

**ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE FRUTAS DE  
PLÁTANOS (*MUSA ACUMINATA X BALBISIANA*, AAB) MEDIANTE  
APLICACIONES DE BIORREGULADORES Y FERTILIZANTES**

Por  
Yalitza Nieves Silva

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIA  
en  
HORTICULTURA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2007

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Winston de la Torre Arce, PhD  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Agenol González Vélez, MS  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Salvador Salas Quintana, PhD  
Presidente, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Rafael F. Olmeda Collazo, MS  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Guillermo Fornaris Rullán, MS  
Director de Departamento

\_\_\_\_\_  
Fecha

## **ABSTRACT**

Several experiments were designed with the objective to determining the effect of growth biorregulators and fertilizers, on growth and development enhancement of plantain fruits (*Musa acuminata x balbisiana* var. Maricongo). In the first experiment, soil applications of the following treatments were made during the plant flowering stage: 1) Gibberellin (GA<sub>3</sub>), 2) Benzyladenina (BA), 3) Millerplex<sup>®</sup>, 4) K-Fol<sup>®</sup> and 5) 20-20-20 soluble fertilizer with minors elements. Three concentrations of each compound were used: 100, 1000 and 5000 ppm. The experiment design was a randomized, complete design. The second experiment was similar to the first one, but the 5,000 ppm concentration was not included and compounds combinations were added with the objective of observing possible synergetic effect. Bunch weight, number of hand and fruits of each bunch and the circumference of three fruits from the first and fourth hand of each bunch were among the parameters evaluated. The application of CK, GA<sub>3</sub> and GA<sub>3</sub> + soluble fertilizer a 1000 ppm stimulated an increase in bunch weight (14.76, 21.34 and 21.24 kilograms) compared with the control (7.96 y 18.77 kilograms). Millerplex<sup>®</sup> at 5000 ppm and 1000 ppm, and CK + 20-20-20 stimulated fruits development, increasing the number of fruits per bunch to (58.17, 58.43) and (58.00) compared with the control (38.00 y 54.54).

## RESUMEN

Varios experimentos se diseñaron con el objetivo de determinar el efecto que tienen biorreguladores de crecimiento y fertilizantes en el crecimiento y desarrollo de frutas en el cultivo de plátano (*Musa acuminata x balbisiana* var. Maricongo). En el primer experimento se realizaron aplicaciones al suelo de los siguientes tratamientos en la etapa de florecida de las plantas: 1) Giberelina ( $GA_3$ ), 2) Benzyladenina (BA), 3) Millerplex, 4) K-Fol y 5) fertilizante soluble 20-20-20 con elementos menores. De cada compuesto se utilizaron tres concentraciones de 100, 1,000 y 5,000 ppm. Se utilizó un diseño experimental completos aleatorizados. El segundo experimento se hizo similar al primero, pero, no se aplicó 5,000 ppm y se realizaron mezclas de los compuestos con el objetivo de observar posibles efectos sinérgicos de los mismos. Entre los parámetros evaluados se encuentran el peso, número de gajos y frutos de cada racimos, largo y circunferencia de tres frutas de la primera y cuarta mano de los racimos. Las aplicación de CK,  $GA_3$  y  $GA_3$  + fertilizante soluble a 1000 ppm estimularon y aumentaron el peso de los racimos (14.76, 21.34 y 21.24 kg) respectivamente comparado con el control (7.96 y 18.77 kg). Millerplex a 5000 ppm y 1000 ppm, Ck + 20-20-20 a 1000 ppm estimuló el desarrollo de frutos, aumentando el número por racimo a (58.17 y 58.43) y (58.00) frutos respectivamente, comparado con el control (38.00 y 54.54).

Para Mi Hija;

Dedicó este trabajo a mi hija Paola Sofía, quien me acompañó durante todo este camino recorrido desde que se encontraba en mis entrañas y quien es la razón por la cual me encuentro donde estoy hoy día. Esto es por ti hija, mil gracias por hacerme sentir orgullosa de quien soy.

Te Amo;

Paola Sofía Cruz Nieves

## **AGRADECIMIENTO**

Fueron muchas las personas que aportaron de sus conocimientos, tiempo y dedicación para que éste tan apreciado sueño se pudiera completar. Sin su aportación esta investigación no se hubiese podido realizar.

Agradezco al Dr. Salvador Salas Quintana profundamente por haber creído y confiado en mí hasta el último momento. Gracias por guiarme en cada etapa de este camino que ambos recorrimos durante esta investigación y no dejarme caer cuando tuve momentos difíciles en mi vida. Sin su apoyo y confianza este camino recorrido no hubiese sido tan corto y placentero.

Quiero agradecer con toda mi alma a mi madre Hortensia Silva y a esa persona que ha sido para mí como un padre Radamés Ronda, porque sin su ayuda yo no hubiese podido llegar a alcanzar esta meta y sueño, me apoyaron en todo momento, dándome ánimos para continuar cuando ya las esperanzas desaparecían y no veía los frutos de tanto sacrificio.

Agradezco a mis dos grandes amigas Sara Ramos y Silca Soto que siempre estuvieron ahí y me dieron la mano cuando más las necesite. Agradezco a Gilberto Cruz, primero por haberme ayudado y apoyado en este camino tan difícil que recorrió conmigo, y segundo por darme la razón principal de inspiración para mí, mi hija Paola Sofía.

Le agradezco a la Dra. Annette Wszelaki por su ayuda incondicional, Al Agrónomo Eduardo González (Chivito) por creer en mi y haberme prestado las facilidades de su finca para poder llevar a cabo dos de mis experimentos. Al Dr. Winston de La Torre y al Prof. Agenol González por su ayuda y cooperación con esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
ABSTRACT.....	II
RESUMEN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VII
TABLA LISTA.....	IX
LISTA FIGURA.....	XII
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
PLÁTANO.....	5
EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO.....	20
MATERIALES Y METODOLOGIA.....	29
LOCALIZACION DE LOS EXPERIMENTOS.....	29
DESCRIPCION DE LAS FINCAS.....	30
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
EXPERIMENTO FINCA ALZAMORA.....	34
EXPERIMENTOS FINCA EDUARDO GONZÁLEZ.....	36
RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL PESO.....	41
EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS PEDUNCULO.....	47
EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL NÚMERO DE MANOS.....	49
EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL NÚMERO DE FRUTAS.....	53

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL TAMAÑO DE LOS FRUTOS DE LA PRIMERA MANO.....	59
EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL TAMAÑO DE LOS FRUTOS DE LA CUARTA MANO.....	66
OTROS EFFECTO DE RCP.....	71
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
LITERATURA CITADA.....	77

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Análisis de suelo realizado en la Finca Alzamora .....	31
2. Análisis de suelo realizado en la Finca de Isabela .....	32
3. Tratamientos aplicados en la Finca Alzamora .....	36
4. Tratamientos aplicados en Isabela a las plantas de plátano del primer experimento.....	37
5. Tratamientos aplicados en Isabela a las plantas de plátanos del segundo experimento.....	38
6. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en el peso promedio de los racimos.....	42
7. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en Isabela en el peso de los racimos.....	43
8. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en Isabela en el peso de los racimos.....	44
9. Efecto de los tratamientos en la circunferencia del pedúnculo de los racimos del experimento # 2.....	47
10. Efecto de los tratamientos del experimento # 3 en la circunferencia del pedúnculo de los racimos .....	48
11. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en aumentar el número de manos .....	49

<b>12. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en Isabela en el desarrollo de manos de los racimos.....</b>	<b>50</b>
<b>13. Efecto de los tratamientos aplicados en Isabela en el tercer experimento en el desarrollo de las manos de los racimos.....</b>	<b>53</b>
<b>14. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en promover el número de frutos por racimo.....</b>	<b>54</b>
<b>15. Efecto de los tratamientos aplicados en Isabela en el segundo experimento en aumentar el número de frutos.....</b>	<b>55</b>
<b>16. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en Isabela en aumentar el número de frutos.....</b>	<b>58</b>
<b>17. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en el tamaño (largo) de los frutos de la primera mano.....</b>	<b>60</b>
<b>18. Efecto de los tratamientos aplicado en el tercer experimento en el tamaño (largo) de los frutos de la primera mano de los racimos.....</b>	<b>61</b>
<b>19. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en aumentar la circunferencia de los frutos de la primera mano.....</b>	<b>62</b>

<b>20. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 2 en la circunferencia de los frutos de la primera mano.....</b>	<b>63</b>
<b>21. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 3 en la circunferencia de los frutos de la primera mano de los racimos.....</b>	<b>65</b>
<b>22. Efecto de los tratamientos en el experimento # 2 en el tamaño (largo) de los frutos de la cuarta mano.....</b>	<b>67</b>
<b>23. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 2 en el diámetro de los frutos de la cuarta mano.....</b>	<b>68</b>
<b>24. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 3 en el diámetro de los frutos de la cuarta mano.....</b>	<b>69</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1. Inflorescencia de plátano antes de aplicar los tratamientos.....	34
2. Medida tomada a los frutos de los racimos de plátanos .....	39
3. Medida tomada al pedúnculo de los racimos de plátanos.....	40
4. Racimo de plátano de la variedad Maricongo tratado con Millerplex a 5000 ppm.....	51
5. Racimo de plátano tratado con Ck a 100 ppm vs. Control.....	52
6. Racimo de plátano tratado con Millerplex a 1000 ppm.....	55
7. Racimo de plátano tratado con Ck + fertilizante 20-20-20 a 1000 ppm.....	59
8. Frutos de plátano tratados con K-FOL a 100 ppm vs. Control.....	64
9. Efecto de la GA + fertilizante 20-20-20 en el grosor (circunferencia) de los frutos de la cuarta mano.....	71
10. Efecto de la GA en el alargamiento del pedúnculo de los racimos de plátanos.....	72
11. Efecto de la GA a 5000 ppm en el crecimiento de los retoños (hijos) de las plantas de plátanos.....	73

# 1 INTRODUCCION

En Puerto Rico el tamaño de las frutas de plátano es un atributo muy importante al momento de ser adquirido por el consumidor. Frutas de mayor tamaño son mercadeadas con mayor prontitud. Generalmente, a mayor número de frutas por racimo menor es el tamaño de éstas. Por ejemplo, los plátanos tipo congo producen muchas frutas, pero su tamaño pequeño les dificulta su mercadeo. Por otro lado, la variedad Hartón produce frutos grandes, pero el número de frutas por racimo está entre 20 a 30. En el caso de la variedad Maricongo, el promedio de número de frutas por racimo está entre 45 a 55, pero las frutas de las últimas manos tienden a ser pequeñas. Es la variedad recomendada para sembrar en Puerto Rico (Salas, 2007), por tener un buen número de frutas y un tamaño aceptado por el consumidor.

Para garantizar que las frutas sean de mayor tamaño es necesario llevar a cabo una práctica de cultivo intensivo, lo que incluye: fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, y prácticas culturales como la preparación de suelo. Teóricamente cualquier compuesto o fertilizante que promueve división y alargamiento celular ayudaría a aumentar el tamaño de las frutas lo que resultaría en mayor ganancia económica para el agricultor.

Por los efectos positivos que representan los biorreguladores de crecimiento es que surge la iniciativa de hacer esta investigación en el cultivo de plátano (*Musa*

*acuminata x balbisiana*, AAB) con el objetivo de promover el desarrollo y tamaño de los frutos mediante las aplicaciones de reguladores de crecimiento y fertilizantes.

El cultivo del plátano, debido a la amplia aceptación de su fruto y su fácil propagación por vía vegetativa, ha alcanzado gran difusión en las áreas tropicales del mundo, donde constituye un elemento básico en la dieta de las poblaciones (Pérez y colaboradores, 1989, citado por García y colaboradores). Sin embargo, existen serios problemas que limitan su producción eficiente, lo que ha traído como consecuencia que se investiguen cuáles son las causas que han generado mermas en la producción. Lo cual involucra diferentes aspectos, entre los que se encuentra el combate de enfermedades, plagas, efectos ambientales, deficiencias nutricionales, entre otros.

En Puerto Rico para el año fiscal 2005-2006 la producción de plátanos representó el tercer renglón en importancia dentro del sector agrícola. El ingreso bruto agrícola ascendió a \$803.06 millones (Depto. Agricultura, 2006). Los plátanos representan el 8.92% del ingreso bruto agrícola, unos \$62 millones, reflejando un incremento de un 7.84% sobre la cifra del año fiscal anterior el cual fue de \$57 millones. Hubo una disminución de 31,223 millares de plátano menos que el año anterior. Por tal razón el precio a nivel de finca incrementó en un 17.35%. La intensidad del incremento en precio superó la intensidad de la baja producción física, ocasionando un incremento en el ingreso bruto generado.

## 2 OBJETIVOS

- Determinar el efecto de dos reguladores de crecimiento en la promoción del desarrollo y tamaño de frutos de plátanos (*Musa acuminata x balbisiana*, AAB).
- Promover el desarrollo de los frutos utilizando diferentes fertilizantes.

