

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO GIBERELICO Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN  
EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁTANO, OCÓS, SAN MARCOS  
TESIS DE GRADO

**AXEL NEPTALI GUZMAN MENDEZ**  
CARNET 20915-09

COATEPEQUE, MAYO DE 2017  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO GIBERELICO Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN  
EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁTANO, OCÓS, SAN MARCOS

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**AXEL NEPTALI GUZMAN MENDEZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, MAYO DE 2017  
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
LIC. HAIRO AMILCAR CIFUENTES GUZMAN

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA  
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL  
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

Guatemala 27 de febrero de 2017

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante: Axel Neptalí Guzman Méndez, carné 20915-09, titulada: "Evaluación de tres concentraciones de ácido giberélico y dos frecuencias de aplicación en el rendimiento y calidad de la fruta de plátano en Ocos, San Marcos"

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

  
Ing. Agr. Hairo Amilcar Cifuentes Guzmán  
Colegiado no. 4,814.  
Cód. URL 23237  
Hairo Amilcar Cifuentes Guzmán  
INGENIERO AGRONOMO  
COLEGIADO NO. 4814



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06715-2017

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante AXEL NEPTALI GUZMAN MENDEZ, Carnet 20915-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0641-2017 de fecha 24 de abril de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO GIBERELICO Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁTANO, OCÓS, SAN MARCOS**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de mayo del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

Dios ser supremo por permitirme principalmente la vida y la sabiduría para lograr etapa importante de mi vida.

Universidad Rafael Landívar, Facultad Ciencias Ambientales y Agrícolas, sede Coatepeque, Quetzaltenango, por formarme académicamente.

Ingeniero Agrónomo, Hairo Amílcar Cifuentes Guzmán, asesor de tesis por guiarme en esta etapa de redacción y por las sugerencias brindadas durante esta investigación.

Catedráticos que me han impartido sus clases durante estos años gracias por compartir sus conocimientos, que reciban muchas bendiciones de nuestro creador.

Amigos y personas, se les agradece por el apoyo que recibí de todos, ya que fue fundamental para lograr llegar a la culminación de mis estudios.

## DEDICATORIA

A DIOS: Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este proceso.

A mis padres: Julián Guzmán Aguilar y Roselia Julia Méndez Ochoa por el apoyo moral que siempre he recibido de ustedes y con el cual he logrado culminar esta meta. Les agradezco la orientación que siempre me han otorgado. Gracias.

A mis Hermanos: Son parte importante de este logro, porque siempre he recibido el apoyo de ustedes para hacer las cosas de la mejor manera.

A mi Familia: Primos, Tíos, Sobrinos, ya que de una u otra manera siempre han estado conmigo en esta etapa de mi vida.

A mis Amigos: A todas esas personas que me han brindado apoyo moral, su valiosa amistad y que han sido parte de mis triunfos y saberes, en especial a los Compañeros de la Universidad porque siempre me motivaron a salir adelante.

# ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
2.1 Marco conceptual.....	2
2.1.1 Descripción general del cultivo.....	2
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	2
2.2.3 Descripción botánica.....	3
2.2.3.1 La planta.....	3
2.2.3.2 El rizoma.....	4
2.2.3.3 Las hojas.....	4
2.2.3.4 Las raíces.....	4
2.2.3.5 Las flores.....	4
2.2.4 Origen.....	5
2.2.5 Siembra.....	5
2.2.6 Condiciones edafo-climáticas para el cultivo.....	5
2.2.6.1 Iluminación.....	5
2.2.6.2 Temperatura.....	5
2.2.6.3 Suelos.....	6
2.2.6.4 Vientos.....	6
2.2.6.5 Sequías.....	6
2.2.6.6 Sombra.....	7

2.2.6.7 Salinidad .....	7
2.2.6.8 Altitud .....	7
2.2.6.9 pH de suelo .....	7
2.2.6.10 Luminosidad.....	7
2.2.6.11 Fertilización .....	8
2.2.7 Enfermedades fungosas en plátano.....	8
2.2.8 Control de la maleza .....	9
2.2.9 Actividades del manejo del cultivo a la plantación .....	9
2.2.9.1 Deshoje.....	9
2.2.9.2 Deshije .....	10
2.2.9.3 Destronque.....	10
2.2.9.4 Embolse .....	10
2.2.9.5 Desflore.....	10
2.2.9.6 Desbellote .....	11
2.2.9.7 Marcaje .....	11
2.2.9.8 Cosecha .....	11
2.2.9.9 Empaque.....	11
2.2.9.10 Descripción de la variedad curaré enano o chifle.....	12
2.3 Giberelinas .....	12
2.4 Efectos fisiológicos.....	13
2.5 Procesos en los que participan las giberelinas .....	14
2.6 Papel fisiológico .....	14
2.7 Desarrollo del fruto .....	15
2.8 Usos comerciales.....	15
2.9 Funcionamiento de las giberelinas.....	15

2.10 Antecedentes .....	16
2.11 Uso de las giberelinas en rendimiento de frutos .....	17
2.12 Producto utilizado en la Investigación .....	17
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo .....	19
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
4.1 GENERAL .....	21
4.2 ESPECÍFICOS .....	21
<b>5. HIPÓTESIS .....</b>	<b>22</b>
5.1 HIPÓTESIS ALTERNA.....	22
<b>6. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
6.1 Localización del trabajo.....	23
6.7 Material experimental.....	24
6.7.1 Variedad.....	24
6.8 Factores a estudiar .....	24
6.9 Descripción de los tratamientos .....	24
6.10 Diseño experimental .....	24
6.11 Modelo estadístico .....	25
6.12 Unidad experimental .....	25
6.13 Croquis de campo .....	26
6.14 Manejo del experimento .....	26
6.14.1 Establecimiento del experimento .....	26
6.14.2 Preparación del suelo.....	27
6.14.3 Ahoyado .....	27
6.14.4 Siembra.....	27

6.14.5 Riego.....	27
6.14.6 Fertilización .....	27
6.14.7 Control fitosanitario .....	28
6.14.8 Control de picudo ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ).....	28
6.14.9 Control de nematodos .....	28
6.14.10. Control de araña roja.....	28
6.14.11 Control de chinche de encaje.....	28
6.14.12 Deshije .....	28
6.14.13 Control de malezas .....	28
6.14.14 Embolse y marcaje.....	29
6.14.15 Aplicación de los tratamientos.....	29
6.14.16 Cosecha.....	29
6.14.17 Desmane.....	29
6.14.18 Transporte.....	29
6.14.19 Empaque.....	29
6.15. Variables de respuesta.....	29
6.15.1 Calidad de fruta.....	29
a) Diámetro de dedo de la mano.....	29
b) Longitud del dedo de la mano.....	30
c) Daños ocasionados en el fruto.....	30
6.15.2 Rendimiento .....	30
a) Peso promedio del racimo .....	30
b) Número de frutos por caja.....	30
c) Rendimiento en kg/ha. ....	30
6.16 Análisis de la información.....	30

