; INCA La Habana). *Memorias* CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 2008. ISBN 978-959-16-0953-3.
96. Gutiérrez, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. ***Ciencia e Investigación Forestal*** 9(2): 263-127
97. Gutiérrez, L.; Arozarena, N.; Lino, A.; Ríos, Y.; Cabrera, M.; Álvarez, S.; Meléndez, O.; Mendoza, M.; Ortega, Y.; Marrero, S. 2011. Respuesta del pimiento (*Capsicum annum* L.) variedad Lical a la aplicación conjunta de microorganismos biofertilizadores en organoponía semiprotegida en época óptima. ***Agrotecnia de Cuba*** 35(1): 49-53.
98. Guzmán, A.; Obando, M.; Rivera, D.; Bonilla, R. 2012. Selección y caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) asociadas al cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). ***Rev. Colomb. Biotecnol.*** 14(1): 182-190.
99. Harling, H.; Czaja, I.; Schell, J.; Walden, R. 1997. A plant cation-chloride cotransporter promoting auxin independent tobacco protoplast division. ***EMBO J.*** 16: 5855–5866.
100. Hartmann H; Kester, D. 1995. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4ª ed. Continental. México. 760 pp.
101. Hartmann, H.; Kester, D.; Davies F. 1990. Plant propagation. Principles and Practices. Fifth Edition. Ed. Prentice-Hall. USA. 697 pp.
102. Hartmann, H.; Kester, D.; Davies, F.; Geneve, L. 2011. Plant propagation: principles and practices. 8th ed. São Paulo: Prentice-Hall.

103. He, J.; Duan, Y.; Hua, D.; Fan, G.; Wang, Li.; Liu, Y.; Chen, Z.; Han, L.; Qui, L.; Gong, Z. 2012. DEXH Box RNA Helicase-Mediated Mitochondrial Reactive Oxygen Species Production in *Arabidopsis* Mediates Crosstalk between Abscisic Acid and Auxin Signaling. *The Plant Cell*. 24: 1815–1 833.
104. Hernández, A.; Corbera, J.; Dibut, B. 2010-b. La producción de papa (*Solanum tuberosum* L) con el uso combinado de inoculaciones y coinoculaciones de HMA RBPCV y dosis decrecientes de fertilizantes químicos. En: XVII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. (17: 2010 nov 24-26; INCA La Habana). *Memorias* CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 2010. **ISBN**: 978-959-16-0953-3.
105. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Rivero, D. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR. La Habana. 64 pp.
106. Hernández, J. 2007. Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas-E. Informe al proyecto ramal del MINAZ. 271 pp.
107. Hernández, L.; Benítez, B.; Soto, F.; Domini, M. 2007-a. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo del cultivo de *Anthurium andreaeanum*. ***Cultivos Tropicales*** 28(4): 83-86.
108. Hernández, M.; Beltrán, E.; Soriano, L. 2007-c. El crecimiento de la raíz de *Arabidopsis thaliana* es afectado por un oligogalacturónido estimulador de defensa. ***Ciencia Nicolaita*** 49: 141-154.
109. Hernández, M.; Diosdado, E.; Cabrera, C.; Coll, F. 2010-a. Efecto de los biorreguladores del crecimiento en la embriogénesis somática de mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.). ***Cultivos Tropicales*** 31(3): 32-38.
110. Hernández, M.; Lara, M.; Diosdado, E. Cabrera, C.; González, C.; Valdés, M.; Xiqués, X. 2007-b. Evaluación de la actividad del PectiMorf<sup>®</sup>

- en la embriogénesis somática de mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan) mediante marcadores isoenzimáticos. **Cultivos Tropicales** 28(4): 25-31.
111. Hernández, S.; Casas, E.; Martínez, O.; Galvis, S. 1995. Análisis y estimación de parámetros e índices de crecimiento del árbol de maraca (*Theobroma bicolor* H. B. K.) a primera folración. **Agronomía Colombiana** 12(1): 182-191.
112. Herrera, A.; Ferrer, L.; Furrázola, E.; Orozco, O. 1995. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (va) en un bosque tropical. Biodiversidad en Ibero América: Ecosistemas Evolución y Proceso sociales (Eds. Maximina Monasterio): Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el desarrollo. Sub – programa XII Diversidad Biológica Mérida. 201 pp.
113. Hidrobo, J.; Ardisana, H.; Cabrera, C.; Jomarrón, R. 2002. Utilización del PectiMorf® y Biobras-16 en la embriogénesis somática de la papa. **Biotecnología vegetal** 2: 9-14.
114. Hoson T. 1993. Regulation of polysaccharide breakdown during auxin induced cell wall loosening. **J. Plant Res.** 103: 369–381.
115. Humphrey, V.; Bonetta, T.; Goring, R. 2007. Sentinels at the wall: cell wall receptors and sensors. **New Phytol.** 176: 7-21.
116. Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology. No.96 Edward Arnold London.
117. ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar). 2012. Ficha de costo del FitoMas-E. AZUMAT. Departamento de economía.
118. INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 2013-a. Ficha de costo del EcoMic®. Departamento de economía.
119. INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 2013-b. Ficha de costo del PectiMorf®. Departamento de economía.