## 3 REVISION DE LITERATURA

### 3.1 Plátano (*Musa acuminata x balbisiana*)

#### 3.1.1 Clasificación Taxonómica

Botánicamente los plátanos, se clasifican de la siguiente forma (Martorell, L. F. y colaboradores, 1981, Stover, R. H. y N. W. Simmonds, 1987, Belalcázar Carvajal, S. L. 1991, y León, J, 2000, citado por Salas, S.,2007):

Clase:	Monocotiledónea
Orden:	Escitaminales (6 familias)
Familias:	Musaceas (3 subfamilias)
Subfamilias:	Musoideae
Géneros:	Musa (5 regiones)
Series:	Eumusa
Especies:	M. acuminata y M. balbisiana (plátano)

Los plátanos son un cruce interespecífico entre *Musa acuminata* con *Musa balbisiana*. Se puede mencionar los siguientes clones: Congo (Francés, Superplátano y Dominico, AAB), Hartón (AAB), Maricongo (Guayamero y Dominico-Hartón, AAB), Manzano (AAB) y Chamaluco (ABB), entre otros (León, J., 2002, Stover, R.H y N.W Simmonds, 1987, Ortiz, R.A. y colaboradores, 2001, y Belalcázar, S.L. 1991 citado por S. Salas, 2007).

### 3.1.2 Características Morfológicas

El género *Musa acuminata* es una especie polimorfa que difiere de sus características morfológicas tales como: cerosidad en las vainas foliares, pigmentación de los pseudotallos, posición y compactación de los racimos y las formas de los frutos (Salas, 2007).

El género *Musa balbisiana* es una planta más vigorosa que la especie *acuminata*, su pseudotallo es más claro, sólido y compacto. Sus racimos son de forma vertical de frutas cortas y gruesas y esta especie presenta pocas variaciones (Salas, 2007). Las frutas verdes de plátano contienen el doble de calorías que las papas “Irish” (Irizarry y colaboradores, 1981).

Los plátanos se clasifican a base de su inflorescencia, como francés o cuerno. El plátano tipo francés produce un racimo pesado, con alrededor de ocho a diez manos (gajos), manteniendo su pámpana (chira) adherida al racimo como los guineos. Las frutas tienden a ser más pequeñas que los plátanos tipo cuerno. En este tipo de clasificación encontramos los plátanos tipo Congo 300 o Superplátano, los triploides ABB y el Manzano (Salas, 2007).

El plátano tipo cuerno desarrolla racimos de cuatro a seis manos en promedio, teniendo una menor producción de frutas por racimo, pero de mucho mayor tamaño. Aquí podemos encontrar las variedades de Maricongo o Guayamero y el Hartón. La variedad Hartón produce entre 25-30 frutas por racimo. La variedad

Maricongo o Guayamero produce cerca de seis manos por racimo y alrededor de 50-55 frutas y con un peso medio de 2/3 a 3/4 de libras por fruta, (Estación Experimental Agrícola, 1995).

El Maricongo es una mutación somática del Congo, que se ha propagado como una quimera sectorial. Ésta es una quimera inestable, en propagaciones subsiguientes puede dar origen a tres diferentes fenotipos o clase de planta dependiendo del sector del corno de donde se desarrolle la yema.

### 3.1.3 Botánica

El género *Musa* se compone de plantas estolonífera perenne, cuyo tallo verdadero comienza a desarrollarse luego de la diferenciación floral. Al florecer, ésta produce el racimo el cual al ser cosechado muere la planta. La planta madre es reemplazada por brotes laterales (hijos, retoños) que proceden de un corno o rizoma. Estas plantas no son capaces de producir semillas en las frutas y en ningún otra parte de la planta (Salas, 2007).

### 3.1.4 Morfología

#### 3.1.4.1 Sistema Radicular

La planta de plátano, como especie perenne, debe regular sus procesos fisiológicos para mantener el crecimiento vegetativo y producir los frutos

simultáneamente. Durante la etapa inicial de desarrollo se debe formar el sistema de raíces para los procesos de absorción. Los plátanos presentan un sistema radicular adventicio, fasciculados y fibroso, típico de las plantas monocotiledóneas. Se originan de yemas (cilindro central) en el interior del cormo, atravesando la zona cortical y emergiendo a través de los nudos y espacios internodales subterráneos del cormo. Después que ocurre la floración su emisión de raíces cesa por completo, pero no así sus funciones. Éstas emergen en grupos de dos, tres y hasta cuatro, desarrollando raíces secundarias y terciarias junto, especialmente si se le rompe el ápice radicular. Desarrollan pelos radiculares los cuales son responsables de la absorción de agua y minerales (Salas, 2007).

#### 3.1.4.2 Cormo o Rizoma

El tallo verdadero corresponde a un cormo subterráneo erecto con ramificaciones monopódica. En el ápice encontramos el meristemo apical, rodeado por las bases de las hojas diferenciadas. La forma del cormo varía desde cónica hasta cilíndrica achatada, dependiendo del tipo de suelo. Un cormo adulto puede medir 12 pulgadas de diámetro y llegar a tener un peso de 27 libras. En su interior, el cormo es diferenciado en un cilindro central y corteza, y el tejido fundamental es una parénquima almidonosa. Debido a la alta concentración de almidón en su interior, el cormo es importante como órgano de almacenaje para el desarrollo de

hijos y para el crecimiento de la planta completa. Antes de la florecida, el cormo contiene alrededor de 35% del total de la materia seca de la planta, pero baja a un 20% cuando el racimo de frutas esta maduro (Salas, 2007).

### 3.1.4.3 Pseudotallo y Hojas

Las hojas se dividen en tres partes, la vaina, el pseudopeciolo y la lámina. El pseudotallo se forma por la unión completa de las vainas foliares, ya que las hojas se desarrollan en la parte superior del cormo. Donde las hojas más jóvenes desplazan a las hojas más viejas al exterior promoviendo un crecimiento helicoidal dándole la forma cilíndrica al pseudotallo. Seis meses después de siembra la planta desarrolla las hojas completas. Las hojas de mayor tamaño se desarrollan antes de la florecida, (Salas, 2007).

Para que la planta desarrolle un racimo con un buen tamaño, éste debe tener once hojas sanas y funcionales al momento de la salida del racimo. Una planta puede emitir de 25-50 hojas dependiendo de los factores climáticos, nutricionales y genéticos. Entre menos hojas, más pequeño será el racimo (Salas, 2007).

La planta debe formar simultáneamente el área foliar y las raíces necesarias para mantener un balance continuo entre el desarrollo de los órganos; si el balance favorece el desarrollo de las hojas, no habrá exceso suficiente de carbohidratos para el desarrollo de los cormos, pero si, por el contrario, el crecimiento foliar es disminuido, el tejido fotosintético podría ser insuficiente para obtener rendimientos

altos (Cayón, 2004).

Debido al tamaño de las hojas de plátano, existen diferencias en cuanto a su actividad fisiológica dependiendo del sector foliar considerado. La comparación entre la actividad fotosintética del ápice y el centro de las hojas en los Congo, Dominico-Hartón, Maricongo y Pelipita fue estudiada donde se encontró, que la tasa neta de fotosíntesis fue superior en el sector foliar central de la hoja en todos los clones estudiados, siendo superior en el clon Hartón (Cayón y colaboradores., 1994 y 2004). En las hojas de plátano la mayor tasa fotosintética se alcanza cuando la lámina está completamente expandida y a partir de ahí, disminuye fuertemente con la edad, siendo típica esta reducción de la fotosíntesis en las hojas de plantas perennes y de ciclo corto (Silveira, 1987, citado por Cayón, 2004). La fotosíntesis está correlacionada positivamente con la transpiración y el contenido de clorofila en cualquier estado de desarrollo de la hoja, demostrando que el proceso fotosintético está ligado funcionalmente con la transpiración y depende de la concentración de clorofila de la lámina foliar y de la ontogenia de la hoja. Estudios realizados para aclarar el mecanismo de reducción de la fotosíntesis durante la senescencia de las hojas, indican que este fenómeno se debe a cambios en la concentración y cinética de la enzima Rubisco (Evans, 1986; Makino y colaboradores, 1985, citado por Cayón, 2004).

El crecimiento y producción del cultivo de plátano dependen del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales desde la emisión

de la inflorescencia y durante el desarrollo de los frutos. El área foliar y la fotosíntesis están estrechamente relacionadas con la acumulación de materia seca y, por lo tanto, ha sido utilizada para evaluar la capacidad fotosintética y predecir el desempeño productivo de las plantas de plátano y guineo (Turner, 1980; Swennen y De Langhe, 1985; Stover y Simmonds, 1987, citado por Cayón, 2004). La fotosíntesis está relacionada positivamente con el peso del racimo y con el contenido de materia seca en la pulpa de los frutos, indicando que el peso del racimo y la acumulación de materia seca en la pulpa dependen de la actividad fisiológica de las hojas. Para obtener un racimo de buen peso y calidad, las plantas de plátano deben mantener, como mínimo, de diez a once hojas funcionales desde la floración hasta los 45 días de edad del racimo (Salas, 2007). Estudios sobre la contribución fisiológica de los tercios foliares durante el desarrollo del racimo de plátano Dominico-Hartón (Cayón y colaboradores, 1995 y 2004), mostraron que las hojas intermedias (hojas 4, 5 y 6) e inferiores (hojas 7, 8 y 9) de la planta mantienen la tasa fotosintética más constante a través del período de llenado de los frutos. Indicando que los tercios foliares medio e inferior están más comprometidos en el llenado de los frutos, que el tercio superior (hojas 1, 2 y 3), más juvenil y activo, probablemente, contribuye más a mantener el crecimiento y desarrollo de la unidad productiva. Desde el punto de vista de la producción, es más importante que las hojas mantengan una tasa de fotosíntesis moderada y constante durante períodos más prolongados del ciclo vegetativo. Barrera y Cayón (2004) realizaron un estudio

para poder conocer cómo la contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto del plátano Hartón ayudaban en el llenado y calidad de los racimos. Estos encontraron que al tener en la planta todas las hojas expuestas y la inflorescencia se logró aumentar significativamente el peso de los racimos. Estos trabajaron cubriendo tercios foliares e inflorescencia. Los tercios superiores y medio son los más comprometidos con el llenado del racimo, contribuyendo positivamente en un mayor flujo de fotosintatos hacia los frutos. El largo, grosor y peso del fruto son afectados significativamente por el número de hojas y epicarpio expuesto. El epicarpio del fruto participa activamente en el proceso de llenado, contribuyendo en un 35%. Las características químicas del fruto no son afectadas por el número de hojas y epicarpio expuesto (Barrera y Cayón, 2004).

Estudios realizados en musáceas han demostrado que las defoliaciones, dependiendo de la época e intensidad, reducen la producción y la calidad de los frutos (Ostmark, 1974; Satyanarayana, 1986, citado por Cayón, 2004). Después de emerger en el ápice de la planta, el crecimiento del racimo (en peso fresco o seco) sigue el modelo sigmoideal típico del crecimiento vegetal. Con una fase inicial a una tasa moderada y constante hasta los 30 días después de la floración (DDF), seguida de una fase de incremento rápido hasta los 100 DDF y posteriormente una disminución del peso si el racimo continúa adherido a la planta. La tasa de acumulación de materia seca en el raquis es moderada y constante al inicio del período de llenado del racimo, incrementándose vertiginosamente a partir de los 60

días, para completar su crecimiento al momento de la cosecha (Cayón, 2004).

#### 3.1.4.4 Inflorescencia y Racimo

Durante la iniciación floral ocurre una serie de cambios en el punto de crecimiento del cormo. Este cambia a una forma cónica y comienza el desarrollo del tallo verdadero aéreo o tallo floral. Al desarrollarse este tallo comienza su crecimiento en el interior de pseudotallo hasta que emerge la inflorescencia. La inflorescencia esta cubierta por brácteas ovalada de color rojo violáceo, de forma helicoidal, formando una yema ovoide conocida como pámpana o chira. Cada bráctea cubre un grupo de flores alineadas en dos hileras formando una mano. El racimo emerge de forma vertical con la pámpana hacia arriba y luego se torna horizontal como respuesta a estímulos geotrópicos y al final se torna de forma vertical pero con la pámpana hacia abajo. Aquí las brácteas se levantan dejando las manos (gajos) expuestas (Salas, 2007).

La inflorescencia no responde a fotoperíodo y no se conoce ningún estímulo floral. En plantaciones de plátanos todos los meses del año florecen las plantas y se cosechan los racimos. El crecimiento, desarrollo y producción del plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción (radiación solar, temperatura, precipitación y humedad relativa). Si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en

magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño productivo y fisiológico. El rendimiento del cultivo de plátano depende de la radiación solar interceptada, de la eficiencia de conversión de esta radiación en biomasa, y de los gastos respiratorios de la planta, lo cual puede aumentarse incrementando la porción de la materia seca total que se destina a los racimos. Para esto, el plátano como especie perenne, debe ajustar su actividad fotosintética y metabólica a la producción de fotosintatos que le permitan crecer, desarrollar estructuras subterráneas de reserva, generar brotes vegetativos (retoños) y llenar los racimos (Morales y colaboradores, 1998, citado por Cayón , 2004).

#### 3.1.4.5 Fruto

El fruto de plátano y guineo puede ser caracterizado botánicamente como una baya con un pericarpio. El exocarpio está compuesto por la epidermis y una capa de parénquima, el mesocarpio forma la pulpa y el endocarpio está limitado al epitelio adyacente a la cavidad del ovario (Salas, 2007).