6.16.1 Análisis estadístico.....	30
6.16.2 Análisis económico .....	31
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
7.1 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico en las características de diámetro y longitud del fruto .....	32
7.1.1 Diámetro de fruto .....	32
7.1.2 Longitud de fruto .....	36
7.1.3 Daños ocasionados al fruto.....	41
7.2 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre el peso de racimo.....	41
7.3 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre el rendimiento .....	45
7.3.1 Número de frutos por caja.....	45
7.3.2 Rendimientos en kg/ha.....	49
7.4 Análisis económico .....	51
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación taxonómica.....	3
2. Requerimientos nutricionales del plátano.....	8
3. Interacción de los tratamientos.....	24
4. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable diámetro de fruto.....	32
5. Prueba de medias Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico sobre la variable diámetro de fruto.....	33
6. Prueba de medias de Tukey para interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre el diámetro de fruto (cm)....	34
7. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable longitud de fruto.....	36
8. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre la longitud de fruto de plátano.....	37
9. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable longitud de fruto.....	38
10. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico aplicado 15 y 30 días después de floración, para la variable longitud de fruto.....	39
11. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable daño de fruto.....	41
12. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico para la variable peso de racimo.....	42
13. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el peso de racimo.....	43
14. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el peso de racimo.....	43
15. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable peso de racimo..	44

16. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable número de frutos/caja.....	45
17. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el número de frutos por caja.....	45
18. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el número de frutos/ caja.....	46
19. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable número de frutos por caja.....	47
20. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable rendimiento kg/ha.....	49
21. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el rendimiento en kg/ha.....	50
22. Comparación de medias para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el rendimiento en kg/ha.....	50
23. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable rendimiento en kg/ha.....	51
24. Ingreso por hectárea por tratamiento en la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.....	52
25. Costo total por tratamiento en la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.....	52
26. Ingreso bruto, ingreso neto y rentabilidad por hectárea, para la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Unidad Experimental de dosis y frecuencias.....	24
2. Aleatorización de los tratamientos.....	26
3. Interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico para la variable diámetro de fruto, letras iguales, estadísticamente no tienen diferencia estadística significativa $\alpha = 0.05$ .....	35
4. Longitud de frutos de plátano, debido a la Interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico. Letras diferentes, indican diferencia estadística significativa entre las medias a $P \leq 0.05$ .....	40
5. Numero de frutos por caja, debido a la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico en frutos de plátano. Letras diferentes, indican diferencia estadística significativa entre las medias a $P \leq 0.05$ .....	48
6. Ubicación del área experimental.....	60
7. Aplicación del producto.....	64
8. Identificación de la parcela.....	64
9. Medición del grosor del dedo del racimo.....	65
10. Medición de la longitud del dedo del racimo.....	65
11. Conteo de dedos por caja.....	66

# **EFFECTO DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO GIBERELICO Y FRECUENCIAS DE APLICACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PLÁTANO, OCÓS, SAN MARCOS**

## **RESUMEN**

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de concentraciones de ácido giberélico y frecuencias de aplicación para mejorar el rendimiento y calidad de fruta de plátano, en Parcelamiento La Blanca, Ocós, San Marcos. Se utilizó un arreglo bifactorial combinatorio, con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: diámetro de fruto (cm), longitud de fruto (cm), peso de racimo (kg), rendimiento (kg/ha), costos e ingresos (Q), así como la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. De acuerdo a los resultados, se tuvo que la interacción ácido giberélico a una concentración de 375 ppm aplicándolo cada 15 días después de la emisión del botón floral de la planta presentó los mejores resultados. Con este tratamiento los frutos alcanzaron una longitud media de 31.40 cm, el diámetro medio de fruto fue de 5.58 cm, el peso de racimo fue de 13.01 kg, el número de frutos por caja fue de 56, con un rendimiento por hectárea de 20126.10 kg de frutos, por lo que con estos rendimientos se obtuvo una rentabilidad de 346.62%, superando en un 46.62% al tratamiento testigo. Estadísticamente los otros tratamientos evaluados presentaron rendimientos inferiores por lo que para el productor de plátanos es una opción económicamente rentable ya que mejora la calidad.

# **EFFECT OF GIBBERELIC ACID CONCENTRATIONS AND APPLICATION FREQUENCIES IN THE BANANA YIELD AND QUALITY; OCOS, SAN MARCOS**

## **SUMMARY**

The research objective was to evaluate the concentrations effect of gibberellic acid and application frequencies to improve banana fruit yield and quality in La Blanca, Ocos, San Marcos. A combinatorial bifactorial arrangement was used, with eight treatments and five replicates. The evaluated variables were: fruit diameter (cm), fruit length (cm), bunch weight (kg), yield (kg / ha), costs and income (Q), as well as the each treatment profitability. According to the results, the interaction gibberellic acid at a 375 ppm concentration applied every 15 days after the floral bud emission of the plant presented the best results. With this treatment the fruits reached an average length of 31.40 cm, the average fruit diameter was 5.58 cm, the bunch weight was 13.01 kg, the number of fruits per box was 56, with a yield per hectare of 20126.10 kg of fruits, so that with these yields a profitability of 346.62% was obtained, surpassing in a 46.62% to the control treatment. Statistically, the other evaluated treatments presented lower yields, which for the banana producer is an economically profitable option as it improves the quality.

# 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo del plátano (*Musa AAB*, tipo Horn, Variedad Curaré enano), con fines de exportación inició en el área de Tiquisate, Escuintla en el año de 1997, y un año después se identificó la zona platanera de La Blanca, Ocós, San Marcos, con un nivel de cultivo de tecnología mínima. Como todo país que desea tomar un nicho de mercado, dentro de los productos de exportación, iniciaron las transferencias de tecnología, por parte de la Compañía Bananera Guatemalteca Independiente (COBIGUA, 2007).

El cultivo del plátano en Guatemala abarca 6,689 hectáreas las cuales se distribuyen en los municipios de La Blanca y Ocós en San Marcos; Tiquisate y La Nueva Concepción en Escuintla y Morales en Izabal. Adicionalmente hay otras 300 ha de plátano Hawaiano, la mitad de ellas están sembradas en Entre Ríos en Izabal y las otras 150 en el Sur Occidente del país. Cada vez toma más auge debido a que se comercializa en el mercado nacional e internacional y es fuente de trabajo para los guatemaltecos (Morán, 1990).