120. INIFAT (Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical). 2012. Ficha de costo del AZOMEG. Departamento de economía.
121. Izquierdo, H.; González, C.; Núñez, M.; Proenza, R.; Cabrera, C. 2009. Influencia de un oligogalacturónido en la aclimatización de vitroplantas de banano (*Musa spp.*) del clon 'FHIA-18' (AAAB). **Cultivos Tropicales** 30(1): 37-42.
122. Jat, N.; Jat, L.; Jat, K.; Jat, L. 2013. Importance of biofertilizers in organic production. **Popular Kheti** 1(4): 79-85.
123. Jiménez, F. 2014. Extensión de la tecnología cubana de cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol Roja' en la Mixteca Poblana México. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INIFAT. 107 pp.
124. Kleinschmit, J. 1977. Problems of Vegetative Propagation. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Canberra Australia. 3 p.
125. Kollarová, K.; Zelko, I.; Henselová, M.; Capek, P.; Liskova, 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.
126. Laskowski, L.; Bautista, D. 1999. Características anatómicas de raíces adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) tratadas con ácido indolbutírico. **Bioagro** 11(3): 88 - 96.
127. Latsague, M.; Sáez, P.; Hauenstein, E. 2008. Inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. **Bosque** 29(3): 227-230.
128. León, Y.; Martínez, R.; Hernández, J.; Cruz, Y. 2010. Efecto de la aplicación combinada de *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium var Phosphaticum* sobre las características morfológicas de plántulas de tabaco. En: XVII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. (17: 2010 nov 24-26; INCA La Habana). *Memorias* CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias

- Agrícolas. **ISBN:** 978-959-16-0953-3.
129. Lewin, B. 2004. Genes VIII. Published by Pearson Prentice Hall. Printed in the United States of America. 1006 pp.
130. Lino, A.; Arozarena, N.; Dibut, B.; Ríos, Y.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H.; Creagh, B. 2006. Cultivo protegido sobre suelo ferralítico rojo. II alternativas nutrimentales de menor impacto ambiental para los cultivos tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Agrotecnia de Cuba** 30(2): 1-12.
131. Lino, A.; Arozarena, N.; Dibut, B.; Ríos, Y.; Croche, G.; Ortega, M.; Fey, L. 2005. Cultivo asociado de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) y quimbombó (*Abelmoschus esculentum* (L) Moench) en condiciones de huerto intensivo: respuesta a la biofertilización múltiples. **Revista Agrotecnia de Cuba** (número especial). 12 pp.
132. Lino, A.; Arozarena, N.; Rodríguez, A.; Dibut, B.; Ríos, Y.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H.; Creagh, B.; Despaigne, H.; Rodríguez, J. 2008. Propuesta de manejo nutrimental para la producción orgánica de posturas de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Maradol Roja. **EN: Resúmenes III Congreso Agricultura Tropical (Convención TRÓPICO 2008)**. La Habana.
133. Lino, A.; Ríos, Y.; Arozarena, N.; Dibut, B.; Croche, G.; Fernández, J.; Ramos, H.; Álvarez, S.; Ortega, M.; Fey, L. 2010. Efecto de la aplicación conjunta del FitoMas y AZOMEG en cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. INIFAT-28 en condiciones de macetas. **Revista Agrotecnia de Cuba** 34(1): 51-58.
134. Liriano, R.; Núñez, D.; Barceló, R. 2012. Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y micorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro. **Revista Centro Agrícola** 39(4): 17-20.
135. Loeza, J.; Díaz, E.; Campos, J.; Orlando, J. 2013. Efecto de lignificación de estacas sobre enraizamiento de *Bursera morelensis* Ram. y *Bursera galeottiana* Engl. en la Universidad de la Cañada en

- Teotitlán de Flores Magón Oaxaca México. **Ciencias Naturales y Agropecuarias** 20(3): 222-226.
136. López, R.; Lobaina, J. 2005. Comportamiento de las plantas hortícolas con diferentes dosis de FitoMas-E en las condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. **Revista Ciencia y Técnica** 5: 25-31.
137. López, R.; Montano, R.; Montoya, A. 2012. El bioestimulante FitoMas-E en la producción de hortalizas: una alternativa ecológica para la agricultura sostenible. Primera Edición. Editorial Académica Española. España. 64 pp.
138. Lozano, C.; Toro, C.; García, R.; Tafur, R. 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali Colombia. 278 pp.
139. Mahgoub, M.; Sayed, T.; Osman, S.; Galal, A.; Sheik, G.; Gabar, B. 2011. Effects of arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) plant growth promoting bacteria (PGPR) and interaction on striga hermonthica management in sorghum. **International Journal of Agriculture: Research and Review** 1(3): 107-115.
140. Manoj, R.; Akhtar, N.; Jaiswal, S. 2007. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Psidium guajava* L. cv. bañarais. **Scientia Horticulturae** 113(2): 129-133.
141. Maqueira, L.; Torres de la Noval, W.; Pérez, A. 2010. Crecimiento y productividad de variedades de arroz de diferentes ciclos en dos fechas de siembra en la época de frío en los palacios Pinar del Río. **Cultivos Tropicales** 31(4): 87-92.
142. Mariña, C.; Nieto, M.; Castillo, P.; Bruqueta, D.; Blaya, R. 2010. Efecto del estimulante FitoMas-E sobre el crecimiento rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. **Revista Electrónica Granma Ciencia** 14(3): 1-10.
143. Marrero, Y.; Simó, J.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Plana, R. 2008. Influencia del laboreo sobre el manejo de la simbiosis micorrízica efectiva en una secuencia de cultivos sobre un suelo pardo con carbonatos. **Cultivos Tropicales** 29(2): 11-15.