El crecimiento de la pulpa y cáscara varían durante el llenado de los frutos como consecuencia de la dinámica de los diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren. En los primeros 40 días del crecimiento, los frutos presentan un incremento rápido del peso fresco y seco de la pulpa y la cáscara; durante este período la cáscara presenta la mayor proporción del peso seco de los

frutos y, a partir de esa época, la acumulación de materia seca en la cáscara es superada significativamente por la pulpa. Entre 60 y 100 días después de la floración (DDF), la tasa de acumulación de materia seca de la pulpa experimenta un aumento significativamente superior al de la cáscara, indicando que el proceso de distribución de la biomasa es preferencial hacia la pulpa. Este comportamiento puede deberse a que, en los primeros estados de desarrollo, el fruto debe formar su envoltura, haciendo que la cáscara sea la demanda preferencial de los fotosintatos producidos por las hojas. El racimo de plátano se cosecha cuando los frutos llegan a la madurez fisiológica (estado de máxima acumulación de materia seca), la cual se alcanza de 80 a 120 días después de la brotación de la inflorescencia, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona de producción. En este estado de madurez fisiológica, la distribución de la biomasa en el racimo muestra que en la pulpa de los frutos se encuentra el 82.3% de materia seca, en la cáscara el 16.6%, en el raquis el 1.5% (Morales y colaboradores, 1998, citado por Cayón, 2004).

### 3.2.1 Requisitos nutricionales de la planta de plátano

En plátano, la fertilización es uno de los factores que intervienen en la substitución de nutrimentos minerales esenciales para la obtención de buenos rendimientos (Herrera, V. L.1974, citado por Hernández y colaboradores, 2004).

Todos los nutrimentos pueden ser determinados a través del análisis de tejido foliar, el cual permite determinar si las plantas bajo estudio. Están efectivamente absorbiendo del suelo los elementos necesarios para su nutrición. Los elementos minerales influyen el crecimiento de manera absoluta, es decir, el crecimiento siempre está directa y fundamentalmente determinado por la suma de éstos .

Varios estudios (Irizarry, H. y colaboradores, 1980, y G. Samuels y colaboradores, 1978) indican que los plátanos de la variedad Maricongo extraen una proporción de 249, 21, 585, 60 y 147 kg/ha de N, P, K, Mg y Ca respectivamente. Según Irizarry, H. y colaboradores (1981), los datos indican que se debe aplicar 3,000 kg/ha de un fertilizante de formulación 10-2-25-3 ó similar a éste.

Fernández, E. y colaboradores (1977), en un estudio con plátano donde se realizaron análisis foliares en dos fases de desarrollo del mismo: floración y corte, encontraron que en la fase de corte del plátano los altos rendimientos están íntimamente asociados a las elevadas concentraciones de K. La circunferencia del pseudotallo, peso del racimo y número de manos están correlacionados positivamente con la concentración de K en el nervio, obteniéndose coeficientes de correlación positivos (Fernández, E. y colaboradores, 1977). Para conseguir elevados rendimientos, la concentración de K en la planta debe oscilar dentro de límites lo más estrechos posible, al menos durante el periodo de floración-corte.

Esta condición es posiblemente aún más importante que los valores que puede alcanzar la concentración de K en la hoja en un momento determinado.

Hernández y colaboradores (2004) encontraron en un estudio con plátanos de la variedad Hartón al evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes sobre el contenido de nutrimentos foliares y la producción en plantas de plátano al momento de la floración y cosecha. Encontraron que los contenidos promedios de fósforo (P) y potasio (K) bajaron de 0.2% y 4.62%, respectivamente en floración a 0.18 % y 3.55%, respectivamente, en el momento de la cosecha, al igual que el sodio (Na). Mientras que los elementos calcio (Ca), hierro (Fe) y manganeso (Mn) fueron más elevados en el momento de la cosecha. Altas aplicaciones de P pueden incidir negativamente en el peso de los racimos, ya que al parecer el cultivo requiere bajas cantidades del elemento al acumularlo en el corno en las primeras etapas de crecimiento de la planta. Esta situación se pudo observar por Hernández y colaboradores (2004) donde encontraron que los tratamientos con mejores rendimientos fueron grupo de plantas no fertilizadas (T0), plantas fertilizadas cada 3 meses con  $\frac{1}{4}$  de la cantidad total de fertilizante por aplicación (T1) y plantas fertilizadas solamente con urea, en el momento del descepe y desflore (T4). El T0, el cual presentó los rendimientos más altos, contiene las concentraciones de K más elevadas (5.19 %) en floración que la normal (4.49 %). El plátano exhibe una extraordinaria habilidad para acumular iones de potasio en sus tejidos (Samuels, Véale y Torres, 1978, citado por Hernández y colaboradores, 2004), demostrándose

al observar los contenidos de K en el grupo de plantas no fertilizadas (T0) al momento de la cosecha y floración. Este resultado coincide con otros estudios en las cuales aparentemente la planta en ausencia de formas disponibles de K en el suelo, puede tomar eficientemente formas no disponibles en él (Belalcázar, S. 2000, citado por Hernández y colaboradores, 2004).

Por las altas acumulaciones de K en los frutos y en el tejido de la planta, K es considerado el más importante nutrimento de las plantas en la producción de guineo y plátano. Es el más abundante catión en las células de las plantas de guineo y plátano. Potasio no juega un rol directo en la estructura de la célula de la planta, sin embargo, es fundamental porque es requerido para los procesos importantes tales como: respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y osmoregulación en las Musas. El rol de K en el transporte y acumulación de azúcares dentro de la planta, es particularmente importante porque permite el llenado del fruto y por consiguiente la acumulación de productos. Los síntomas clásicos de deficiencia de K son: clorosis en las hojas, deformidad del racimo (pequeño y delgado) y doble crecimiento. La cantidad de K que se obtiene del suelo y se remueve del campo cuando los racimos están listos para cosechar es alta. El suelo pierde un estimado de 400 kg K/ha/año cuando se remueve los frutos con una producción de 70 toneladas de frutos (López y Espinosa, 1998). Por esta razón, los guineos requieren una buena fuente de K. Se ha encontrado que altas aplicaciones de K puede ocasionar de deficiencia de Mg. En Puerto Rico se recomienda para el cultivo de

plátano que se aplique 60 kg/Mg/ha/año y 700 kg/K/ha/año (Estación Experimental Agrícola, 1995), o aproximadamente una razón 1:4 Mg:K. Martínez, G. y colaboradores (2002) encontraron que al aumentar el contenido de magnesio significativamente en las hojas, con las aplicaciones de fertilizantes traía como consecuencia una reducción en las cantidades de potasio. Pero estos efectos desaparecían al pasar el tiempo.

### 3.2.2 K-fol<sup>®</sup>

K-FOL es un fertilizante foliar cuya fórmula está diseñada especialmente para usarse en la fase final o de fructificación de los cultivos para asegurar una mayor consistencia, calidad y tamaño de frutos en cultivos de berenjena, calabaza, chile, fresa, tomate, melón, papa, pepinillo, sandía y frutas en general (Etiqueta).

Según la etiqueta de este producto comercial, posee fósforo ( $P_2O_5$ ) a un 20%, potasio soluble ( $K_2O$ ) a un 55%, magnesio (Mg) a un 0.066%, azufre (S) a un 0.080% y boro (B) a un 0.010%. K-FOL<sup>®</sup> contiene primordialmente una alta concentración de potasio, el cual interviene en la formación de carbohidratos, influencia en la síntesis de proteínas, activa la producción de enzimas, ayuda a regular la transpiración e incrementa la resistencia de las plantas al ataque de patógenos e insectos. La deficiencia de potasio primeramente aparece en las hojas más viejas como un amarillamiento en las orillas y puntas. Las hojas jóvenes son las últimas en mostrar estos síntomas. El fósforo y microelementos que tiene este

producto comercial en forma conjunta ayudan en el soporte de las flores.

## 4.1 Efecto de los Reguladores de Crecimiento de Plantas (RCP)

### 4.1.1 Desarrollo frutos

El uso de reguladores de crecimiento en plantas (RCP) durante varias etapas del desarrollo de los frutos es una práctica bien establecida. Para finales de 1940, varias técnicas de producción se desarrollaron utilizando RCP. F.G. Gustafson (1936) fue el primero en demostrar que unos químicos en específicos se pueden utilizar para desarrollo de frutos y un desarrollo completo de órganos sin polinización (Lurie, 2000). La regulación del tamaño de los frutos es el mayor factor económico para muchas plantas, incluyendo la pera “Japanese” (Gillaspy y colaboradores, 1993, citado por Zhang y colaboradores, 2005). Para propósitos de producir frutas grandes, un rango de técnicas se han desarrollado para la manipulación y balance entre el árbol y el ambiente en varios cultivos, en particular la aplicación de RCP que ha recibido mucha atención durante los pasados años (Hayashi y Tanabe, 1991, Jackson, 2003, citado por Zhang y colaboradores, 2005). Es conocido en muchas frutas que el tamaño es una gran función de la división celular en etapas tempranas y un aumento celular en la etapa final del crecimiento de las frutas (Gillaspy y colaboradores, 1993, citado, por Zhang y colaboradores, 2005). El tamaño final de las frutas en muchas especies es la función del número de células, el cual es determinado durante etapas tempranas del crecimiento de las

frutas. Las citoquininas, las giberelinas (GAs) y las auxinas se han aplicado para promover la división celular durante etapas tempranas del crecimiento de frutas en muchas especies (Ozga y Denno, 2003, citado por Zhang y colaboradores, 2005).

El crecimiento de los frutos típicamente sigue dos distintas curvas de crecimiento. Un tipo de crecimiento es una curva sigmoide la cual es exhibida por muchos árboles tales como: manzana y pera. El segundo tipo de curva de crecimiento esta representada por una doble sigmoide, observado en uvas, moras, higos y las toronjas presenta este tipo de crecimiento. Esta curva de crecimiento tiene dos periodos de crecimiento rápido, separado por un periodo intermedio donde el crecimiento ocurre poco o nada, pero en cambio la lignificación del endocarpio tiene lugar en esa etapa de crecimiento (Lurie, 2000). El uso de RCP para influenciar en el crecimiento de frutos es muy importante hoy día en nuestra agricultura, porque se tiene la habilidad de aumentar el tamaño de los frutos y mejorar el color y forma de éstos, por eso se aumenta su potencial de mercadeo. Numerosos RCP puede influenciar en el tamaño final de las frutas, por mecanismos diferentes (Gianfagna, 1995).

#### **4.2.1 Giberelinas (GAs)**

El descubrimiento del GAs se atribuye a científicos japoneses en el año 1926 [Buchanan y colaboradores, (2000); Taiz y Zeiger, (1998); Jensen y Salisbury,

(1988)]. Este compuesto fue cristalizado en el 1930 a partir de extractos de un hongo, *Gibberella fujikuroi*, que causaba una enfermedad en el arroz conocida como *bakanae*. Luego de haber cristalizado los extractos de este hongo se nombra como giberelinas A y B (Buchanan y colaboradores, 2000; Taiz y Zeiger, 1998; Jensen y Salisbury, 1988).

El conocimiento de esta sustancia pasa desapercibido y no es hasta la el 1958 que científicos trabajando en “Imperial Chemical Industries”, descubren las primeras giberelinas en plantas vasculares (Taiz y Zeiger, 1998).

En la actualidad existen más de 125 giberelinas, las cuales se conocen como GA<sub>1</sub> a GA<sub>125</sub>, de éstas sólo algunas presentan actividad biológica, otras son sintetizadas en su forma inactiva (Buchanan, Grisseem y Jones, 2000; Taiz y Zeiger, 1998 y Jensen y Salisbury, 1988).

#### 4.2.4 Desarrollo de frutos

La eficiencia de las aplicaciones exógenas de fitohormonas depende de la especie, de la edad fisiológica, de la concentración y del tiempo de aplicación. En adición a estos problemas, la investigación del modo de acción de las hormonas, y entender las GAs es más complicado por la existencia de más de 100 GAs diferentes, con distintas funciones (Fletcher y colaboradores, 2000). Las giberelinas

en diferentes formulaciones, son los RCP más comunes utilizado para el desarrollo de frutos. Tiene el efecto de retrasar la maduración, los frutos tienen más tiempo en desarrollarse y adquirir un mayor tamaño. Cuando el tratamiento o los tratamientos se aplican durante el crecimiento de los frutos se debe determinar cual de estos dos efectos (desarrollo ó crecimiento) es primero. En cerezas se aplican giberelina de tres a cuatro semanas antes de cosecharse (Looney y Lidster, 1980; Facticeau, Rowe y Chestnut, 1985, citado por Lurie, 2000). Frutas rociadas con GAs tienden a ser más grandes y firmes que las cerezas no tratadas (Looney y Lidster, 1980; Facticeau, 1982, citado por Lurie, 2000). Respuestas similares se encontraron en toronjas, melocotones (Southwick y Yeager, 1995, citado por Lurie, 2000) y nectarines (Zilkah y colaboradores, 1997, citado por Lurie, 2000). En persimmons normalmente se aplica GAs para retrasar la maduración, además se ha encontrado que aplicaciones tempranas de GAs aumenta el tamaño final de las frutas (Hasegawa y colaboradores, 1991, citado por Lurie, 2000).