Una de las deficiencias que se da en su cosecha es su bajo peso y diámetro de los dedos de la mano del racimo, ya que los mercados internacionales demandan un diámetro total del dedo con cáscara mínimo de 43 mm/fruta. Para tener un buen precio y que este cultivo tenga una mayor rentabilidad para los productores, se usan más racimos de plátano por caja incrementando el factor de conversión racimos/caja, ya que al momento del empaque se usan más racimos.

Por lo que se realizó la evaluación de la aplicación de ácido giberélico para incrementar rendimiento y calidad en el fruto de plátano, por lo que se realizaron aplicaciones de diferentes dosis para determinar cuál es la más efectiva en este cultivo y poder identificar la frecuencia de aplicación más exacta, usando un diseño experimental bifactorial combinatorio de bloques al azar; la evaluación se hizo en Parcelamiento la Blanca, Ocós, San Marcos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 Descripción general del cultivo

El plátano es una planta herbácea con un tallo verdadero denominado cormo como ramificación monopólica. El cormo emite ramificaciones laterales a las que se les denomina retoños. Las raíces son cordiformes y tiernas, el meristemo terminal del tallo produce hojas que poseen basalmente una vaina. Las hojas aparecen dispuestas con forma helicoidal e imbricada conformando el falso tallo, el cual es cilíndrico, recto y rígido, llegando a una altura de 6 metros (Belalcazar, 1991).

Los primeros grupos diferenciados están compuestos por flores femeninas, cuyo ovario se transformará en plátanos estos glomérulos generalmente reciben el nombre de manos, de las cuales pueden aparecer de cinco a 15 según la variedad y las condiciones del medio ambiente diferenciación tardía llevan flores masculinas de ovario reducido, con estambres desarrollados frecuentemente desprovistos de polen. Una vez emergida la inflorescencia, estos encorvan hacia el suelo. Las brácteas grandes y acuminadas son de color violáceo violeta, son cerosas, y cuando se repliegan y caen sucesivamente dejan las manos al descubierto. Los racimos se recolectan cuando los frutos son gruesos y con él pericarpio verde, la maduración del racimo sin separarlo de la planta resulta inadecuada por ser incompleta la transformación del almidón en azúcares (López, 1999).

#### 2.2.2 Clasificación taxonómica

Los bananos y plátanos son plantas comprendidas dentro de las monocotiledóneas. Pertenecen a la familia botánica *Musaceae* y ésta al orden *Scitamineae*. La familia *Musaceae* está constituida por los géneros *Musa* y *Ensete*. El género *Ensete* se reproduce por semilla, es de uso ornamental y su hábitat es subtropical. El género *Musa* está formado por cuatro secciones o series: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*. La serie *Eumusa* es la de mayor importancia económica y difusión geográfica, ya que en ella se incluyen los bananos y plátanos comestibles. En esta sección las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son las más importantes porque por hibridación y poliploidía dieron origen a los plátanos y bananos

cultivados. Se clasifican modernamente en grupos que indican la contribución genotípica y el grado de ploidía con que está constituido cada clon o cultivar. Por conveniencia se denomina con la letra "A" a las características semejantes a *M. acuminata* y con "B" a las *M. balbisiana*. La poliploidía presente en los genomas se presenta con la repetición de letras. El grupo principal es el triploide de *acuminata* (AAA) que contiene los clones comerciales más difundidos. Por ejemplo, para el clon Gran Enano la referencia correcta es: *Musa* (AAA) Subgrupo "Cavendish" "Gran Enano", (INIBAP, 2001).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del plátano.

Taxón	Clasificación
Reino	Plantae
Subreino	Embriobionta
División	Magnolepphyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Zingineridae
Orden	Zingiberales
Familia	Musácea
Subfamilia	Musoideae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa AAB tipo Horn, Var Curare enano</i>

Rincón (1979).

## 2.2.3 Descripción botánica

### 2.2.3.1 La planta

Consiste de uno o más falsos tallos (las partes erectas que se asemejan a troncos), un rizoma subterráneo y un sistema de raíces fibrosas. El falso tallo constituye el tronco funcional que sostiene a las hojas, flores y frutos (Díaz, 2002).

### **2.2.3.2 El rizoma**

Es un tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento a partir de los cuales surgen los falsos tallos, las raíces y los tallitos donde surgirán las flores y frutos (Díaz, 2002).

### **2.2.3.3 Las hojas**

Están formadas por una estructura tubular llamada vaina, un pecíolo grueso y un limbo o lámina. Un grupo de numerosas vainas se disponen concéntricamente y de forma muy apretada para formar los falsos tallos, los cuales pueden poseer hasta 40 vainas durante su vida (Díaz, 2002).

### **2.2.3.4 Las raíces**

Un gran número (200-500) de raíces fibrosas salen del rizoma. En los suelos fértiles, bien drenados y profundos las raíces se pueden extender 1.5 metros en profundidad y hasta 4.90 metros lateralmente (Díaz, 2002).

### **2.2.3.5 Las flores**

Son inflorescencias emergentes del centro de los falsos tallos a los 10-15 meses de la siembra; en ese momento, puede tener 26 a 32 hojas. Las flores se disponen en forma de espiral a lo largo del eje de la inflorescencia en grupos de 10 a 20 y están cubiertas por brácteas (hojas modificadas) carnosas de color púrpura-verdoso (conocida como pochá). Las brácteas se caen a medida que el desarrollo de las flores progresa. Las primeras flores que emergen son femeninas. En las variedades comestibles, los ovarios crecen rápidamente sin polinización y se transforman en grupos de frutos llamados 'manos'. A pesar de que la mayoría de las variedades de bananas producen frutos sin semillas, algunas son fértiles y producen semillas. Las últimas flores en surgir son las masculinas. En los plátanos, la parte masculina de la inflorescencia y/o las flores masculinas pueden estar ausentes o reducidas grandemente. El tiempo que demoran los frutos para poder recolectarse es entre 80 y 180 días y depende de la temperatura ambiental, la variedad, la humedad del suelo y las prácticas agrícolas (Díaz, 2002).

#### **2.2.4 Origen**

El origen del plátano se cree es Indo Malasia o del suroeste asiático, la planta pertenece a la familia de las Musáceas, se cultiva en el sur de la India alrededor del siglo V antes de Cristo, de allí se distribuyó a Malasia, Madagascar y Japón. Fue introducido a África entre los años 1000 y 1500 D. C. finalmente llegó al Caribe y Latinoamérica poco después del descubrimiento del continente. En América del sur se encontró en Bolivia y la mayor parte en Brasil (FAO, 2003).

#### **2.2.5 Siembra**

Esta se puede realizar todo el año, tomando en cuenta que para la época seca se debe contar con un sistema de riego (Grajeda, 2001).