144. Martín, A. 2011. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Folleto: Departamento de Riego y Drenaje. UNAH. Mayabeque. 7 pp.
145. Martín, G.; Arias, L.; Rivera, R. 2010. Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo ferralítico rojo. **Cultivos Tropicales** 31(1): 27-31.
146. Martín, G.; Costa, J.; Urquiaga, S.; Rivera, R. 2007. Rotación del abono verde *Canavalia ensiformis* con maíz y micorrizas arbusculares en un suelo nitisol ródico éutrico de Cuba. **Agronomía Trop.** 57(4): 313-321.
147. Martín, G.; González, P.; Rivera, R.; Arzola, J.; Pérez, A. 2014. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno e inoculación micorrizica sobre el crecimiento y producción de semillas de *Canavalia ensiformis* en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. **Cultivos Tropicales** 35(1): 86-91.
148. Martín, G.; Rivera, R.; Pérez, A.; Arias, L. 2012. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4) su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. **Cultivos Tropicales** 33(2): 20-28.
149. Martínez, R. 1994. El uso de biofertilizantes. En: Curso de Agricultura Orgánica. INCA. La Habana.
150. Martínez, R.; Dibut, D. 2009. Utilización de nuevos paradigmas que permitan profundizar los conocimientos sobre las relaciones suelo-planta en condiciones tropicales. **Cultivos Tropicales** 30(2): 5-9.
151. Martínez, R.; Dibut, D. 2012. Biofertilizantes bacterianos. Editorial científico-técnica. La Habana. Cuba. 279 pp.
152. Mata, I; Rodríguez, A. 2000. Cultivo y propagación de guayaba. Ediciones Trillas. DF. México. 160 pp.
153. Mattei, B.; Golleti, R.; Manfredini, C.; Pontiggia, D.; Salvi, G.; Spadoni, S.; Caprari, C.; Ferrari, S.; Bellincampi, D.; Cervone, F.; De Lozano, G. 2005. Recognition and signaling in the cell wall: the case

- of endopolygalactunase PGIP and oligogalacturonides. ***Plant Biosystems*** 139: 24-27.
154. Mederos, Y.; Hormaza J. 2008. Consideraciones Generales en la obtención caracterización e identificación de los oligogalacturónidos. Revisión bibliográfica. ***Cultivos tropicales*** 29(1): 83-90.
155. Mederos, Y.; Hormaza, J.; Reynaldo, I.; Montesino, S. 2011. Caracterización de mezclas de oligogalacturónidos bioactivos. ***Revista CENIC Ciencias Químicas*** 42(2): 1-5.
156. Melo, Y. 2011. Respuesta de la inoculación de micorrizas en plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill) variedad Hass en diferentes sustratos. *Trabajo de tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 114 pp.
157. Mena, H.; Ocampo, O.; Dendooven, L.; Martínez, G.; González, J.; Davies, T.; Olalde, V. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. ***Mycorrhiza*** 16: 261–267.
158. Méndez, J.; Salazar, R.; Dautant, A.; Alcorcés, N.; Laynez, J. 2004. Efecto del medio de enraizamiento número de hojas por estaca y lesionado de las estacas de *Ixora Enana* (*Ixora coccinea* L.) con Hormojardín Nro 4. ***Revista UDO Agrícola*** 4(1): 31-35.
159. Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE Proyecto PROSEFOR. Turrialba Costa Rica.
160. MFP (Ministerio de Finanzas y Precios). Resolución No. 426/2012. 3p.
161. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 1985. Instructivo técnico del cultivo de la guayaba. Dirección de Cítricos y Otros Frutales. Ciudad de la Habana Cuba. 14 pp.
162. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2005. Guía técnica del cultivo de la guayaba 'Enana Roja Cubana'. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana. Cuba. 12 pp.

163. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2008. Listado Oficial de Precios. Resolución No 80/08. Cuba. 2p.
164. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2009. Manual técnico para las fincas integrales de frutales en Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana Cuba. 13 pp.
165. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Editorial: PALMA-PNUD Primera edición. ISBN: 978-959-7210-44-3. Ciudad de la Habana Cuba. 38 pp.
166. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2012. Instructivo técnico para el cultivo de la guayaba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Segunda edición. Ciudad de la Habana Cuba. 35 pp.
167. MINAZ (Ministerio de la Caña de Azúcar). 2009. Uso de bioestimulantes en caña de azúcar combinados con la fertilización mineral. *Informe al proyecto*. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La de la Habana. 27 pp.
168. Mirabal, L.; Ortega, E. 2008. Comunidad microbiana asociada a los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). ***Cultivos Tropicales*** 29(4): 13-20.
169. Montano, R. 1998. Fitoestimuladores orgánicos para la agricultura. Resultado de Investigación Informe Técnico. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). MINAZ. Ciudad de la Habana Cuba.
170. Montano, R. 2008. FitoMas-E bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición mecanismo de acción y evidencia experimental. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). La Habana Cuba. 35 pp.

171. Montano, R.; Zuaznábar, R.; García, A.; Viñals, M.; Villar, J. 2007. FitoMas-E. Bionutriente Derivado de la Industria Azucarera. ICIDCA. ***Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*** 41(3): 14-21.
172. Montes, S.; Aldaz, P.; Ceballos, M.; Cabrera, C.; López, M. 2000. Uso del biorregulador PectiMorf® en la propagación acelerada del *Anthurium cubense*. ***Cultivos Tropicales*** 21(3): 29-31.
173. Montgomery, B. 1966. Viveros de los árboles frutales. Editorial ACRIBIA. Zaragoza España. 89 pp.
174. Moré, O. 2002. Empleo del oligopectato PectiMorf® sobre el desarrollo de callos embriogénicos en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Tesis de Maestría*. Facultad de Biología. UH.
175. Mori Da Cunha, A.; Paiva, H.; Xavier, A.; Otoni, W. 2009. Papel da nutricao mineral na formacao de raízes adventícias em plantas lenhosas. ***Pesquisa florestal Brasileira*** 58: 35-47.
176. Mostafa, S.; Farnia, A.; Shaban, M.; Lak, M. 2013. Effect of different biofertilizers on Seed yield of barley (*Hurdeom vulgar* L.) Bahman cultivar. ***International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*** 1(5): 538-546.
177. Moya, C. 2003. Aplicación de diferentes dosis de FitoMas en el cultivo del Tomate (*Licopersicum sculentus*) Variedad Aro 8484 en condiciones de Organopónico. *Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo*. Universidad de Guantánamo. 40 pp.
178. Nardini, B.; Di Salvo, P.; García de Salamone, E. 2011. Micorrizas arbusculares: asociaciones simbióticas e indicadores de calidad ambiental en sistemas de cultivos extensivos. ***Revista Argentina de Microbiología*** 43: 311.
179. Nieves, N.; Poblete, A.; Cid, M.; González, J.; Lezcano, Y.; Cabrera, C. 2006. Evaluación del PectiMorf® como complemento del 2.4-D en el proceso de la embriogénesis somática de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). ***Cultivos Tropicales*** 27(1): 25-30.

180. Novo, R.; Hernández, J. 2009. Historia de la microbiología del suelo en Cuba. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria -- ISBN 978-959-16-1029-4. 34 pp.
181. NRAG (Norma Ramal de la Agricultura). 2010. Norma Ramal 144:2010. Tejido vegetal. Determinación de nitrógeno fósforo y potasio. Dirección de Calidad. La Habana. ICS: 67.080.01.
182. Obando D., Burgos L., Rivera D., Garrido M., Baldani V.L.D., Bonilla R.B. 2010. Caracterización de bacterias diazotróficas asimbióticas asociadas al Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) en Codazzi, Cesar. **Acta Biológica Colombiana** 15 (3): 105-120.
183. Ocampo, F.; Núñez, M. 2007. Propagación in vitro de *Psidium guajava* mediante organogénesis directa a partir de segmentos nodales. **Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria** 8(1): 22-27.
184. Ohtomo, R.; Saito, M. 2005. Polyphosphate dynamics in mycorrhizal roots during colonization of an arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytologist** 167: 571–578.
185. Oliva, C. 2005. Efecto de fitoreguladores enraizantes y la temperatura en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh Camu Camu arbustivo en Ucayali-Perú. **Folia Amazónica** 14(2): 19-26.
186. Oliva, C.; López, A. 2005. Efecto del ácido naftalenacético en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh camu camu. **Folia Amazónica** 14(2): 43-49.
187. Omer, M. 2010. Bioformulations of *Bacillus* spores for using as biofertilizer. **Life Science Journal** 7(4): 124-132.
188. ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). 2013. Anuario estadístico de Cuba. Agricultura Ganadería Silvicultura y Pesca. Edición 2013. Ciudad de la Habana Cuba. p 221-248.
189. Osorio, S.; Bombarely, A.; Giavalisco, P.; Usadel, B.; Stephens, C.; Araguez, I.; Medina, N.; Botella, A.; Fernie, R.; Valpuesta, V. 2011.