La GA también es aplicada en limón, para atrasar la conversión de cloroplasto a carotenoides. La fruta que recibe numerosos tratamientos de giberelina son las uvas sin semillas de varios cultivares. El tiempo de aplicación de la GAs afecta profundamente la habilidad de promover el agrandamiento de las frutas y el tamaño del grano (Christodoulou, Weaver, y Pool, 1968; Zuluaga, Lumelli, y Christensen, 1968, citado por Lurie, 2000). Tratamientos de GAs en el tiempo de plena florecida alarga las bayas y aplicaciones tardías produce bayas más grandes

(Christodoulou y colaboradores, 1968, citado por Lurie, 2000). Las GAs son efectivas en mantener el alargamiento celular (Gillaspy y colaboradores, 1993; Ozga y Dennis, 2003, citado por Zhang, 2005) y por consiguiente giberelinas exógenas son utilizadas para el agrandamiento de frutas en la producción de uvas y peras (Hayashi y Tanabe, 1991, citado por Zhang, 2005). En las peras “Japanese”, se ha propuesto que las aplicaciones de GA<sub>4</sub> 40 días después de la antesis aumenta significativamente el tamaño final de las frutas (Hayashi y Tanabe, 1991, citado por Zhang, 2005). Sin embargo, hay poca información sobre los mecanismos fisiológicos y el rol de las GAs en el desarrollo de los frutos (Hayashi y Tanabe, 1991, citado por Zhang, 2005).

#### 4.3.1 Citoquininas

La citoquinina fue descubierta en el 1950. Es un grupo de hormonas que regulan la división celular. La evidencia sugiere que las citoquininas son biosintetizadas en las raíces y transportada a los tallos vía xilema, donde ejerce una mayor influencia regulatoria en el crecimiento, fotosíntesis y retraso de la senescencia (Itai y Birnbaum, 1996, citado por Vivanco, J. y Flores, H., 2000). La presencia de citoquininas en extracto de raíces y en exudados de raíces sostiene el punto de vista que las raíces son el lugar donde ocurre la biosíntesis de citoquininas, y la forma principal que se transloca es la de ribósido (Letham y Palni,

1983, citado por Vivanco, J. y Flores, H., 2000). Derivan de la adenina o de aminopurinas.

Son varios los efectos fisiológicos que ocasionan las citoquininas. Estas promueven la división celular y formación y crecimiento de brotes laterales (axilares). Promueven la movilización de nutrimentos hacia las hojas, la germinación de las semillas, el desarrollo de brotes, la maduración de los cloroplastos y la expansión celular en hojas y cotiledones. Las citoquininas retrasan la senescencia de las hojas y regulan la dominancia apical en algunas plantas.

Skoog y Armstrong (1998), pioneros de investigaciones en citoquininas define a las citoquininas como sustancias que promueve la división celular y regulan otras funciones de crecimiento de igual manera que las quinina (Sakakibara, 2004). Estudios previos han propuesto que las citoquininas son clasificados en tres grupos: las de forma activa, las que se translocan y almacenan y las de forma inactiva.

#### **4.3.3 Desarrollo de frutos**

Las citoquininas se utilizan para promover el crecimiento de frutos, pero sólo en etapas tempranas de desarrollo de los frutos. Las citoquininas aumentan la división celular, y aplicadas en la etapa temprana de crecimiento de la curva sigmoide o en la primera parte de la doble sigmoide, cuando la división celular ocurre, lo queda origen a más células por fruto. Ésto resulta en frutas más grandes

al momento de cosechar. CPPU (citoquinina) influye en la división celular y la morfogénesis de varios cultivos. Ésto se puede observar aumentando el tamaño final de las manzanas [(Tartarini y colaboradores, 1993), Kiwi (Iwahori, Tominaga, y Yamasaki, 1988; Patterson, Mason y Gould, 1993)] y en uvas (Ben Arie y colaboradores, 1997, citado por Lurie, S., 2000).

En un estudio con uvas de mesa (*Vitis vinifera* L.) donde se aplicó fitoreguladores, citoquininas naturales y sintéticas para ver el efecto de éstos sobre la calidad y condición en cosecha y postcosecha. Se encontró que con una combinación de Auxym (bioestimulante) + GA<sub>3</sub> + Stopit (CaCl<sub>2</sub>) + Citowett (surfactante) y con combinaciones de Kelpak (bioestimulante) + GA<sub>3</sub> + Stopit (CaCl<sub>2</sub>) + Citowett aplicado a los racimos de uvas se logró aumentar significativamente el peso promedio de las bayas (Del Solar y colaboradores, 2001). Estos autores consideran que es necesario tener presente que, el uso inadecuado de los productos evaluados en esta investigación, ya sea en dosis o momentos de aplicación pueden llevar a no lograr buenos resultados. Ésto hace necesario seguir investigando en cuanto a los efectos de los fitoreguladores y sus combinaciones.

Vijayalakshmi, K. y Mathan, K.K., (1997) trabajaron con Cytozyme<sup>®</sup> en guineo. Cytozyme es un promotor biológico de plantas, que es utilizado para el soporte nutricional que las plantas necesitan. Se compone de micronutrientes y hormonas (GA, IAA y citoquinina). Se ha reportado la influencia de este producto en varias funciones bioquímicas y fisiológicas de la plantas, en especial aumentando el

rendimiento y las cualidades de muchos cultivos (<biblio>).

#### 4.3.4 Millerplex (3-3-3)

Millerplex es un extracto de algas marinas patentizado, proveniente de algas frescas de *Ascophyllum nodosum* (Quelpe) para uso agrícola que incluye, pero no se limita a los siguientes cultivos: alfalfa, maíz, algodón, maní, trigo, guineo, fresa, piña, uva, manzanas y vegetales en general, entre otros. Muy útil en aplicaciones foliares o aplicado en el agua de riego como complemento a un adecuado programa de fertilización al suelo. Contiene aminoácidos y quelpe, los cuales aceleran la movilización de los nutrientes dentro de la planta (Miller Co., 2002).

Uno de los ingredientes activos que contienen los productos hechos con *Ascophyllum nodosum* es la hormona de las plantas llamadas citoquinina (zeatina). Se conocen las citoquininas por la estimulación del crecimiento y por su interacción con otras hormonas de las plantas que regulan numerosas funciones específicas de sus células. Otros compuestos que se han identificado como hormonas de crecimiento en productos obtenidos de *Ascophyllum nodosum* son auxina, betaína y oligosacáridos. También se ha comprobado que estos extractos, al proveer las unidades de crecimiento necesarias para producir compuestos de defensa, promueven la tolerancia contra el estrés. Está demostrado que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con

aplicaciones directas. Además, se ha demostrado que su aplicación a semillas promueve una germinación más temprana y proporciona a las plantas más resistencia al estrés durante su crecimiento juvenil. Las aplicaciones al suelo y la inmersión de las raíces en una solución del extracto de algas marinas se han practicado también bajo ciertas condiciones (Miller Co., 2002).

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación se diseñaron tres experimentos con el propósito de evaluar dos reguladores de crecimiento de plantas y dos fertilizantes. Los parámetros medidos en los tres experimentos fueron los mismos. Los parámetros fueron:

- Peso racimo
- Número manos
- Número frutos
- Circunferencia primera y cuarta mano
- Largo primera y cuarta mano
- Circunferencia pedúnculo

### 5.1. Localización de los experimentos

Esta investigación se realizó en dos fincas. La primera investigación se llevó a cabo en la Finca Laboratorio Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Esta finca se encuentra en la latitud  $18^{\circ}$  N y  $67^{\circ}$  O, con una altitud de 543 pies sobre el nivel del mar. El segundo y tercer experimento se llevaron a cabo en la Finca del Agrónomo Eduardo González ubicada en el Municipio de Isabela, Carr. #2. Km.11.4. Su latitud se encuentra en los  $18^{\circ}$  N y los  $67^{\circ}$  O, con una altitud de 435 pies sobre el nivel del mar.

## 5.2 Descripción de las Fincas

### 5.2.1 Finca Mayagüez

Los suelos de la Finca Alzamora son arcillosos, Serie Daguey (Ultisols), con un declive que varía desde 12 hasta 40 %. Sin embargo el declive donde se llevó a cabo el experimento era uno de un 2 %. El predio donde se llevó a cabo el experimento se le realizó un análisis de suelo para efectos de comparación (Tabla 1). Esta siembra tenía un sistema de riego por goteo. Las plantas fueron sembradas en Marzo 2005 y se encontraban sembradas a una distancia de 183 cm X 183 cm.

#### 5.2.1.2 Prácticas culturales

En el momento de siembra de los plátanos, se aplicó 226.8 gramos de super fosfato triple y etoprofos (Mocap®). El control de malezas se llevó a cabo por medio manual y químico con aplicaciones de Paraquat (Gramoxone®). También se realizó deshoje para disminuir el daño ocasionado por sigatoka (amarilla y negra). Las plantas fueron abonadas al mes después de siembra (226.8 gramos) y luego cada tres meses (226.8 – 340.20 gramos) con un abono 10-5-30-3 +EM.

**Tabla 1. Análisis de suelo realizado en la Finca Alzamora**

<b>Análisis de suelo Finca Alzamora (A)</b>	
pH	5.31
P	6.80 ppm
K	416 ppm
Ca	1,733 ppm
Mg	681 ppm
Cu	2.64 ppm
Fe	44.64 ppm
Mn	13.89 ppm
Zn	1.00 ppm

### 5.2.2 Finca Isabela

El suelo de la Finca del Agrónomo Eduardo González en Isabela es uno arcilloso, Serie Guerrero (Ultisol). Con un declive que varía desde 2 hasta 5 %. Los resultados del análisis aparecen en la tabla 2. El predio donde estaban sembradas las plantas, tenían un sistema de riego por aspersion aérea que aplica aproximadamente 3.81 cm de agua semanales. Las plantas fueron sembradas para el mes de Octubre 2006 y a una distancia de 305 cm x 122 cm.

**Tabla 2. Análisis de suelo realizado en la Finca de Isabela**

<b>Análisis de suelo Finca Eduardo González</b>	
pH	6.80 ppm
P	77.63 ppm
K	1,132 ppm
Ca	4,889 ppm
Mg	114 ppm
Cu	< 1 ppm
Fe	< 1 ppm
Mn	4.36 ppm
Zn	< 1 ppm

### 5.2.2.1 Prácticas culturales

Las plantas madres fueron preparadas abonándolas con un fertilizante de formulación 10-5-20-3+EM aplicando 170.10 gramos por planta mensualmente por los primeros seis meses. Luego se aumentó la aplicación a 226.80 gramos del mismo abono mensualmente. Al observar la emisión del racimo se aplicaron 453.60 gramos.

La eliminación de malezas se realizó por medio de aplicaciones de glifosato a razón de una onza y media por galón antes de que las plantas tuvieran la emisión de las primeras hojas. Luego de esto, se cambia de herbicida a paraquat hasta los

seis meses donde nuevamente se volvió a utilizar glifosato.

Un roto cultivador fue utilizado para arrear el terreno y eliminar malezas, el uso de éste sólo se realizó hasta los cuatro meses ya que las plantas tienen una altura considerable y pueden ser afectadas por algún daño mecánico que le ocasione el tractor a las hojas.

El control de Sigatoka se llevó a cabo luego de cuatro meses de edad utilizando un equipo de asperjar motorizado tipo gansa, en la cuales se hizo una mezcla del fungicida propiconazol (Tilt<sup>®</sup>) con abono 20-20-20 y K-Fol<sup>®</sup>. Esta aplicación se realizó cada 21 días por tres meses. El propiconazol (Tilt<sup>®</sup>) se alternó con los fungicidas como tebuconazol (Elite<sup>®</sup>) y azoxystrobin (Pound<sup>®</sup>) para evitar la resistencia del hongo al producto. Sólo se pueden realizar tres aplicaciones de cada fungicida. Para el control de nemátodos se utilizaron los nematicidas: Vidate L<sup>®</sup> y fenamifos (Nemacur<sup>®</sup>).

### 5.3 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental completo aleatorizado (DCA), compuesto por cuatro tratamientos y tres repeticiones, a tres concentraciones y dos plantas por repetición más el control en el experimento llevado a cabo en Mayagüez. Para un total de 78 plantas de plátanos de la variedad Maricongo.

En Isabela se utilizó el mismo diseño experimental que en Mayagüez. El

segundo experimento consistió de seis tratamientos, tres repeticiones, dos concentraciones y se utilizaron dos plantas por repetición más las plantas control.

En el tercer experimento se utilizaron siete tratamientos incluyendo el testigo (control), dos plantas por tratamiento con tres repeticiones, a dos concentraciones.

#### 5.4 Preparación del Experimento de la Finca Alzamora

Se seleccionaron las plantas de plátanos, donde su inflorescencia se encontraba próximo a emerger (figura 1). Se podía reconocer esta fase cuando se observaba la hoja bandera más pequeña que el resto de las hojas o cuando ya se observaba la inflorescencia saliendo.