La orientación de los brotes de la semilla depende de la posición de la yema con mayor desarrollo cuando esta no existe, es posible utilizar el principio de axialidad que supone que la primera yema diferenciada aparece en el lado opuesto al sitio de unión del hijo con la planta madre (Grajeda, 2001).

#### **2.2.6 Condiciones edafo-climáticas para el cultivo**

##### **2.2.6.1 Iluminación**

Según Morales (1995), la radiación solar es fundamental para la fotosíntesis al permitir la producción y almacenamiento de carbohidratos. La luz ejerce influencia directa e indirecta sobre varios procesos de crecimiento y desarrollo de los vegetales, aumenta la susceptibilidad a enfermedades fungosas como sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y amarillamiento producido por el moko (*Ralstonia solanacearum*) raza 2. En condiciones de menor intensidad lumínica no sólo prolonga su período vegetativo sino que son más altas y desarrollan mayor área foliar.

##### **2.2.6.2 Temperatura**

La temperatura tiene efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del fruto. El plátano requiere temperaturas relativamente altas, entre 20° y 28° C, con una media de 26° C. Su mínima absoluta es de 15° C y su máxima de 37° C. Exposiciones a temperaturas mayores o menores causan deterioro y lentitud en el desarrollo del fruto y daños en el mismo (Marañón, 1995).

Los daños producidos por el frío y el daño irreversible provocado por la congelación pueden ocurrir a 0° C, o a temperaturas menores. Los síntomas incluyen una apariencia de hidratación de todas las partes aéreas de la planta, desecación, adquisición de un color oscuro y la muerte de las hojas, falsos tallos y frutos. Las temperaturas por debajo de -7°C, pueden matar todas las partes aéreas de la planta. Usualmente, sin embargo, se producen retoños a partir del rizoma subterráneo cuando las temperaturas se tornan cálidas. Las temperaturas superiores a 37°C. Pueden producir quemaduras en las hojas presentes; las hojas nuevas pueden tener limbos muy estrechos (Ramírez y Rodríguez, 1996).

### **2.2.6.3 Suelos**

El establecimiento de plantaciones de plátanos se debe realizar en terrenos con topografía plana o ligeramente ondulada, esta determina las prácticas agronómicas y el nivel tecnológico que puede usarse en la intensificación de la producción (Góngora, 1999).

En general los suelos franco (arcilloso o arenosos, pero estos últimos en bajo porcentaje) son muy buenos para alcanzar una buena cosecha de plátanos. El plátano tiene su mejor comportamiento productivo en suelos considerados neutros, con pH de 6.0 a 7.3 (Góngora, 1999).

### **2.2.6.4 Vientos**

En las áreas subtropicales, los vientos constituyen un factor limitante en la producción de bananas. Vientos superiores a 40-72 Km. Pueden causar, respectivamente, la caída de variedades de bananas de tallo alto y pequeño. Además, los vientos continuos pueden causar desecación de las hojas, distorsión de la parte superior de la planta y daños severos a las hojas, cortándolas en tiras; sin embargo, si las hojas se cortan ligeramente el efecto puede ser beneficioso (Ramírez y Rodríguez, 1996).

### **2.2.6.5 Sequías**

La temperatura y humedad del suelo son los factores más importantes en la producción de bananas. La carencia de agua en cualquier momento puede causar la reducción en el número, tamaño de los frutos y en el rendimiento final de la cosecha. Las variedades

que poseen genes de (*Musa balbisiana*) tienden a ser más tolerantes a las sequías que las variedades de (*Musa acuminada*). Los síntomas del estrés producido por la sequía son hojas dobladas, un color verde pálido a amarillo en las hojas y la muerte prematura de las hojas. Una sequía muy intensa puede provocar el fallo en la producción de inflorescencias y la caída del falso tallo (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.6.6 Sombra**

Las plantas de plátano son moderadamente tolerantes a la sombra (hasta un 50%); Sin embargo, el estar a la sombra, retarda el crecimiento y desarrollo de las plantas y frutos. En áreas más subtropicales como Florida, se recomienda una exposición total o parcial al sol para obtener la mejor producción. Las plantas que están expuestas a una sombra excesiva no crecen mucho y producen frutos pequeños de baja calidad (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.6.7 Salinidad**

El plátano no crece bien ni producen frutos adecuadamente en los suelos salinos. Los síntomas del daño producido por las sales son la muerte de los bordes de las hojas, frutos delgados y deformados (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.6.8 Altitud**

Depende del clima local, los plátanos pueden cultivarse desde el nivel del mar hasta 2,000 metros sobre el nivel del mar (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.6.9 pH de suelo**

El pH del suelo ideal es de 6 a 7.5 (ligeramente ácido, ligeramente alcalino); Sin embargo, prosperan en suelos de pH de 5 a 8 (Díaz, 2002).

#### **2.2.6.10 Luminosidad**

La actividad fotosintética aumenta cuando la luminosidad está entre 2,000 y 10,000 hora/luz/año, bajo condiciones de baja luminosidad el ciclo vegetativo se alarga y pasa de 8.5 meses en plantaciones bien expuestas a luz a 14.5 meses en plantas que crecen en sombra (Díaz, 2002).

### 2.2.6.11 Fertilización

La Planta extrae del suelo los siguientes nutrientes: 1-2 Kg de N; 0.18 a 0.22 Kg de P y 4.3 a 4.9 Kg de K. en el suelo con bajo contenido de fósforo y potasio pueden hacerse aplicaciones de 25 kg de fósforo por ha/año y de 200 a 250 Kg de potasio por ha/año (Cobigua, 2007).

Previo a la aplicación de fertilizantes químicos debe realizarse un análisis de suelo, y análisis foliar. Para cumplir con los programas de aplicación se debe realizar las limpias y deshije, el fertilizante se debe incorporar en forma de media luna en posición cercana al hijo seleccionado para la próxima generación de producción (Cobigua, 2007).

Cuadro 2 Requerimientos nutricionales del plátano

Elemento	Kg/Ha	lb/Ha	lb/Mz
N	364	804	563
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	95	210	147
K <sub>2</sub> O	1092	2413	1689
Ca	803	1774	1242
Mg	154	340	238
S	49	108	76
B	3.2	7	4

Larrizabal (2007).

### 2.2.7 Enfermedades fungosas en plátano

La enfermedad fungosa que más afecta a una planta de plátano es la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*), causando grandes destrozos en las plantaciones. Ataca a las plantas jóvenes en la época de mayor humedad, bajas temperaturas y punto de rocío alto.