- Demethylation of oligogalacturonides by FaPE1 in the fruits of the wild strawberry *Fragaria vesca* triggers metabolic and transcriptional changes associated with defence and development of the fruit. ***Journal of Experimental Botany*** 62(8): 2855–2873.
190. Overvoorde, P.; Fukaki, H.; Beeckman, T. 2010. Auxin Control of Root Development. ***Cold Spring Harb Perspect Biol.*** Doi: 10.1101/cshperspect.a001537.
191. Patil, P.; Ghag, P.; Patil, S. 2013. Use of Bio-fertilizers and Organic Inputs - as LISA technology by farmers of Sangamner. ***International Journal of Advancements in Research & Technology*** 2(7): 28-33.
192. Peña, A.; Díaz, A.; Martínez, R. 1996. Fruticultura tropical. ICFES. segunda parte. 208 pp.
193. Peña, O. Soúrd, D. Farrés, E.; Rodríguez, A.; Placeres, J. 2005. Propagación del guayabo. En: *Memorias del Curso Internacional en Fruticultura Tropical*. Instituto Internacional en Fruticultura Tropical. Memorias CD-ROM ISBN: 978-959-296-004-6.
194. Pérez, A.; Rojas, J.; Montes, D. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. ***Rev. Colombiana cienc. Anim.*** 3(2): 366-385.
195. Pérez, E.; Rodríguez, Y.; Hernández, M.; Noval, B. 2004. Dinámica de inducción de algunos sistemas de defensa en la interacción HMA-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) var. Amalia. i. inducción de pr2 pr3 y fenilalanina amonio-liasa en raíces de tomate. ***Cultivos Tropicales*** 25(2): 37-44.
196. Pérez, J. 2010. Efecto de algunos reguladores del crecimiento y el FitoMas-E en la micropropagación de *Musa sp.* variedad FHIA-18 (AAAB). Disponible en: [Monografias.com](http://Monografias.com). Consultado en Septiembre de 2012.
197. Peteira, B.; Fernández, A.; Rodríguez, H.; González, E. 2008. Efecto del BION y del FitoMas como inductores de resistencia en plantas de

- arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki*. **Protección vegetal** 23(1): 32-37.
198. Phillips, M.; Hayman, S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.** 55: 158-161.
199. Pierik, L.; Oosterkamp, J.; Ebbing, A. 1997. Factors controlling adventitious root formation of explants from juvenile and adult *Quercus robur* "Fastigiata". **Scientia Horticulturae** 71(1-2): 7-92.
200. Piñol, T.; Palazón, J.; Cusidó, M. 2000. Introducción al metabolismo secundario. pp. 261-283. En: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill. Barcelona España.
201. Plana, D.; Álvarez, M.; Florido, M.; Lara, M.; Cabrera, C. 2003. Actividad biológica en la morfogénesis *in vitro* del tomate var. Amalia. **Cultivos Tropicales** 24(1): 29-33.
202. PMA (Programa Mundial de Alimentos). 2001. Análisis y cartografía de la vulnerabilidad a la seguridad alimentaria en Cuba. Publicación de la Representación del Programa Mundial de Alimentos en Cuba. 137 pp.
203. Posada, H.; Franco, L.; Cuellar, A. 2007. Inoculum of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on *Brachiaria decumbens* (*Poaceae*) Pastures in Valley and Hilly Terrain. **Acta biol. Colomb.** 12(1): 113-120.
204. Prieto, O.; Belezaca, C.; Washington, S.; Vallejo, E.; Gutiérrez, V.; Pinargote, E. 2011. Inoculación de *Brachiaria decumbens* con hongos formadores de micorriza arbuscular nativos del trópico húmedo ecuatoriano. **Ciencia y Tecnología** 4(2): 9-18.
205. Prieto, R.; Hernández, G.; Ramírez, M. 2004. Enraizamiento de estacas de guayabo (*Psidium guajava* L.) utilizando ácido indolbutírico y diferentes sustratos. En: VIII Congreso Venezolano de Fruticultura.
206. Pulido, L.; Medina, N.; Cabrera, A. 2003. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrizicos arbusculares en la producción de

- posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. crecimiento vegetativo. **Cultivos Tropicales** 24(1): 15-24.
207. Qin, Y.; Zeng, F.; Sun, X.; Feng, Y.; Yang, C. 2012. Propagation of *Cleome spinosa* Jacqg. through tissue culture. **Journal Microbiology Biotechnology and Food Science** 1(5): 1319-1327.
208. Quiroz, J. 2012. Multiplicación clonal de cacao por el método de enraizamiento. Boletín técnico No 149. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca. 12 pp.
209. Rahal, A.; Zaghoul, A.; Neweigy, A.; Hanafy, A.; El-Meihy, M. 2010. Effect of carbon source and precursors on the production of plant growth regulators by *Azotobacter chroococcum* (R19) and *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* (R44). **Egypt. J. Microbiol. Special Issue "13<sup>th</sup> Conf. of Microbiol."**. p 45-61.
210. Ramírez, A.; Cruz, N.; Franchialfaro, O. 2003. Uso de bioestimuladores en la producción de guayaba (*Psidium guajava* L.) mediante el enraizamiento de esquejes. **Cultivo Tropicales** 24(1): 59-63.
211. Ramos, L.; Arozarena, N.; Hechavarría, Y.; Martín, R.; Telo, L.; Terry, A.; Fernández, J. 2007. Vulnerabilidad Alimentaria: hábitos de consumo y producción agraria en la cuenca Guantánamo-Guaso. En: XI Jornada Científica "Juan Tomás Roig in memoriam" (2007Abril 2-4; INIFAT La Habana) *Memorias* CD-ROM. INIFAT. ISSN: 05683114.
212. Ramos, L.; Arozarena, N.; Reyna, Y.; Telo, L.; Ramírez, M.; Lescaille, J.; Martín, G. 2013. Hongos micorrízicos arbusculares *Azotobacter chroococcum* *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava* L. var. Enana Roja cubana. **Cultivos Tropicales** 34(1): 5-10.
213. Ramos, L.; Cruz, N.; Morante, J.; Villasis, O. 2006. Empleo de hormonas ANA y AIB estimuladoras de enraizamiento para la

- propagación vegetativa de *Chlorophora tinctoria* (L) Gaud (moral fino) en El Litoral Ecuatoriano. **Foresta veracruzana** 8(1): 9-12.
214. Ravinder, A. 2013. Seed bacterization with *Azotobacter* PSB and foliar application of urea on drought affected cotton. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.** 2(10): 44-51.
215. Reyes, I. 2011. La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. **ContactoS** 81: 17-23.
216. Riera, M. 2003. Manejo de la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias en secuencias de cultivos sobre suelo ferralítico rojo. *Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. INCA La Habana. 100 pp.
217. Rincón, N.; Olarte, M.; Pérez, J. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web un teléfono celular o una cámara semiprofesional. **Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín** 65(1): 6399-6405.
218. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C.; Riera, M. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. Pages 151-196 In: *Mycorrhizae in Crop Production* (eds.) Chantal Hamel and Christian Plenchette. Haworth Press Binghamton 67NY. Hard Cover ISBN: 978-1-56022-306-1; Soft Cover ISBN: 978-1-56022-307-8.
219. Rivera, R.; Fernández, K. 2003. 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 pp.
220. Rivero, G.; Ramírez, M.; Caraballo, B.; Guerrero, R. 2005. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). **Rev. Fac. Agron. (LUZ)** 22: 129-141.
221. Robert, M. 1975. *Fisiología vegetal*. Ediciones Omega S.A. Casanova Barcelona. p 11-220.

222. Rodríguez, A.; Sánchez, P. 2005. Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana. 3ra edición (aumentada y corregida). INIFAT. La Habana. Cuba. p 42-43.
223. Rodríguez, N.; Mas, O.; González, G. Sánchez, P.; 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.
224. Rodríguez, Y.; Mena, A.; Marentes, L.; Fernández, K. 2008. Respuesta de enzimas antioxidantes y crecimiento de vitroplantas de papa micorrizadas *in vitro*. **Cultivos Tropicales** 29(1): 29-35.
225. Rojas, K. 2007. Efecto de la iluminación artificial sobre la brotación de estacas DE *Leucadendron* 'Inca Gold'. Folleto. Resumen de trabajo experimental. Universidad de Talca Chile. 4 pp.
226. Rojas, K.; Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba Bolivia. **ACTA NOVA** 3(4): 697-719.
227. Rojas, S; García, J; Alarcón, M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Ed. Produmedios. Colombia. 56 pp.
228. Ruiz, A.; Simó, J.; Rivera, R. 2010. Nuevo método para la inoculación micorrízica del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). **Cultivos Tropicales** 31(3): 15-20.
229. Saborit, R. Meneses, P.; Cañizares, A. 2013. Efecto de las aplicaciones de FitoMas-E combinadas con la fertilización orgánica y mineral sobre los rendimientos agrícolas del cultivo del arroz en aniego. **Revista Infociencia** 17(4): 1-10.
230. Sánchez, J.; Sosa, T.; Venegas, J. 2006. Producción de hongos formadores de micorrizas arbusculares y su aplicación como biofertilizantes. En: Biofertilización Alternativa viable de para la