**Figura 1. Inflorescencia de plátano antes de aplicar los tratamientos.**

A cada una de las plantas, se le contó el número de hojas sanas que poseía, las hojas secas y las que tenían síntomas de Sigatoka se eliminaron. Se le midió la circunferencia del pseudotallo a cada una de las plantas. Los tratamientos aplicados en este experimento fueron dos reguladores de crecimientos de plantas (RCP): Giberelina-GA<sub>3</sub> (Pro Gibb<sup>®</sup> 4%) y Citoquinina (Benzilaminopurina). Los dos fertilizantes aplicados como tratamientos fueron: K-Fol<sup>®</sup> (55% K<sub>2</sub>O) y Millerplex 3-3-3<sup>®</sup>. Estos cuatros tratamientos fueron aplicados a tres concentraciones diferentes a 100 mg L<sup>-1</sup> (100 ppm), 1000 mg L<sup>-1</sup> (1000 ppm) y 5000 mg L<sup>-1</sup> (5000 ppm), excepto la citoquinina la cual no se aplicó a 5000 ppm (tabla 2). Se utilizaron seis plantas control a las cuales se le aplicó solamente agua destilada. El método empleado para aplicar los tratamientos fue uno en forma de “drench” (al suelo). Cada tratamiento fue diluido en 500 ml de agua destilada y luego se procedía aplicarlo a cada planta seleccionada. Se llevó a cabo una sola aplicación de cada uno de los tratamientos. Los tratamientos fueron asignados a las plantas por el método aleatorio. Los tratamientos se aplicaron según se observaba los racimos (inflorescencia) comenzando a emerger (figura 1). Las aplicaciones de cada uno de los tratamientos, comenzaron en diciembre de 2005 hasta marzo de 2006.

**Tabla 3. Tratamientos aplicados en la Finca Alzamora**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Concentración (ppm)</b>
1	CK	100
2	CK	1000
3	CONTROL	
4	GA	100
5	GA	1000
6	GA	5000
7	K-FOL	100
8	K-FOL	1000
9	K-FOL	5000
10	MILLERPLEX	100
11	MILLERPLEX	1000
12	MILLERPLEX	5000

### 5.5 Preparación del Experimento de la Finca en Isabela

En Isabela se llevaron a cabo dos experimentos simultáneamente comenzando junio del 2006 y terminando octubre del 2006. En el primer experimento se aplicaron los reguladores de crecimientos y fertilizantes individualmente, y en el segundo experimento se hicieron combinaciones de los RCP y fertilizantes.

En el primer experimento se utilizaron 78 plantas de plátano de la variedad Maricongo, que ya tenían nueve meses de sembradas y su racimo (inflorescencia) estaba próximo a emerger (tabla 4). El segundo experimento se utilizó combinaciones ó mezclas de los tratamientos anteriores (tabla 5). En este segundo experimento se utilizaron 84 plantas de plátanos de la variedad Maricongo que tenían el mismo tiempo de sembradas, nueve meses y su racimo (inflorescencia) se encontraba próximo a emerger. Cada uno de los tratamientos fue diluido en 50 ml de agua y fue aplicado en forma de “drench” (al suelo) alrededor de las plantas.

**Tabla 4. Tratamientos aplicados en Isabela a las plantas de plátano del primer experimento.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>
1	ABONO 20-20-20	100
2	ABONO 20-20-20	1000
3	CK	100
4	CK	1000
5	CONTROL	
6	GA	100
7	GA	1000
8	K-FOL	100
9	K-FOL	1000
10	MILLERPLEX	100
11	MILLERPLEX	1000

**Tabla 5. Tratamientos aplicados en Isabela a las plantas de plátanos del segundo experimento.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100
2	CK + ABONO 20-20-21	1000
3	CK + K-FOL	100
4	CK + K-FOL	1000
5	CONTROL	
6	GA + ABONO 20-20-20	100
7	GA + ABONO 20-20-21	1000
8	GA + CK	100
9	GA + CK	1000
10	GA + K-FOL	100
11	GA + K-FOL	1000
12	MILLERPLEX +ABONO	100
13	MILLERPLEX +ABONO	1000

Antes de cosechar los racimos de las plantas de plátanos se volvió a contar el número de hojas que poseía cada planta de plátano. El índice de cosecha establecido fue el tamaño (largo y circunferencia) de los frutos.

### 5.6 Parámetros a medir en los racimos de plátanos

Al momento de la cosecha se contaba el número de frutos que había en cada racimo, el número de manos (gajos) por racimo, se midió circunferencia (cm) y

largo (cm) de tres frutos de la primera mano (Mayagüez y Isabela) y cuarta mano (Isabela), de estas tres medidas se sacaba el promedio. Se midió la circunferencia del pedúnculo solamente a los racimos cosechados en Isabela y finalmente se procedía a tomar el peso (kilogramos) de cada racimo de plátano (figura 2 y 3).

Con estos datos se realizó un análisis de varianza, una prueba DMS y la prueba Dunnett utilizando el programa SAS<sup>®</sup>.



**Figura 2. Medida tomada a los frutos de los racimos de plátanos**



**Figura 3. Medida tomada al pedúnculo de los racimos de plátanos**

## 6 RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Efecto de los tratamientos en el peso de los racimos de plátano.

Al evaluar el efecto que tuvo los diferentes tratamientos aplicados a las plantas de plátanos, se pudo observar unos resultados muy variados. Entre todos los tratamientos aplicados en Mayagüez e Isabela con el objetivo de promover el desarrollo de los racimos de plátanos, se pudo observar diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos al promover el peso promedio de los racimos. Con los tratamientos aplicados en el experimento # 1 se puede observar en la tabla 6 que con aplicaciones de CK a 1000 ppm se aumentó el peso de los racimos a 14.76 kg, comparado con el tratamiento control pesaron 7.96 kg. También los tratamientos de GA y Millerplex tuvieron efecto, se promovió el peso de los racimos. La tabla 7 presenta que con aplicaciones del RCP Pro Gibb ® (GA<sub>3</sub>) 1000 ppm en el experimento # 2 se logró aumentar significativamente el peso de los racimos de plátanos, obteniendo un promedio en los pesos de 21.34 kg comparado con el control que se obtuvo un promedio de 18.77 kg. Cuando se llevó a cabo combinaciones de los diferentes tratamientos (Experimento # 3), se puede observar en la tabla 8 que al aplicar una combinación de Pro Gibb ® (GA<sub>3</sub>) + fertilizante soluble 20-20-20 a 1000 ppm se logró aumentar el peso de los racimos de plátano a 21.24 kg, comparado con

el control produjo racimos de 18.77 kg.

**Tabla 6. Efecto de los tratamientos aplicados a las plantas de plátano en Mayagüez en el peso promedio de los racimos.**

<b>Número</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>ppm</b>	<b>Peso Promedio</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Racimo (kg)</b>
1	CK	100	8.97 cd
2	CK	1000	14.76 a
3	CONTROL		7.96 d
4	GA	100	14.11 ab
5	GA	1000	13.51 ab
6	GA	5000	12.37 abc
7	K-FOL	100	7.68 d
8	K-FOL	1000	10.71 bcd
9	K-FOL	5000	10.56 bcd
10	MILLERPLEX	100	11.24 abcd
11	MILLERPLEX	1000	8.74 cd
12	MILLERPLEX	5000	13.20 ab

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Al comparar los resultados obtenidos en Mayagüez con los de Isabela se encontró que para el desarrollo del peso de los racimos actuaron diferentes tratamientos, esto se pudo deber a que las plantas no absorbieron de igual manera los tratamientos. En Mayagüez las plantas no tenían un buen sistema de riego comparado con el de Isabela. El agua ayuda en la absorción de nutrientes y compuestos. Las plantas sembradas en Mayagüez absorbieron más la

citoquinina por su sistema radicular que la giberelina.

**Tabla 7. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en Isabela en el peso de los racimos.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Peso Promedio</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Racimo (kg)</b>
1	ABONO 20-20-20	100	19.07 ab
2	ABONO 20-20-20	1000	19.78 ab
3	CK	100	17.88 b
4	CK	1000	17.52 b
5	CONTROL		18.77 b
6	GA	100	17.34 b
7	GA	1000	21.34 a
8	K-FOL	100	19.04 ab
9	K-FOL	1000	19.82 ab
10	MILLERPLEX	100	18.93 ab
11	MILLERPLEX	1000	20.00 ab

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

El mejor tratamiento aplicado en tener efecto en el peso de los racimos, fue la GA<sub>3</sub>. Se conoce que las giberelinas como RCP es efectiva en mantener y promover el alargamiento celular (Gillaspy y colaboradores 1993; Ozga y Denny, 2003, citado por Zhang, 2005), esta fitohormona es utilizada para promover un mayor tamaño en plantas y frutas. Aplicaciones de giberelinas exógenas son utilizadas para el agrandamiento de frutas en la producción de uvas y peras (Hayashi y Tanabe, 1991 citado por Zhang, 2005). Sin embargo, autores han

enfaticado que hay poca información publicada sobre los mecanismos fisiológicos y el rol de las GAs en el desarrollo de los frutos (Hayashi y Tanabe, 1991, citado por Zhang, 2005).

**Tabla 8. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en Isabela en el peso de los racimos.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Peso Promedio Racimo (kg)</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	
1	CK + ABONO 20-20-20	100	19.27 abc
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	20.48 ab
3	CK + K-FOL	100	17.48 cd
4	CK + K-FOL	1000	17.86bcd
5	CONTROL		18.77 bcd
6	GA + ABONO 20-20-20	100	19.86 abc
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	21.24 a
8	GA + CK	100	16.83 d
9	GA + CK	1000	17.93 bcd
10	GA + K-FOL	100	19.75 abc
11	GA + K-FOL	1000	20.04 abc
12	MILLERPLEX +ABONO	100	17.57 cd
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	19.86 abc

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Lest Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Un fruto de Maricongo debe tener un peso de 270 gramos o más para ser considerado mercadeable (Irizarry y colaboradores, 1998), durante estas investigaciones no se llegó a trabajar en pesar los frutos individualmente, solo se

trabajó el peso completo del racimo.

Son varios los factores que pudieron influenciar en el aumento del peso en los racimos por ejemplo: pudo ocurrir un aumento en el grosor de la cáscara de los frutos, se aumentó el número de frutos por racimo y/o se desarrollaron frutos de un mayor tamaño, esto debido al alargamiento de las células en el racimo, que es el efecto ocasionado por la GAs. El peso final del racimo en cada planta estaría relacionado con: peso (tamaño) de la flor, número de hojas cuando ocurre floración, número de hojas al momento de cosechar, grosor del raquis (pedúnculo) floral a la altura de la primera mano del racimo (Canyon, G., Lozada, E. 1995, y Belalcazar, S., Nava, C. 1999, citado por Nava, C. y Vera, J. 2004). Así que estos parámetros son otros factores que están bien relacionados con el desarrollo y el peso final de los racimos de plátanos. Si no tenemos un número apropiado de hojas funcionales al momento de emerger el racimo no vamos a lograr obtener unos racimos con un peso y tamaño apropiado y deseable para el consumidor. El tamaño de la planta y el peso el racimo *Musa spp.* dependen directamente de la cantidad y tamaño de las hojas funcionales (Martínez-Garnica, 1984, citado por Blomme y colaboradores, 2000). Cualquier reducción en el peso del racimo pudiese ser efecto del bajo número inicial de hojas y/o el deterioro de ellas por acción de patógenos u otros agentes bióticos (Guillent, G. y colaboradores, 1984 citado por Nava, C y Vera, J., 2004). Es evidente que el proceso de llenado del racimo debe iniciarse con un mínimo de hojas (8 a 11 en plátanos) con una reducción gradual del área

fotosintética, teniéndose un máximo de 4 hojas pérdidas al momento de la cosecha (Nava, C y Vera, J., 2004).

Es importante promover en las plantas un buen desarrollo de sus hojas, cuidándola de daños por patógenos, enfermedades y viento (reduce el tamaño racimo 20%). Cualquier factor que cause un daño irreversible a la lámina de las hojas tiene un efecto negativo en el crecimiento del racimo, por la pérdida de área fotosintética durante este periodo crítico (Parra, 1999). El tamaño de la planta y del racimo depende directamente del número y tamaño de las hojas funcionales (Salas, 2007). Así que el efecto de los tratamientos en las plantas no hubiese tenido un efecto positivo si las plantas de plátanos no tuvieran un número razonable de hojas al momento del llenado de los frutos. Al momento de la cosecha de los racimos las plantas tenían un promedio de hojas que fluctuaban entre 6 a 10 hojas funcionales por planta de plátano. Bajo esta situación se tiene un racimo bien desarrollado, de buen peso comercial (Nava y Vera, 2004). Las hojas más viejas ayudan al crecimiento del racimo (Cayón y colaboradores, 1999, citado por Nava y Vera, 2004) y las tres hojas superiores suplen las necesidades de la planta. La producción y desarrollo de hojas se detiene cuando emerge el racimo (Salas, 2007).