Ataca las primeras hojas de la planta llegando a dejar en ocasiones con tres hojas sanas a la planta, por lo tanto, imposibilita a la planta a que pueda captar luz solar

necesaria para el proceso de fotosíntesis, ya que una planta de plátano necesita para su buen desarrollo de 10 a 13 hojas sanas.

*M. fijiensis var. difformis*, produce espermacios en espermagonios, ascospóras en peritecios y conidios del tipo de cercosporas en esporodoquios. Los conidios se forman en ambos lados de la hoja, pero comúnmente son más abundantes en la parte superior (haz), siendo diseminados por el viento y salpicados por la lluvia. Los conidios se forman durante todo el año, pero su liberación y germinación dependen del agua, así como de una alta humedad relativa. Los peritecios, que se forman debido a la fecundación de hifas sexuales mediante espermacios compatibles, se forman durante el tiempo cálido húmedo y expulsan violentamente sus ascosporas cuando se humedecen, estos son diseminados por el viento siendo la causa principal del avance a grandes distancias de la enfermedad (Agrios, 1985).

### **2.2.8 Control de la maleza**

Las malezas ocasionan pérdidas en el cultivo por la competencia de agua, luz y nutrientes. Entre los métodos de control se cita: a) control cultural b) control manual c) control químico. Se ha generalizado el uso de herbicidas de carácter sistémico y quemante (Cobigua, 2007).

### **2.2.9 Actividades del manejo del cultivo a la plantación**

Con el fin de darle un manejo adecuado se realizan labores culturales, mismas que servirán para la prevención de plaga y enfermedades del cultivo y obtener mejores resultados de producción (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.9.1 Deshoje**

Es una labor que se hace en forma manual consiste en eliminar al mismo tiempo las hojas secas o enfermas que dependan del pseudotallo, al igual que los pedazos de pecíolo que aun permanezcan en la planta es necesario hacer esta limpieza por las siguientes razones:

- Las hojas alojan plagas de lepidópteros que cuelgan de las mismas.
- Crean un ambiente de alta humedad relativa lo que favorece el desarrollo de enfermedades.

- En las hojas secas existe el inóculo de sigatoka negra y amarilla.
- Producen sombra sobre los hijos y retrasan el desarrollo (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.9.2 Deseje**

Se debe hacer para regular la población de plantas adultas por área de no realizarse esta labor se reproducirán las plantas las cuales competirán por luz y espacio afectando drásticamente la calidad y peso del racimo. En el manejo de la plantación se deja un solo hijo y cuando este ha crecido lo suficiente se maneja el nieto en orden madre-hijo-nieto. Los hijos que estén en buenas condiciones se pueden utilizar para semilla (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.9.3 Destronque**

Consiste en la eliminación del pseudotallo una vez que se ha cosechado el racimo, esto evita que este material vegetal sea foco de reproducción de plagas y enfermedades.

Los métodos utilizados son: a) eliminación total una vez cosechado el racimo b) eliminación parcial; en la medida que se va secando el pseudotallo, en época de verano se debe mantener por ser reservorio de agua, se ha comprobado que las sustancias que poseen especial el agua, pasan al otro pseudotallo en crecimiento (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.9.4 Embolse**

Se realiza cuando la planta pare a las 32 ó 34 semanas de sembrada la planta, cuando la inflorescencia emerge de entre la hoja de protección y tiene sus manos bien definidas (5 - 7), esto se hace con el fin de proteger al racimo de daños por plagas, viento, sol, hojas y lluvias con el fin de obtener racimos limpios y de buena calidad para exportación (Ramírez y Rodríguez, 1996).

#### **2.2.9.5 Desflore**

Se realiza cuando el racimo está listo para el embolse, se quita la flor que no es más que una serie de brácteas unidas en un cono, con el fin de evitar el crecimiento de la misma y el racimo empiece su engrosamiento (Ramírez y Rodríguez, 1996).

### **2.2.9.6 Desbellote**

Consiste en eliminar la bellota a una distancia de 3 a 6 cm. Debajo de la mano falsa del racimo. Se recomienda realizar esta labor con cuchilla y desinfectante para evitar la transmisión de enfermedades tales como el moko (*Ralstonia solanacearum*). Esta práctica estimula la precocidad y mejor desarrollo del racimo logrando una mejor calidad y peso de la fruta (Cobigua, 2007).

### **2.2.9.7 Marcaje**

Es una práctica que se realiza para llevar el control de la edad del racimo parido por la mata, se marca con nylon de colores el cual para cada semana es representado por un color. Esta labor se realiza al mismo tiempo que el embolse y el desflore (Ramírez y Rodríguez, 1996).

### **2.2.9.8 Cosecha**

Es una de las operaciones más importantes del cultivo, un buen planeamiento de esta actividad representa un máximo aprovechamiento de la fruta, con calidades que permitan satisfacer los mercados y para realizarla es importante considerar el grado óptimo de corte o de cosecha, el cual representa el grado de madurez fisiológica de la fruta, que permita un máximo aprovechamiento del racimo sin que exista maduración durante el transporte o almacenamiento, la cosecha de la fruta se calcula en días después del embolse (Ramírez y Rodríguez, 1996).

### **2.2.9.9 Empaque**

El peso de la caja empacada debe ser de 50 libras netas, más 1 libra adicional por la pérdida de peso en el transporte. La caja es la misma que se utiliza para el empaque de banano (medidas 50 x 39 x 24 cm). Se puede usar una cartulina de cartón que se coloca en el fondo de la caja y una envoltura de polietileno con agujeros de ventilación de 0.05 milésimas de pulgadas para la ventilación. La distribución de la fruta en la caja debe realizarse de manera que no se dañen los dedos entre sí. Por lo general los dedos grandes son colocados en la parte inferior de la caja, los dedos rectos se recomienda colocarlos en las capas de arriba (para minimizar el daño por roces) (USAID-RED, 2006).

### **2.2.9.10 Descripción de la variedad curaré enano o chifle**

Es una planta de 1.90 hasta 3.25 metros de altura, desarrolla un racimo que puede tener entre 40 y 54 dedos, dependiendo de las condiciones agronómicas en que se desarrolla, esta variedad es más susceptible a la incidencia de Sigatoka. También sufre estrés bajo condiciones de exceso o déficit hídrico. Los suelos aptos para el desarrollo de esta variedad son los franco-arenosos, o franco-arcillosos. Los suelos con alto porcentaje de arenas hacen que las plantas desarrollan raquíticamente y que los racimos reduzcan su longitud y calibre en los dedos (Rincón, 1979).