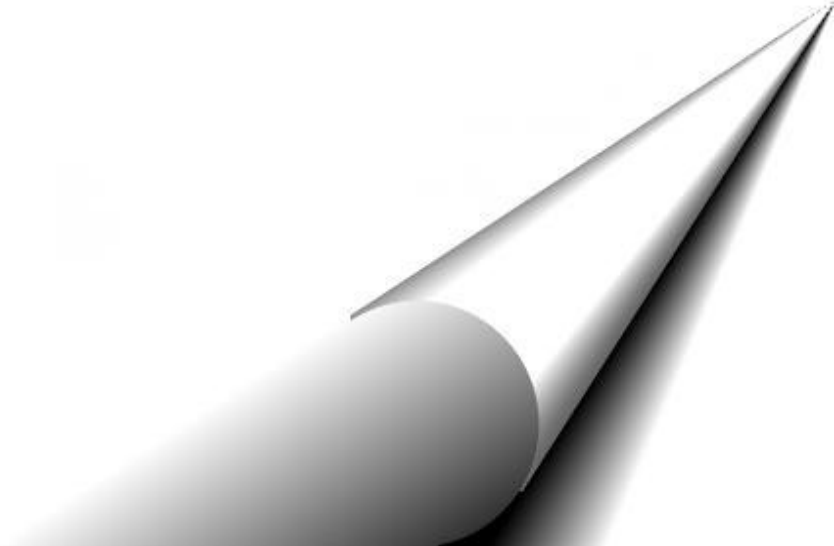
- nutrición vegetal. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Capitulo Tolima. p 137 – 150.
231. Sánchez, L.; Rodríguez, M. 2000. Estimación de niveles de inoculo de *Meloidigyne incognita* a través de planta indicadora. **Rev. de Protección Vegetal** 15(2): 109-113.
232. Sandoval, M. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Primera edición. Cuadernos del Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. ISBN 970- 32-3131-4. 51 pp.
233. Sanoussi, A.; Ahoton, E.; Odjo, Th. 2012. Propagation of black plum (*Vitex donania* Sweet) Using stem and root cuttings in the ecological conditions of South Benin. **Tropicultura** 30(2): 107-112.
234. Savatin, V.; Ferrari, S.; Sicilia, F.; De Lorenzo, G.; 2011. Oligogalacturonide-auxin antagonism does not require post-transcriptional gene silencing or stabilization of auxin re-sponse repressors in *Arabidopsis*. **Plant Physiology** 157: 1163-1174.
235. Schüßler, A.; Walker, C. 2011. Evolution of the Plant-Symbiotic Fungal Phylum Glomeromycota. Evolution of fungi and fungal-like organisms The Mycota XIV. Pöggeler S. & Wöstemeyer J. (Eds.) © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p 163-185.
236. Shirinzadeh, A.; Soleimanzadeh, H.; Shirinzadeh, Z. 2013. Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on agronomic traits and yield of barley cultivars. **World Applied Sciences Journal** 21(5): 727-731.
237. Soleimanzadeh, H.; Gooshchi, F. 2013. Effects of Azotobacter and Nitrogen Chemical Fertilizer on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.). **World Applied Sciences Journal** 21 (8): 1176-1180
238. Solomon, E.; Berg, L.; Martín, D. 2011. Biology. Ninth Edition. Brooks/Cole. USA. 1412 pp.
239. Somerville, C.; Bauer, S.; Brinninstool, G.; Facette, M.; Hamann, T.; Milne, J.; Osborne, E.; Paredez, A.; Persson, S.; Raab, T.; Vorwerk, S.;

- Youngs, H. 2004. Toward a systems approach to understanding plant cell walls. **Science** 306: 2206-2211.
240. Soria, E.; Miranda, P.; Suárez, N. 1998. Efecto de *Azotobacter chroococcum* como bioestimulador del crecimiento en semilleros de tabaco (*Nicotiana tabacum* Lin.). **Centro Agrícola** 2: 5-7
241. Soudre, M.; Mesen, F.; Del Castillo, D.; Guerra, H. 2008. Memoria del curso internacional “Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas” IIAP Pucallpa. Perú. 100 pp.
242. Spagnoletti, N.; Fernández di Pardo A.; Tobar G. N. E. Chiocchio V. M. 2013. Las micorrizas arbusculares y *Rhizobium*: una simbiosis dual de interés. **Rev. Argent. Microbiol.** 45(2): 131-132.
243. Suárez, L.; Castilla, Y.; Hernández, M.; Salomón, J.; Estévez, A.; Céspedes, O.; Araujo, B. 2010. Efecto del PectiMorf® en la germinación in vitro del polen de papa (*Solanum tuberosum*). **Temas de Ciencia y Tecnología** 14:(40): 43-46.
244. Suárez, L.; Hernández, M. 2008. Efecto de una mezcla de oligogalacturonidos en la propagación in vitro de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) var. CMC-40. **Cultivos Tropicales** 29(3): 47-52.
245. Suárez, L.; Savatin, V.; Salvi, G.; De Lorenzo, G.; Cervone, F. Ferrari, S. 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.
246. Suárez, R. 2011. Evaluación de métodos de propagación en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* (Haw.) Britt & Rose) y pitahaya roja (*Hylocereus polyrhizus* (Haw.) Britt & Rose). *Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias – Fitomejoramiento*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 196 pp.
247. Taiz, L.; Zeiger, E. 2008. Plant Physiology. Quinta Edición. Editorial Cinaur. New York.