### 6.1.2 Efecto de los diferentes tratamientos aplicados en el desarrollo del pedúnculo de los racimos.

En el experimento llevado a cabo en Mayagüez (Experimento #1), el pedúnculo no era un parámetro a determinar. La tabla 9 nos presenta el efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ) que tuvo el fertilizante 20-20-20 (abono), tanto a 100 y 1000 ppm en desarrollo (circunferencia) del pedúnculo. Se promovió el engrosamiento del pedúnculo con un promedio de 17.42 cm de circunferencia, comparado con el control que obtuvo un promedio de 15.92 cm. Las aplicaciones de 20-20-20 los ayudaron en un mayor desarrollo del pedúnculo. La GA, K-Fol y Millerplex, también tuvieron su efecto en promover un mayor grosor del pedúnculo.

**Tabla 9. Efecto de los tratamientos en el desarrollo del pedúnculo de los racimos del experimento # 2.**

Número	Tratamiento	ppm	Circunferencia
Tratamiento		(mg L <sup>-1</sup> )	del pedúnculo (cm)
1	ABONO 20-20-20	100	17.42 a
2	ABONO 20-20-20	1000	17.42 a
3	CK	100	16.50 bc
4	CK	1000	16.30 bc
5	CONTROL		15.92 c
6	GA	100	16.58 abc
7	GA	1000	17.40 ab
8	K-FOL	100	17.17 ab
9	K-FOL	1000	17.33 ab
10	MILLERPLEX	100	17.15 ab
11	MILLERPLEX	1000	17.33 ab

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

La tabla 10 nos presenta el efecto que tuvo las combinaciones de los tratamientos en el desarrollo del pedúnculo, donde se encontró que con aplicaciones de Millerplex a 1000 ppm se obtuvo un promedio 17.67 cm en la circunferencia del pedúnculo, comparado con el control que se obtuvo un promedio de 15.92 cm. La CK que posee, esté producto comercial ayudó en el transporte de nutrientes hacia el pedúnculo de los racimos. El tener un pedúnculo con un mayor grosor, ayuda en el soporte de las manos de cada racimo. Se evita que el peso del racimo parta el pedúnculo. El aumento en peso de los racimos puede estar influenciado por el desarrollo del pedúnculo de cada racimo.

**Tabla 10 Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 3 en la circunferencia del pedúnculo.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Circunferencia</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>del pedúnculo (cm)</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100	16.70 abc
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	16.90 abc
3	CK + K-FOL	100	16.60 abc
4	CK + K-FOL	1000	16.40 bc
5	CONTROL		15.92 c
6	GA + ABONO 20-20-20	100	17.08 ab
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	17.25 ab
8	GA + CK	100	16.92 abc
9	GA + CK	1000	16.50 bc
10	GA + K-FOL	100	17.17 ab
11	GA + K-FOL	1000	16.83 abc
12	MILLERPLEX +ABONO	100	16.50 bc
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	17.67 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

### 6.1.3 Efecto de los tratamientos aplicados, en aumentar el número de manos (gajos) en cada uno de los racimos de plátanos.

El número de mano que poseía cada racimo fue uno de los parámetros determinados tanto en los experimentos llevados a cabo en Mayagüez como en los dos experimentos llevados a cabo en Isabela. La tabla 11 nos presenta el efecto de los tratamientos en aumentar el número de manos en cada racimo. Donde se observa que hubo diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre el número de manos.

**Tabla 11. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en aumentar el número de manos (gajos).**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de Mano Racimo</b>
1	CK	100	4.83 d
2	CK	1000	5.75 cd
3	CONTROL		6.33 bcd
4	GA	100	7.67 ab
5	GA	1000	8.00 ab
6	GA	5000	8.00 ab
7	K-FOL	100	5.83 cd
8	K-FOL	1000	7.00 bc
9	K-FOL	5000	7.00 bc
10	Millerplex	100	8.00 ab
11	Millerplex	1000	6.67 bc
12	Millerplex	5000	8.26 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Millerplex a 5000 ppm promovió un mayor número de manos por racimo, con un promedio de 8.26 manos. Posiblemente las CK es parte del TRNA, aparentemente hay una sobre expresión del DNA. En la tabla 12 se puede observar que ninguno de los tratamientos aplicados tuvo efecto significativo en desarrollar un mayor número de manos en cada racimo comparado con el control.

**Tabla 12. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en Isabela en el desarrollo de manos en los racimos.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de Mano Racimo</b>
1	ABONO 20-20-20	100	8.00 ab
2	ABONO 20-20-20	1000	7.78 b
3	CK	100	8.25 ab
4	CK	1000	8.6 ab
5	CONTROL		8.31 ab
6	GA	100	8.00 ab
7	GA	1000	8.00 ab
8	K-FOL	100	8.44 ab
9	K-FOL	1000	8.00 ab
10	MILLERPLEX	100	8.78 a
11	MILLERPLEX	1000	8.43 ab

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

La tabla 13 presenta que no hubo diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos aplicados en combinaciones en promover un mayor desarrollo de mano por racimo. Todos los tratamientos aplicados llevando acabo combinaciones

de éstos o sin llevar a cabo combinaciones reflejaron una producción de manos que fluctuaban entre los 5 a 8.5 manos por racimo.



**Figura 4. Racimo de plátano de la variedad Maricongo tratado con Millerplex a 5000 ppm con 8 manos.**

Con la combinación de CK + K-fol a 1000 ppm se desarrollaron racimos de plátanos con un promedio de 8.67 manos, comparado con el control que solo produjo un promedio de 8.31 manos por racimo (figura 5). Si vemos estos resultados evaluándolos de forma no estadística lo que se obtuvo fueron racimos de plátanos de la variedad Maricongo con un total de 8 manos, así que los tratamientos

aplicados tanto las hormonas, como los fertilizantes no tuvieron efecto en desarrollar una mayor cantidad de manos por racimo al compararlo con las plantas control que produjo 8 manos por racimo. Los plátanos de la variedad Maricongo producen alrededor de 6 manos en sus racimos (Salas, 2007).



**Figura 5. Comparación entre un racimo de una planta control y un racimo tratado con CK a 100 ppm con el mismo número de manos por racimo.**

**Tabla 13. Efecto de los tratamientos aplicados en Isabela en el tercer experimento en el desarrollo de las manos en los racimos.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Número de Mano</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Racimo</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100	8.00 a
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	8.00 a
3	CK + K-FOL	100	8.25 a
4	CK + K-FOL	1000	8.67 a
5	CONTROL		8.31 a
6	GA + ABONO 20-20-20	100	8.00 a
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	8.33 a
8	GA + CK	100	7.83 a
9	GA + CK	1000	8.00 a
10	GA + K-FOL	100	8.43 a
11	GA + K-FOL	1000	8.00 a
12	MILLERPLEX +ABONO	100	8.00 a
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	8.13 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

#### 6.1.4 Efecto de los tratamientos aplicados en el número de frutos por racimo.

Con los tratamientos aplicados se pudo observar diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los tres experimentos. La tabla 14 nos presenta que con aplicaciones de Millerplex® a 5000 ppm se logró aumentar significativamente el número de frutos a un promedio de 58.17 comparado con el control que produjo racimos con 38.17

frutas. Se conoce que los RCP actúan a bajas concentraciones, se sabe que las CK ayudan en el transporte de nutrientes y división celular. Estos dos efectos se pudo observar en el desarrollo del número de frutos, donde se promovió un mayor número de células, aumentando el número de frutos y un mayor transporte de los nutrientes de esté producto comercial a los frutos.

**Tabla 14. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en aumentar el número de frutos por racimo.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número Frutos Racimo</b>
1	CK	100	32.75 e
2	CK	1000	35.38 d
3	CONTROL		38.17 cd
4	GA	100	54.83 ab
5	GA	1000	47.00 abcd
6	GA	5000	49.67 abc
7	K-FOL	100	33.33 d
8	K-FOL	1000	41.17 bcd
9	K-FOL	5000	37.67 cd
10	Millerplex	100	45.17 abcd
11	Millerplex	1000	39.00 cd
12	Millerplex	5000	58.17 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Lest Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

**Tabla 15. Efecto de los tratamientos utilizados en Isabela en el segundo experimento en el número de frutos por racimo.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número Frutos Racimo</b>
1	ABONO 20-20-20	100	55.11 b
2	ABONO 20-20-20	1000	53.11 b
3	CK	100	53.50 b
4	CK	1000	54.60 b
5	CONTROL		54.54 b
6	GA	100	57.86 a
7	GA	1000	54.60 b
8	K-FOL	100	57.11 a
9	K-FOL	1000	55.00 b
10	MILLERPLEX	100	52.56 b
11	MILLERPLEX	1000	58.43 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos



**Figura 6. Racimo de plátano tratado con Millerplex a 1000 ppm.**

En la tabla 15 se puede observar que con aplicaciones de GA a 100 ppm, K-FOL a 100 ppm y Millerplex a 1000 ppm se logró aumentar significativamente el número de frutos en cada racimo (figura 6). Se obtuvo un promedio de 57.86, 57.11 y 58.43 frutos por racimo, respectivamente comparado con el control cuyo promedio fue de 54.54 frutas.

La variedad Maricongo o Guayabero, que es tipo cuerno produce de 50 a 55 frutas por racimo. Esta variedad es la más que se recomienda para siembras comerciales, ya que no se tiene que pensar en remover ningún gajo y produce la mayoría de las frutas clasificados como primera (Salas, 2007). Con los tratamientos aplicados se logró sobrepasar esta cantidad de frutas que normalmente produce la variedad Maricongo. Los dos fertilizantes y la GA tuvieron su efecto en el número de frutas. Debido a que con los fertilizantes hubo acumulación de los nutrientes en los frutos, ocasionando un mayor desarrollo y crecimiento de estos. Con la GA se promovió el alargamiento de las células de los frutos, se conoce que no todos los frutos de un racimo de plátano se desarrollan, haciéndolos no mercadeables.

Con aplicaciones de ácido giberélico en guineo *Musa AAA* han mostrado aumentar la producción y mejorar las cualidades de la fruta (Tadros y colaboradores, 1984, citado por Irizarry y colaboradores 1998). Irizarry, H. en 1998 encontró que con aplicaciones en aspersion de Pro-Gibb® (GA<sub>3</sub>) a una concentración de 100 ml/L (100 ppm) a los frutos de “Superplátano enano, AAB”, no tenían ningún efecto significativo en la apariencia de los racimos y los frutos de cada planta tratada. Este

tratamiento fue aplicado en forma directa a los frutos cuando se encontraban en su proceso de desarrollo y crecimiento (llenado). Se puede entender que los frutos no absorbieron la GA por el exocarpio (cáscara), así que la metodología utilizada en ese experimento no tuvo efecto en el desarrollo de los frutos (Irizarry y colaboradores, 1998). Aplicar la GA<sub>3</sub> directamente en los frutos no tiene ningún efecto en el desarrollo de los frutos, pero si aplicamos esta hormona alrededor de las raíces de la planta, está es absorbida y sus efectos se pueden observar tanto en los racimos como en la planta. En cada una de las manos se desarrollan un número de frutos que no es fijo. El punto más importante ó crítico en este experimento fue determinar cuando aplicar cada uno de los tratamientos. La división celular ocurre 30 días antes de que emerge el racimo y el alargamiento celular comienza a ocurrir después que emerge el racimo (Salas, 2007).

La tabla 16 nos presenta que con aplicaciones de CK + abono 20-20-20 a 1000 ppm. Se aumentó significativamente el número de frutos por racimo a 58.00 comparado con el control, que produjo 54.54 frutas. La CK aumentó el transporte del abono 20-20-20 hacia los frutos, aumentando el número de frutos por racimo.

**Tabla 16. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en Isabela en el número de frutos por racimo.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número Frutos Racimo</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100	55.60 b
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	58.00 a
3	CK + K-FOL	100	51.75 b
4	CK + K-FOL	1000	54.50 b
5	CONTROL		54.54 b
6	GA + ABONO 20-20-20	100	53.75 b
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	55.11 b
8	GA + CK	100	53.17 b
9	GA + CK	1000	56.50 b
10	GA + K-FOL	100	56.14 b
11	GA + K-FOL	1000	53.25 b
12	MILLERPLEX +ABONO	100	54.00 b
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	54.00 b

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Lest Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

El desarrollo de los racimos, el cual es determinado por el número de frutos producidos, depende de las reservas almacenadas en el rizoma de la planta (Wardlaw, 1972, citado por Ramsey y colaboradores 1990). Se ha observado que aunque se aplique reguladores de crecimiento y fertilizante a la planta para el desarrollo de los frutos, pero si en el rizoma de la planta no se almacena suficientes reservas. Por más tratamientos que se le aplique a la planta estas no se desarrollan a su mayor capacidad.



**Figura 7. Racimo de plátano tratado con CK + fertilizante 20-20-20 a 1000 ppm**

#### 6.1.5 Efecto de los tratamientos en aumentar el tamaño (largo y circunferencia) de los frutos de la primera mano de los racimos.

Otro de los parámetros a determinar con las aplicaciones de RCP y los fertilizantes fue determinar el efecto que tenía éstos aumentando el largo (cm) de los frutos de la primera mano. Se encontró que ninguno de los tratamientos aplicados en los tres experimentos tuvieron efecto significativo ( $p \geq 0.05$ ) en ocasionar que los frutos aumentaran su tamaño comparados con el control. En la tabla 17 y 18 se presentan los resultados obtenidos en los experimentos.