Por su alto potencial en el número de dedos y rendimientos en la zona sur y suroccidente del país esta variedad ha desplazado al macho y la mayoría de productores se inclinan por esta variedad. Sus dedos tienen una coloración verde pálida, la misma está asociada a las densidades de siembra que actualmente se utilizan. (1ra. Cosecha 2,200 y 2da. En adelante 1,800) el tamaño de sus dedos como máximo se ha encontrado entre 28.5 y 30.5 cm, de punta a pulpa y el mínimo 22 cm (Rincón, 1979).

### **2.3 Giberelinas**

Las giberelinas son hormonas naturales de las plantas, estas fueron identificadas y extraídas en 1935 de hongos. El ácido giberélico fue refinado con el tiempo comercializado y producido por investigadores en 1954. Las giberelinas causan la elongación y estiramiento de las células (Henry *et al.* 2011).

Todas las giberelinas son ácidos carboxílicos diterpenoides tetracíclicos, se les denomina ácido giberélico y se les representa como GA's, distinguiéndose una de otra por un subíndice: GA<sub>13</sub>, GA<sub>20</sub>, GA<sub>52</sub> (Soberón, Quiroa, Sampietro y Vattuone, 2005).

Las giberelinas son diterpenos sintetizado a partir de acetyl-CoA a través de la ruta del ácido mevalónico. Todos ellos tienen 19 o 20 unidades de carbono agrupados en cuatro cinco sistemas de anillos. El quinto anillo es un anillo de lactona. Se cree que se sintetizan en los tejidos jóvenes de la filmación y también la semilla en desarrollo. No está claro si los tejidos jóvenes de las raíces también producen las giberelinas. También

hay alguna evidencia que las hojas pueden ser la fuente de la biosíntesis de algunas giberelinas (Sponsel, 1995).

Transporte: por el floema junto con los productos de la fotosíntesis y también por el xilema probablemente por desplazamiento radiales del floema y xilema. Generalmente se movilizan a tejidos jóvenes en crecimiento tales como puntas de tallos y raíces y hojas inmaduras. No exhiben una polaridad en el transporte como en el caso de las auxinas (Soberón *et al*, 2005).

## **2.4 Efectos fisiológicos**

Las giberelinas son esencialmente hormonas estimulantes del crecimiento al igual que las auxinas, coincidiendo con éstas en algunos de sus efectos biológicos (Davies, 1995).

- Estimulan la elongación de los tallos (el efecto más notable). Debido al alargamiento de las células más que a un incremento de la división celular.
- Estimulan germinación de semillas en numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula. Las semillas se encuentran encerradas en una pared celular (proveniente del fruto) llamada “pericarpio testa”. (1) Las GAs son sintetizadas por los coleóptilos y el escutelo del embrión, y liberadas al endospermo amiláceo. (2) Las GAs difunden hacia la capa de aleurona (3) las células de la aleurona son estimuladas para sintetizar y secretar  $\alpha$ -amilasa y otras hidrolasas hacia el endospermo amiláceo. (4) El almidón y otras macromoléculas se degradan hasta pequeñas moléculas sustrato. (5) Esos solutos son captados por el escutelo y transportados hacia el embrión en crecimiento.
- Inducen la partenocarpia. Proceso por el cual se forma fruto sin fertilización. Las auxinas también producen partenocarpia, pero las giberelinas son más activas.
- Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general).

- Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada.
- Detienen el envejecimiento (senescencia) en hojas y frutos de cítricos.
- Induce la masculinidad en las flores dioicas.
- Rompe latencia de las semillas de algunas plantas que requieren estratificación o luz para inducir la germinación (Davies, 1995).

## **2.5 Procesos en los que participan las giberelinas**

Salisbury *et al* (1991), indica que el AG<sub>3</sub> al aplicarse a ciertas plantas produce una gran elongación de los tallos que en algunos casos da como resultado una disminución del área foliar. La aplicación de giberelinas a plantas genéticamente enanas revierte este carácter y produce plantas de apariencia normal. Otro efecto característico de las giberelinas es reemplazar los requerimientos de luz para germinar en semillas fotosensibles y sustituye los requerimientos de frío o de día largo necesarios para la floración de muchas especies. Las giberelinas también actúan en la latencia (dormancia) tanto de yemas vegetativas como de semillas. Se ha observado un incremento de las giberelinas endógenas asociado a la ruptura del período de dormancia y por otra parte se ha visto que aplicaciones de AG<sub>3</sub>, frecuentemente inducen la ruptura de la latencia.

## **2.6 Papel fisiológico**

Según Barceló *et al* (1992), los cambios en el tamaño de las plantas producidos al aplicar giberelinas, hace que nos planteemos la cuestión de si estos resultados son cambios en el número de células, en el tamaño de las mismas o combinación de ambos. Hoy está demostrado que el último caso es la consecuencia del tratamiento con giberelinas. La influencia de las giberelinas sobre el crecimiento puede efectuarse a través de cada una de las regiones del tallo que contribuyen al crecimiento longitudinal: el meristemo apical, el subapical y la zona de elongación.

## **2.7 Desarrollo del fruto**

Según Barceló *et al* (1992), una buena correlación entre intensidad de crecimiento de las semillas y actividad giberelínica se ha encontrado en varias plantas. La fuente más rica de actividad giberelínica en los frutos es el endospermo. Los propios frutos son capaces de sintetizar giberelinas tal y como se ha demostrado por el crecimiento de frutos en medios de cultivo, por la identificación de giberelinas en los frutos o por la presencia de giberelinas difusibles en los pedicelos de algunos frutos.

## **2.8 Usos comerciales**

Sus principales usos son para incrementar el tamaño de uvas sin semillas, haciendo que elonguen los racimos, de tal forma que estén menos apretados y sean menos susceptibles a hongos en menor proporción su uso está limitado por su costo según el Dr. Ramírez también incrementa el cuaje de las flores de la vid y aumentan el tamaño de las frutas, es importante destacar que esto depende de la etapa fenológica del cultivo.

Es utilizado en árboles frutales para provocar una floración prematura, un mayor cuaje de frutos estimula la formación de frutos partenocárpico incrementar el desarrollo vegetativo y ganancia de peso del fruto en diferentes plantas hortícolas como el tomate (Ramírez, 2003).