248. Terry, E.; Ruiz, J.; Tejeda, T.; Reynaldo, I.; Díaz de Armas, M. 2012. Efectos sinérgicos y/o compatibilidad de bioproductos como alternativas para la producción hortícola cubana. En: XVIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas. *Memorias* CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas 2012. ISBN 978-959-16-0953-3.
249. Terry, E.; Ruiz, J.; Tejeda, T.; Reynaldo, I.; Díaz de Armas, M. 2011. Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. ***Cultivos Tropicales*** 32(1): 77-82.
250. ToebeI, M.; Brum, B.; Lopes, J.; Cargnelutti, A.; Reis da Silveira, T. 2010. Estimativa da área foliar de Crambe abyssinica por discos foliares e por fotos digitais. ***Ciência Rural*** 40(2): 475-478.
251. Trouvelot, A.; Kough, J.; Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Proc. 1st Eur. Symp. on Mycorrhizae: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. Dijón. INRA. Paris.
252. Vázquez, R. 2011. Contribución al tratamiento estadístico de datos con distribución binomial en el modelo de análisis de varianza. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas*. INCA. 97 pp.
253. Vázquez, B.; Rivera, R.; Fernández, K.; Rodríguez, Y. 2010. Caracterización del comportamiento micorrizico en *Brachiaria decumbens* inoculada con *Glomus hoi-like*. ***Cultivos Tropicales*** 31(3): 21-26.
254. Vázquez, E.; Torres, S. 2006. Fisiología Vegetal 2<sup>da</sup> parte. Editorial Félix Varela. La Habana. Cuba. 315 pp.
255. Vieira de Souza, C. 2007. Propagacao vegetativa de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) por miniestaquia. *Tesis Magister en Producción Vegetal*. Universidad del Estado del Norte de Fluminense. 54 pp.

256. Viñals, M.; García, A.; Montano, R.; Villar, J.; García, T.; Ramil, M. 2011. Estimulante de crecimiento agrícola FitoMas; resultados de producción del año 2010 y su impacto en cultivos seleccionados de alimentos. ICIDCA. ***Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*** 45(3): 1-23.
257. Watson, J. 1952. The physiological basis of variation in yield. ***Adv. Agron.*** 4: 101-145.
258. Wendling, I.; Ebling, G.; De Biassio, A.; Ferreira, L. 2013. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. ***Acta Scientiarum Agronomy*** 35(1): 117-125.
259. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. ***Ann. Rev. Plant Physiol.*** 23: 437 - 464.

# *Anexos*



## VII. ANEXOS

Anexo 1. Condiciones climáticas del municipio El Salvador: periodo 2007-2012

Indicadores	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Media anual
<b>Temp. Media</b>	23,47	23,71	24,40	25,25	25,93	27,02	27,66	27,45	26,64	26,01	25,06	24,05	25,55
<b>Temp.max Media</b>	30,48	30,76	31,20	31,84	31,91	32,95	34,26	34,25	33,26	32,28	31,25	30,51	32,08
<b>Temp.min.Media</b>	18,00	18,04	18,90	19,94	21,04	22,17	22,38	22,46	22,12	21,69	20,47	18,94	20,51
<b>Hum. Rel. Media (%)</b>	76,07	73,39	72,93	73,71	78,36	78,36	74,68	76,68	81,21	82,50	80,21	77,68	77,18
<b>Hum. Rel. Max.Media (%)</b>	93,36	91,93	91,14	90,89	93,57	93,36	91,57	93,21	94,86	95,86	95,07	93,54	93,21
<b>Hum. Rel. Min.Media (%)</b>	50,07	47,54	48,39	49,39	55,29	56,25	50,39	50,96	55,86	58,36	56,68	53,21	52,75
<b>Evaporación (mm)</b>	154,82	167,11	195,3	191,41	170,77	187,89	200,11	187,08	155,47	152,52	144,20	143,02	2049,68
<b>Evapotranspiración (mm)</b>	116,12	125,33	146,48	143,56	128,07	140,91	150,08	140,31	116,60	114,39	108,15	107,26	1537,26
<b>Velocidad del Viento (Km/h)</b>	4,14	5,37	5,27	4,80	3,70	3,50	4,10	3,80	3,10	2,50	3,00	3,50	3,90
<b>Precipitaciones (mm<sup>3</sup>)</b>	29,2	24,5	48,7	63,5	131,2	127,4	80,5	86,6	110,1	105,97	107,9	22,12	78,14

**Anexo 2. Principales características químicas del suelo y el abono orgánico empleado en el sustrato**

Suelo								
pH H <sub>2</sub> O	M.O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Na	Mg	K	CIB
	(%)	(mg·100 g <sup>-1</sup> )	(cmol·kg <sup>-1</sup> )					
6,7	2,95	18,75	24,78	33,32	0,40	8,74	0,38	42,84
Abono orgánico (Estiércol vacuno)								
pH	Humedad (%)	Relación C/N	M.O (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)		
7,45	63,00	12:1	44,8	2,24	0,52	0,70		



**Anexo 2. Esqueje de guayaba 'Enana Roja Cubana' en la fase de iniciación radical**



**Anexo 3. Esqueje de guayaba 'Enana Roja Cubana' en la fase de ramificación de las raíces**