**Tabla 17. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en el tamaño (largo) de los frutos de la primera mano.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Largo Frutas</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(cm)</b>
1	ABONO 20-20-20	100	33.07 a
2	ABONO 20-20-20	1000	34.01 a
3	CK	100	33.50 a
4	CK	1000	34.07 a
5	CONTROL		33.32 a
6	GA	100	30.02 c
7	GA	1000	30.40 bc
8	K-FOL	100	33.37 a
9	K-FOL	1000	32.43 ab
10	MILLERPLEX	100	32.52 ab
11	MILLERPLEX	1000	32.64 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Lest Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Un fruto de Maricongo debe tener un largo de 25.4 cm o más para ser considerado mercadeable (Soto-Santiago, 1994). Irizarry, H. y colaboradores (1998) encontró que a plátanos tipo Congo, variedad "Superplátano enano" se le removía manos, dejándole solo tres se aumentaba el largo y el diámetro de los frutos. El plátano se vende por unidades, frutas que sean uniformes y grandes adquieren un mayor precio, particularmente para los meses de diciembre a mayo, cuando la demanda local excede la producción (Irizarry y colaboradores, 1995).

**Tabla 18. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en el tamaño (largo) de los frutos de la primera mano de los racimos.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Largo Frutas</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(cm)</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100	34.50 a
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	34.33 a
3	CK + K-FOL	100	32.54 abc
4	CK + K-FOL	1000	32.89 abc
5	CONTROL		33.32 ab
6	GA + ABONO 20-20-20	100	34.25 a
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	33.60 ab
8	GA + CK	100	31.53 bc
9	GA + CK	1000	31.00 c
10	GA + K-FOL	100	34.10 a
11	GA + K-FOL	1000	34.13 a
12	MILLERPLEX +ABONO	100	32.42 abc
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	32.67 abc

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Los tratamientos utilizados no tuvieron efecto en desarrollar los frutos de la primera mano. El largo promedio de todos los tratamientos fue 32.20 cm, lo que se observó fue una reducción en tamaño. Sin embargo, hubo efecto en desarrollar un mayor grosor de los frutos de la primera mano (tabla 19). Hubo una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con los tratamientos aplicados. En esta misma tabla 19 se puede observar que, el fertilizante K-fol<sup>®</sup> a 100 ppm logró desarrollar en los frutos de la primera mano una mayor circunferencia (figura 8). Este fertilizante está hecho mayormente a base de potasio (K<sub>2</sub>O), el cual se encuentra a un 55%. K-fol<sup>®</sup> produjo

frutos en la primera mano con una circunferencia de 16.03 cm comparado con las plantas testigos (control) que produjo frutos de 13.34 cm.

**Tabla 19. Efecto de los tratamientos aplicados en Mayagüez en aumentar la circunferencia de los frutos de la primera mano.**

<b>Número</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>ppm</b>	<b>Circunferencia</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(cm)</b>
1	CK	100	15.04 b
2	CK	1000	15.84 ab
3	CONTROL		13.34 b
4	GA	100	14.95 b
5	GA	1000	15.58 b
6	GA	5000	15.64 b
7	K-FOL	100	16.03 a
8	K-FOL	1000	15.83 ab
9	K-FOL	5000	15.22 b
10	MILLERPLEX	100	14.83 b
11	MILLERPLEX	1000	14.75 b
12	MILLERPLEX	5000	14.69 b

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Lest Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

El K actuó en el llenado de los frutos, aumentando así la pulpa del fruto la cual es la parte comestible. El potasio se observa que aumenta rápidamente su absorción durante el periodo de iniciación floral y llenado del fruto, luego parece detenerse o disminuir mucho después de la floración (Finol, J. y colaboradores 2004).

La tabla 20 nos presenta el efecto de los tratamientos en el desarrollo de la circunferencia de los frutos de la primera mano, donde no se presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. El fertilizante soluble 20-20-20 a 1000 ppm produjo frutas en la primera mano con una circunferencia de 16.80 cm comparado con el control, que produjo frutos con una circunferencia de 16.23 cm, donde se puede observar que fue el que produjo mejores resultados.

**Tabla 20. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento # 2 en la circunferencia de los frutos de la primera mano.**

Número	Tratamiento	ppm	Circunferencia
Tratamiento		(mg L <sup>-1</sup> )	(cm)
1	ABONO 20-20-20	100	16.65 ab
2	ABONO 20-20-20	1000	16.80 a
3	CK	100	16.67 ab
4	CK	1000	15.97 ab
5	CONTROL		16.23 ab
6	GA	100	16.05 ab
7	GA	1000	15.83 ab
8	K-FOL	100	16.74 ab
9	K-FOL	1000	16.12 ab
10	MILLERPLEX	100	16.29 ab
11	MILLERPLEX	1000	16.64 ab

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Este fertilizante es un producto comercial de un costo accesible lo cual lo hace de fácil adquisición. Para un productor de plátano le daría buenos resultados en el desarrollo de los frutos. Este fertilizante 20-20-20 le esta proveyendo a la planta unas cantidades iguales de nitrógeno, fósforo y potasio.

Fernández, E. y colaboradores (1977), en un estudio con plátano donde realizaron análisis foliares en dos fases de desarrollo del mismo: floración y corte, encontraron, que en la fase de corte del plátano, su alta producción de frutas está extremadamente asociada a las elevadas concentraciones de K. Altas aplicaciones de P pueden incidir negativamente en el peso de los racimos, ya que este elemento es acumulado en el cormo en las primeras etapas de crecimiento de la planta.

**Figura 8. A) Frutos de plátano tratados con K-FOL a 100 ppm en promover un aumento en grosor de los frutos de la primera mano. B) Control**



La tabla 21 nos presenta que no hubo una diferencia significativa entre la combinación de los tratamientos en promover una mayor circunferencia de los frutos de la primera mano. Los resultados más altos se obtuvieron con una combinación de GA<sub>3</sub> + fertilizantes soluble 20-20-20 a 100 ppm logró el mayor grosor de los frutos 17.02 cm comparado con las plantas control que solo fue de un 16.23 cm de circunferencia.

**Tabla 21. Efecto de los tratamientos aplicados en el experimento #3 en la circunferencia de los frutos de la primera mano de los racimos.**

Número	Tratamiento	ppm	Circunferencia
Tratamiento		(mg L <sup>-1</sup> )	(cm)
1	CK + ABONO 20-20-20	100	16.87 a
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	16.40 a
3	CK + K-FOL	100	16.00 a
4	CK + K-FOL	1000	16.64 a
5	CONTROL		16.23 a
6	GA + ABONO 20-20-20	100	17.02 a
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	16.35 a
8	GA + CK	100	16.25 a
9	GA + CK	1000	16.08 a
10	GA + K-FOL	100	17.02 a
11	GA + K-FOL	1000	16.14 a
12	MILLERPLEX +ABONO	100	16.31 a
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	17.10 a

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

### 6.1.6 Efecto de los tratamientos en el tamaño (largo y circunferencia) de los frutos de la cuarta mano de los racimos de plátanos de la variedad Maricongo.

En el primer experimento, no se evaluó el efecto que tenía cada uno de los tratamientos aplicados en el largo de los frutos de la cuarta mano. Al estudiar el efecto que podía tener los tratamientos en desarrollar el largo de los frutos de la cuarta mano en Isabela se encontró que había diferencia significativa entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). La tabla 22 nos presenta que con aplicaciones de Pro Gibb<sup>®</sup> ( $Ga_3$ ) a 1000 ppm se desarrollaron frutas significativamente con un largo de 33.83 cm comparado con el control que produjo frutas de 31.78 cm. Este mismo efecto no se observó en los frutos de la primera mano, donde no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Vargas y colaboradores, (1999) citado por Delgado y colaboradores (2003) indican que la variación en las dimensiones (longitud y diámetro) de los frutos de las manos superiores con respecto a las inferiores, es consecuencia de factores genéticos. Los RCP son considerados como modificadores de la acción de genes. La GA demostró su efecto en el tamaño de éstos, promoviendo el alargamiento de las frutas. Las manos superiores tienden a ser de mayor tamaño que las inferiores. El largo de las frutas es el criterio utilizado para clasificar los plátanos como: primera o segunda. Si se promueve una mayor longitud y grosor de los frutos de la cuarta mano estos pueden ser clasificados como primera y tener un precio superior en el mercado.

**Tabla 22. Efecto de los tratamientos en el segundo experimento en el tamaño (largo) de los frutos de la cuarta mano.**

<b>Número</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm</b>	<b>Largo Frutas</b>
<b>Tratamiento</b>		<b>(mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>(cm)</b>
1	ABONO 20-20-20	100	30.91 bc
2	ABONO 20-20-20	1000	31.31 bc
3	CK	100	30.67 bc
4	CK	1000	30.80 bc
5	CONTROL		31.78 b
6	GA	100	27.19 d
7	GA	1000	33.83 a
8	K-FOL	100	31.06 bc
9	K-FOL	1000	30.26 c
10	MILLERPLEX	100	30.25 c
11	MILLERPLEX	1000	30.50 bc

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa  
 Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General  
 Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Al llevar a cabo combinaciones de los diferentes tratamientos, no se encontró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos aplicados y el control. La tabla 23 nos presenta que Pro Gibb<sup>®</sup> a 1000 ppm también tuvo efecto en desarrollar los frutos de la cuarta mano con una mayor circunferencia que el tratamiento control. Este regulador de crecimiento produjo frutas con una circunferencia de 16.33 cm el cual al compararlo con las frutas de las plantas control se desarrollaron frutas con una circunferencia de 15.77 cm.

**Tabla 23. Efecto de los tratamientos aplicados en el segundo experimento en la circunferencia de los frutos de la cuarta mano.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Circunferencia Frutas (cm)</b>
1	ABONO 20-20-20	100	15.87 abc
2	ABONO 20-20-20	1000	15.85 abcd
3	CK	100	16.25 ab
4	CK	1000	15.10 ef
5	CONTROL		15.77 bdc
6	GA	100	14.93 f
7	GA	1000	16.33 a
8	K-FOL	100	15.48 cdef
9	K-FOL	1000	15.60 cde
10	MILLERPLEX	100	15.30 def
11	MILLERPLEX	1000	15.85 abcd

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Al obtener frutas con una mayor circunferencia, se entiende que son frutas que poseen una mayor cantidad de pulpa. Los racimos en estado de madurez fisiológica muestran una distribución de biomasa en la pulpa de los frutos de 82.3% de materia seca, en la cáscara 16.6%, en el raquis 1.5% (Morales y colaboradores, 1998, citado por Cayón, 2004).

La tabla 24 nos presenta que al hacer combinaciones de los tratamientos, se encontró que al combinar Pro Gibb ® (GA<sub>3</sub>) + fertilizantes soluble a 100 ppm se

logró una circunferencia de los frutos de 16.10 cm la cual es significativamente superior a los frutos de las plantas control que produjo frutos con 15.77 cm de grosor (figura 9).

**Tabla 24. Efecto de los tratamientos aplicados en el tercer experimento en la circunferencia de los frutos de la cuarta mano.**

<b>Número Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>ppm (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Circunferencia Frutas (cm)</b>
1	CK + ABONO 20-20-20	100	15.77 ab
2	CK + ABONO 20-20-20	1000	15.50 abc
3	CK + K-FOL	100	15.25 bcd
4	CK + K-FOL	1000	15.53 abc
5	CONTROL		15.77 b
6	GA + ABONO 20-20-20	100	16.10 a
7	GA + ABONO 20-20-20	1000	15.11 cd
8	GA + CK	100	15.35 bc
9	GA + CK	1000	14.67 d
10	GA + K-FOL	100	16.07 a
11	GA + K-FOL	1000	16.00 a
12	MILLERPLEX +ABONO	100	15.52 abc
13	MILLERPLEX +ABONO	1000	15.73 abc

DMS = (Diferencia Mínima Significativa) Letras diferentes indican diferencia significativa

Analizado en el programa SAS usando el Modelo Lineal General

Fisher's Least Significant Difference test ( $\alpha = 0.05$ ) usado para comparar los tratamientos

Si comparamos este tratamiento Pro Gibb® (GA<sub>3</sub>) + fertilizantes soluble a 100 ppm con el tratamiento anterior Pro Gibb® (GA<sub>3</sub>) a 1000 ppm se obtuvo los mismos resultados lo cual nos permite deducir que lo que actuó en el desarrollo de la circunferencia en los frutos de la cuarta mano fue la giberelina. Se ha encontrado

que frutas de cerezas rociadas con GAs son más grandes y firmes, efecto similares a estos se encontró en los frutos de plátanos, en especial los de la cuarta mano (Looney y Lidster, 1980; Facticeau, 1982, citado por Lurie, 2000). Respuestas similares se encontraron en toronjas y en melocotones (Southwick y Yeager, 1995, citado por Lurie, 2000).

Aplicaciones tempranas de GAs aumenta el tamaño final de muchas frutas con las cuales se ha trabajado. Las aplicaciones llevadas a cabo durante este experimento fueron en la etapa donde el racimo se encontraba próximo a emerger. Se sabe que las GAs actúan en los racimos de plátanos 30 días después que ha emergido el racimo, debido a que en ese tiempo es que está ocurriendo el alargamiento celular. Lo más importante para un productor de plátano es desarrollar un mayor tamaño de los frutos, debido a que los frutos es la parte de la planta que mayormente se mercadea y frutos más grandes y uniformes demandan un mayor precio en el mercado. Mayormente los consumidores a la hora de adquirir un producto comestible se dejan llevar por sus apariencias externas y físicas.