## **2.9 Funcionamiento de las giberelinas**

De acuerdo con Salisbury *et al* (1991), es claro que, si encontramos estas hormonas en un órgano vegetal, pueden o haber sido sintetizadas o trasladadas a tal sitio. Las semillas inmaduras contienen cantidades relativamente elevadas de giberelinas en comparación con otras partes de la planta, y los extractos libres de células de las semillas de algunas especies pueden sintetizar giberelinas. Estos y otros resultados indican que gran parte del elevado contenido de giberelina de las semillas se debe a la biosíntesis, no al transporte. Con todo, es posible que todas las células vegetales tengan cierta capacidad de sintetizar giberelinas. Se piensa que las hojas jóvenes son los sitios principales para la síntesis de giberelinas, como es el caso para las auxinas. Las raíces también sintetizan giberelinas; pero las giberelinas exógenas tienen escaso efecto sobre el crecimiento de la raíz, y además inhiben la formación de raíces

adventicias. Según Salisbury et al (1991), los muchos efectos de las giberélinas sugieren que tienen más de un sitio de acción primario. A un efecto individual como la elongación facilitada del tallo en plantas completa su resultado de al menos tres acontecimientos coadyuvantes:

La división celular es estimulada en el ápice del tallo. Un trabajo cuidadoso efectuado por Liu y Loy (1976), demostró que las giberelinas promueven la división celular. El incremento en el número de células da lugar a un crecimiento más rápido del tallo, debido a que cada una de las células puede crecer. En ocasiones las giberelinas promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructanos y sacarosa, con lo que se originan moléculas de fructosa y glucosa. Estas hexosas proporcionan energía vía respiración, contribuyen a la formación de pared celular y también hacen momentáneamente más negativo el potencial hídrico de la célula.

Con frecuencia las giberélinas incrementan la plasticidad de la pared celular. La elongación provocada por la GA<sub>3</sub> es 15 veces mayor que en secciones no tratadas, siempre que estén presentes sacarosa y sales minerales para proporcionar energía y para impedir una dilución excesiva del contenido celular. Hay un incremento significativo en la plasticidad de la pared, y un fenómeno similar explica la promoción del crecimiento por giberélinas en secciones de hipocótilo de lechuga y en hipocótilos completos de plántulas de pepino. Barceló *et al* (1992), señala que las giberélinas en aplicación foliar se desplazan junto con los productos de la fotosíntesis en el floema, aunque puede haber transporte en el xilema probablemente por desplazamiento radiales del floema al xilema. Las giberélinas endógenas se encuentran tanto en el floema como el xilema y en general no existe transporte polar.

## **2.10 Antecedentes**

En revisiones de artículos acerca de la relación entre presencia del ácido giberélico (AG) –hormona natural vegetal– y el crecimiento de los frutos, Moore (1979) concluyó que los niveles de la hormona están asociados con la expansión de las células del tejido. El AG retrasa la senescencia de los frutos cuando se aplica en distintos estados de desarrollo (Lahav y Gottreich, 1984). Cuando se aplica en racimos formados de

banano Gran Nain los frutos se mantienen más verdes y firmes durante dos semanas (Gottreich y Halevy, 1982). En variedades enanas de plátanos y bananos aumenta la elongación celular en los tejidos, incrementa el tamaño de hojas y tallo y, especialmente, de los frutos; no obstante, esta última característica no se ha cuantificado (Sandoval, 1998).

La aplicación de AG produjo efecto benéfico en las características del racimo, particularmente cuando no se somete a desmane, aporte nuevo en la tecnología de manejo del cultivo del plátano en racimos de plátano de 1-2 meses aplicaciones de AG (35 ppm) incrementaron el peso promedio de los frutos (Lockard, 1975).

De lo anterior surge la necesidad de establecer si la aplicación de la hormona a racimos desmanados permite incrementar el tamaño y peso de los dedos en racimos de plátano Curare enano o chifle. La investigación se propone establecer si la aplicación de AG mejora el tamaño y peso de los dedos, superando los incrementos producidos por el desmane y determinar en qué estado de desarrollo del racimo es más efectiva la aplicación del AG.

### **2.11 Uso de las giberelinas en rendimiento de frutos**

La época de aplicación de AG produjo diferencias altamente significativas en pesos de racimo, primera mano y promedio de dedo, la época de aplicación produjo efectos altamente significativos en pesos promedio de dedo, racimo y primera mano, este estudio fue realizado en Colombia pero indica que la fecha de aplicación del ácido giberélico es importante porque influye en el desarrollo del fruto (Aristizábal, 1995).

### **2.12 Producto utilizado en la Investigación**

New Gibb® es un regulador de crecimiento vegetal a base del ácido giberélico, que es producido vía fermentación biológica del hongo *Gibberella fujikuroi*. Usado para estimular el crecimiento y desarrollo del follaje, obtener frutos de mayor tamaño y calidad, cosechas más uniformes.

Nombre común: Ácido giberélico (Giberelina AG<sub>3</sub>). New Gibb® 90% PS polvo soluble que contiene 90 gramos de ingrediente activo por kilogramo de producto comercial.

Características: El ácido giberélico, ingrediente activo de New Gibb®, produce los siguientes efectos en las plantas: Elongación celular, multiplicación de las células, aumento de la biosíntesis celular, así como liberación y transporte de las auxinas.

New Gibb® 90% PS, es compatible con la mayoría de plaguicidas y fertilizantes de uso común. No mezclar con sustancias alcalinas.

Toxicidad: Categoría Toxicológica IV, franja verde.

DL50 Oral ratas: 5 000 mg/kg

DL50 Dermal ratas: 2 000 mg/kg

Dosificación: New Gibb® 90% PS es un polvo que se disuelve en agua o en alcohol etílico o metílico. Se vierte en poca cantidad de agua o alcohol y luego vierta esté preparado en el tanque de aspersión que ya contiene la mitad del volumen requerido. Es muy importante que se alcance una cobertura total del área a tratar (follaje, flores, frutos).

Las soluciones de New Gibb®, deben ser utilizadas el mismo día de su preparación. Evitar la aspersión en los días con probabilidad de lluvias (6 horas). Se recomienda agregar humectantes, tenso activo, pegantes o surfactantes.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 Definición del problema y justificación del trabajo**

Según Ruiz (2014), en lo que se refiere al cultivo de plátano, las áreas de explotación se han incrementado, especialmente en las zonas del sur occidente, cultivando en el año de 2015 un área de 17,800 ha, con una producción de 1,408,804 toneladas de fruta/año convirtiéndose en una alternativa económica para los agricultores de la zona, que cada día son más los que dependen de la explotación de este producto; además es una alternativa para tratar de solucionar la falta de alimento en nuestro medio con adecuado valor nutritivo.

Según Ruiz (2013) en la producción de plátano es importante que los racimos tengan pesos entre 35 a 40 kg, los dedos de la mano tengan un diámetro entre 5 – 8 mm y 28 a 35 cm de longitud, para que sean menos racimos por caja a la hora del empaque, para mejorar el factor en la relación de racimos de plátano por caja para que el productor obtenga un incremento de la producción y así mejores ingresos económicos, para lograr exportar se tiene que cumplir con normas en EUA se mercadean normalmente plátanos denominados plátanos premium mide en promedio 25 cm; mientras que el plátano No.2 mide en promedio 22 cm de longitud. El calibre mínimo se establece en 3.9 cm y el calibre máximo para exportación es 4.7 cm.