**Figura 9. Efecto de la GA + fertilizante 20-20-20 en el grosor (circunferencia) de los frutos de la cuarta mano.**

#### 6.2.1 Otros efectos de los Reguladores de Crecimiento de plantas.

Lo que se pudo observar en los racimos de plátanos tratados con Pro Gibb® (GA<sub>3</sub>) a 1000 ppm y 5000 ppm fue la distancia que había entre una mano y otra en los racimos (figura 10). A pesar de que no se logró aumentar el grosor del pedúnculo, se observaron que los racimos tratados con giberelina mostraban un alargamiento del pedúnculo logrando así una distancia entre mano y mano superior a otros tratamientos.



**Figura 10. Efecto de la GA en el alargamiento del pedúnculo de los racimos de plátanos.**

Otros de los efectos encontrados con la  $GA_3$  fue que a altas concentraciones (1000 y 5000 ppm) tenía un efecto en los hijos (retoños) de las plantas, ocasionando que estas crecieran (alargaran) considerablemente (figura 11). Su efecto era bien marcado en los retoños. Estos caen en latencia donde no se desarrollan y sus hojas permanecen cerradas. Luego de varias semanas esa latencia desaparece y los retoños continúan su crecimiento normal.



**Figura 11. Efecto de la GA a 5000 ppm en el crecimiento de los retoños (hijos) de las plantas de plátanos.**

Swennen y Wilson (1982) en una investigación preliminar con aplicaciones de GA<sub>3</sub> a 1000 ppm inyectaron esta hormona directa a los retoños en varias ocasiones, encontraron que se estimulaba el desarrollo de los retoños. Obteniendo una altura de 245 cm a 260 cm después de 4 y 6 semanas de tratamiento. Soto, S y Salas, S (2007) encontraron que con aplicaciones de auxinas en forma de “drench” o foliar ocurría un mayor aumento en el número de retoños en las plantas. Al aplicar TIBA 100 ppm y 2,4-D + TIBA a 1,000 ppm en forma de “drench” (al suelo) y foliar 2,4-D a 50 ppm es que ocurría este aumento en el número de retoños.

## 7 CONCLUSIONES

- El 90% de la producción local de plátanos en Puerto Rico es de la variedad Maricongo, debido a su alta producción de frutos y excelente calidad culinaria.
- En este experimento se logró aumentar el número de frutos por racimo, el número de manos, el peso de los racimos, el largo y circunferencia de los frutos, por medio de cualquier RCP y fertilizantes.
- Uno de los resultados más importantes de este experimento fue lograr aumentar el número y tamaño de los frutos por racimo, ya que estos dos factores contribuyen a facilitar el mercado de los plátanos y ganancia económica de los agricultores.
- Para que se pueda observar un efecto de los RCP y los fertilizantes en el llenado de los frutos, las plantas deben poseer de 8 - 11 hojas funcionales al momento de la inflorescencia.
- Es importante el riego suplementario a las plantas cuando se aplique los RCP, para que estos tengan efecto en la planta y en los racimos.
- El mejor tratamiento para promover un mayor peso de los racimos es la GA<sub>3</sub> + fertilizantes soluble 20-20-20 a 1000 ppm. .
- Con aplicaciones de Millerplex<sup>®</sup> a 5000 ppm y 1000 ppm se aumenta significativamente el número de frutos por racimo de plátano.

- Con GA<sub>3</sub> a 1000 ppm se aumenta el tamaño de las frutas de la cuarta mano, obteniendo una mayor circunferencia y largo.
- Si se realizan aplicaciones de GA<sub>3</sub> a 1000 y a 5000 ppm se promueve un mayor crecimiento de los retoños (hijos) de la planta madre.
- El producto K-FOL es recomendado por las compañías suplidoras comercialmente a los agricultores para el desarrollo de frutos.

## 8 RECOMENDACIONES

Son muchas las investigaciones realizadas sobre el desarrollo de frutos con diferentes Reguladores de Crecimientos de Plantas. En el caso del plátano este farináceo es uno de los cultivos más consumido por los puertorriqueños. Se debe continuar trabajando en:

- Aumentar el número de aplicaciones de los tratamientos por planta.
- Aplicar la citoquinina a los 30 días antes de emerger el racimo, ya que es donde ocurre mayor división celular.
- Aplicar la GAs cuando abre la inflorescencia que es donde esta ocurriendo el alargamiento celular.
- Aumentar las concentraciones de los tratamientos aplicados.
- Mezclar GAs, auxinas y citoquininas para promover el desarrollo de frutos.
- Aumentar el número de combinaciones de los tratamientos aplicados.
- Evaluar estos tratamientos en variedades de plátano tipo Congo.

## 9 LITERATURA CITADA

**Barrera, V.J.L y Cayón, G. 2004.** Contribución Fisiológica de las Hojas y el Epicarpio del Fruto del Plátano Hartón (*Musa* AAB Simmonds) al Llenado y Calidad del Racimo. *In:* ACORBAT. XVI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. ACORBAT. pp.189.

**Belalcázar, S., Rosales, F.E. y Pocasangre, L.E. 1991.** Development and Formation of Plantain Roots (*Musa* AAB). INIBAP. Armenia, Colombia.

**Blomme, G. Tenkouano, A. y Swennen, R. 2000.** Influencia del Deshoje Sobre el Crecimiento de los Retoños y Raíces en el Banano (*Musa spp.*). Infomusa – Vol. 10, No 2: pp. 10-13.

**Buchanan, B.B., Gruissem, W. y Jones, R.I. 2000.** Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists. Courier Companies, Inc Maryland. pp.851-900.

**Cayón, G. 2004.** Ecofisiología y Productividad del Plátano (*Musa* AAB Simmonds) *In:* ACORBAT. XVI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. ACORBAT. pp. 725-739.

**Davies, P.J., Maxwell, B.B. y Kieber, J.J., Roef, L and Van Onckelen, H., Sakakibara, H., 2004.** Plant Hormones, Biosynthesis, Signal Transduction, Action. Kluwer Academic Publishers. 3 edition. pp 8, 95-114, 241-261, 321-349.

**Delgado, E., González, O., Moreno, N. y Romero, D. 2003.** Efecto del Desmane Sobre el Peso del Racimo y las Dimensiones del Fruto del Híbrido de Plátano FHIA 21 (*Musa AAAB*). Bioagro Vol. 15, No1: pp 1-7.

**Del Solar, C., Soza, J. A., Depallens, D. y Chaparro J. 2001.** Efecto de la Aplicación de Fitorreguladores, Citoquininas Naturales y Sintéticas Sobre la Calidad y Condición en Cosecha y Postcosecha en Uvas de Mesa (*Vitis vinifera L.*). Tesis de grado. Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Santiago, Chile.

**Estación Experimental Agrícola. 1995.** Conjunto Tecnológico para la Producción de Plátanos y Guineos. Publ. 97, Esta. Exp. Agric. Univ. P.R.

**Fernández, E., García, V., Pérez, V. y Díaz, A. 1977.** Análisis Foliar del Plátano en Dos Fases de su Desarrollo: Floración y Corte. Fruits. Vol. 32, No11: 665-669.

**Finol, J., Fernández, L., Nava, C. y Esparza, D. 2004.** Efecto de Fuentes y Dosis de Nitrógeno sobre la Producción y Calidad del Fruto del Banano (*Musa* grupo AAA Subgrupo Cavendish clon “Gran Enano”) en la Planicie Aluvial del Río Motatán. Rev. Fac. Agron. Vol. 21, No 3: pp 1-11.

**Goodwin, P.B. and Dunstan, P.W. 1995.** The Control of Flowering in *Blandfordia grandiflora*. Scientia Horticultura, Vol. 62: 175-187.

**Hernández, Y., Marín, M. y García, J. 2004.** Respuesta en el Rendimiento del Plátano *Musa AAB* cv. Hartón, en Función de la Nutrición Mineral y su ciclo Fenológico. Rev. Fac. Agron. (Luz) Vol.1: 114-120.

**Hopping, M.E. 1976.** Effect of Exogenous Auxins, Gibberellins, and Cytokinins on Fruit Development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.), New Zealand Journal of Botany, Vol.14: 69-75.

**Irizarry, H., Abruña, F., Rodríguez, J. y Díaz, N. 1981.** Nutrient Uptake by Intensively Manage Plantains as Related to Stage of Growth at Two Locations. J. Agric. UPR, 65 (4):331-345.

**Irizarry, H y Rodriguez, J.A. 1981.** Tillage and Yield of Horn-Type Maricongo Plantain on an Ultisol, J. Agri. Univ. P.R. 65(2): 118-122.

**Irizarry, H., Rodriguez, J. y Díaz, N. 1981.** Effect of Three Population Densities and Fertilizer Levels on Yields of High Yielding Clones of Plantains at Two Locations. J. Agric. Univ. P.R. 65(4): 395-400.

**Irizarry, H., Rodríguez-Gracia, J. y Díaz, N. 1985.** Selection and Evaluation of High Yielding Horn type Plantain Clones in Puerto Rico: An Explanation for Their Behavior. J. Agric. Univ. P.R. 69(3): 407-420.

**Irizarry, H. y Rivera, E. 1991.** Proper Management of the French- Type Superplantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, AAB) in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 75(2): 163-171.

**Irizarry, H. y Goenaga, R. 1995.** Yield and Quality of 'Superplátano' (Musa, AAB) Grown with Drip Irrigation in the Semiarid Region of Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 79(1-2):1-11.

**Irizarry, H., Goenaga, R. y Krikorian, A.D. 1998.** Yield Potential and Fruit Traits of

the French- Type “Dwarf Superplátano” Clone Evaluated at Three Locations. J. Agric. Univ. P.R. 82(3-4) 173-181.

**Jensen, W.A. y Salisbury, F.B. 1988.** Botánica. 2<sup>nd</sup> ed. pp. 308-340, Mc Graw Hill Publishing Company. San Francisco.

**López, A. y Espinosa, J. 1998.** Banana Response to Potassium. Better Crops International. Vol.12, No1: 3-5.

**Lurie, S., Fletcher, R.A., Sopher, C.R. and Vettakkorumakankav, N.N., 2000.** Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. The Haworth Press, Inc. pp. 71-83, 175-180.

**Martínez, G., Zinder, V., Vázquez, M., González –Vélez, A. y Guzmán, J.L. 2002.** Factors affecting magnesium availability to plantains in highly weathered soils. J. Agric. Univ. P.R. 86(1-2) 1-13.

**Moore, T.C. 1989.** Biochemistry and Physiology of Plant Hormones. second edition Springer Verlag, New York, 96-104.

**Mukasa, H.H., Ocan, D., Rubaihayo, P.R. y Blomme, G.** Relationships Between Bunch Weight and Plant Growth Characteristics of Musa spp. Assessed at farm level. Musa Africa- No.16 pp 2-4.

**Parra, C.R., Lara Sarmiento, L.M., Cayón, G. y Giraldo, G. 1999.** The Effect of Hail and Wind on the Development and Quality of the Fruits of Dominico Hartón and FHIA-21 Plantain. Infomusa-Vol. 10, No 2: pp 13-17.

**Ramsey, M.D., Daniells, J.W. y Anderson, V.J. 1990.** Effects of Sigatoka Leaf

Spot (*Mycosphaerella musicola*) on Fruit Yields, Field Ripening and Greenlife of Bananas in North Queensland. *Scientia Horticulturae* Vol. 41: 305-313.

**Soto, S. y S. Salas. 2007.** Control de la Dominancia Apical en Plantas de Plátanos Mediante el Uso de Biorreguladores. Tesis de Investigación Conducente al Grado de Maestría en Ciencias. Departamento de Horticultura. UPRM.

**Sponsel, V.M. 1995.** The Biosynthesis and Metabolism of Gibberellins in Higher Plants (ed. P.J. Davies) *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. pp.66-97.

**Swennen, R. y Wilson, G.F. 1984.** Preliminary Investigation of the Effects of Gibberellic Acid (GA<sub>3</sub>) on Sucker Development in Plantain (*Musa* cv. AAB) Under Field Conditions. *Trop. Agrc.* Vol 61 pp.253-256.

**Taiz, L. y E. Zeiger. 1998.** *Plant Physiology*. Third edition, Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland. pp.483-725

**Vijayalakshmi, K. y Mathan, K.K. 1997.** Effect of Cytozyme Growth Tonic on the Yield and Yield Components of Banana (*Musa* spp) cvs Nendran (AAB) and Karpuravalli (ABB), *Trop. Agric.* Vol 70: 21-26.

**Zhang, C., Tanabe, K., Tamaru, F., Matsumoto, K. y Yoshid. 2005.** <sup>13</sup>C-Photosynthate Accumulation in Japanese Pear Fruit During the Period of Rapid Fruit Growth is Limited by the Sink Strength of Fruit Rather than by the Transport Capacity of the Pedicel. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, No. 420, pp. 2713–2719