El cultivo de plátano en la región ha presentado pérdidas de frutos, alrededor del 20%, debido a problemas de calidad como: dedo corto, malformación, cicatriz de crecimiento entre otras; y además cada año los racimos son más pequeños obteniéndose como resultado una baja rentabilidad. En cultivos como cítricos, uva, frambuesa y manzana se ha demostrado que el ácido giberélico ha inducido diversidad de respuesta (Sandoval, 1998). Una de estas es el incremento en peso y tamaño de los frutos. La influencia de las giberélinas es evidente en muchos estudios en donde se muestra que el tratamiento exógeno antes o durante la antesis de la flor induce el crecimiento partenocárpico del fruto, la aplicación de giberelinas a los ovarios o frutos induce una

movilización de asimilados y compuestos fotosintetizados que parece esencial para el crecimiento normal del fruto (Azcón y Talón, 1996).

Ante esta situación se buscó la forma de poder incrementar las características de producción en el racimo de plátanos, buscando un mayor peso, mayor diámetro y longitud de frutos, para que mejore la conversión racimo/caja y con esto mejorar los ingresos económicos del productor. Para lograr la mejora de estos factores se evaluaron tres concentraciones de ácido giberélico y dos frecuencias de aplicación con el objetivo de mejorar el rendimiento y la calidad de frutos de plátano, en Parcelamiento la Blanca, Ocós, San Marcos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

- Evaluación de tres concentraciones de ácido giberélico y dos frecuencias de aplicación en el rendimiento y calidad de la fruta en el cultivo de plátano.

### 4.2 ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del ácido giberélico en las características de calidad del fruto en diámetro y longitud.
- Determinar el efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la conversión frutos/caja.
- Determinar el efecto de los tratamientos sobre la interacción de los factores a evaluar.
- Conocer el efecto de tres concentraciones de AG<sub>3</sub> en el rendimiento del cultivo de plátano en kg/ha.
- Evaluar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

- Al menos una de las concentraciones y frecuencia de aplicación de ácido giberélico mostrará diferencia estadística significativa para el diámetro de fruto y longitud de frutos de plátano.
- Al menos una de las concentraciones de ácido giberélico y una frecuencia de aplicación mejorará la conversión del número de frutos por caja.
- Al menos una de las concentraciones de ácido giberélico y una frecuencia de aplicación mejorará el rendimiento del cultivo de plátano en kg/ha.
- Al menos una frecuencia de aplicación y concentración de ácido giberélico permitirá obtener una mayor rentabilidad en la producción de frutos de plátano.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Localización del trabajo

La presente investigación se realizó en el parcelamiento La Blanca, que se encuentra localizado en el municipio de Ocosingo del departamento de San Marcos, sobre las coordenadas 14°35'29.46" latitud norte y 90°08'32.25" longitud oeste, a una altura 16 metros sobre el nivel del mar (Google earth, 2013).

Al parcelamiento se puede acceder desde la capital de Guatemala por la ruta internacional CA-2 a la altura del km 236.2, donde se dobla a la izquierda y se toma la RN-2 donde se recorren 25 kilómetros hasta llegar al casco del parcelamiento. (SEGEPLAN, 2012).

El clima es cálido. La temperatura media anual es de 28°C, con máximas de 36°C y mínima promedio de 23°C. La precipitación media anual es de 1,303 mm / anuales. Se marcan dos épocas bien definidas, la de lluvia comprende del mes de mayo a noviembre, contando con un promedio de 72 días al año. La época seca está comprendida de abril a noviembre lo que implica un requerimiento de riego para 6 meses. La humedad relativa promedio anual es de 74% (Carreto, 2015).

De acuerdo con De la Cruz (1982), Parcelamiento La Blanca, pertenece a la zona de vida, bosque húmedo subtropical cálido bh- S (c).

Los suelos se clasifican entre los del litoral del pacífico, pertenecen a la serie Tiquisate, son suelos franco arenoso, que se han desarrollado sobre los depósitos arenosos aluviales o marinos. Son porosos y fácilmente penetrados por las raíces, el agua y aire y pueden ser cultivados con éxito si se proveen de riego y desagüe se aumenta y mantiene el nivel de materia orgánica, Ocupan relieves casi planos en el litoral pacífico a elevaciones menores de 120 metros sobre el nivel del mar. La erosión es de ligera a moderada (pendiente 1 %). Los suelos tienen un alto contenido de materia orgánica, con un pH que va de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (pH 6.4 a 7.4) (Simmons, Tárano y Pinto, 1959).

## 6.7 Material experimental

### 6.7.1 Variedad

La variedad evaluada fue Curare enano, siendo este material el más utilizado en la zona por su porte bajo y se adapta muy bien a las condiciones del clima.

### 6.8 Factores a estudiar

**Factor A:** Frecuencia de aplicación del ácido giberélico: 15 y 30 días, después de floración.

**Factor B:** Concentración de ácido giberélico

### 6.9 Descripción de los tratamientos

Cuadro 3. Tratamientos evaluados

Tratamiento (ppm)	Aplicación días después de floración
Testigo (agua)	15 ddf
	30 ddf
125	15 ddf
	30 ddf
250	15 ddf
	30 ddf
375	15 ddf
	30 ddf

ddf= días después de floración (días después de haber parido la planta).

El producto que se utilizó se encuentra comercialmente como New Gibb® a una concentración de 90 gramos de ingrediente activo por kilogramo de producto comercial.

### 6.10 Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un arreglo bifactorial combinatorio, con ocho tratamientos y cinco repeticiones.

## 6.11 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j + R_k + \varepsilon_{ijk}$$

- $Y_{ijk}$ : Es la variable de respuesta asociada a la  $ijk$ -ésima unidad experimental
- $\mu$ : Efecto de la media general
- $\alpha_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor de la dosis del ácido giberélico
- $\beta_j$ : Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor de la frecuencia de la aplicación del ácido
- $\alpha_i\beta_j$ : Efecto de la posible interacción entre la  $i$ -ésima dosis del ácido giberélico con la  $j$ -ésima frecuencia de aplicación del ácido.
- $R_k$ : Efecto del  $k$ -ésimo
- $\varepsilon_{ijk}$ : Error experimental asociado a la  $i-j-k$ -ésima unidad experimental

## 6.12 Unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de 0.011 ha. Con 13.4 m de largo por 8.3 m de ancho, teniendo 24 plantas por unidad experimental, el marco de siembra fue en surcos de doble hilera con distanciamientos de 1.75 m entre planta por 1.90 m entre hilera y 2.50 m entre surco, se tomaron las 4 plantas del centro de la unidad experimental donde se tomaron los datos.

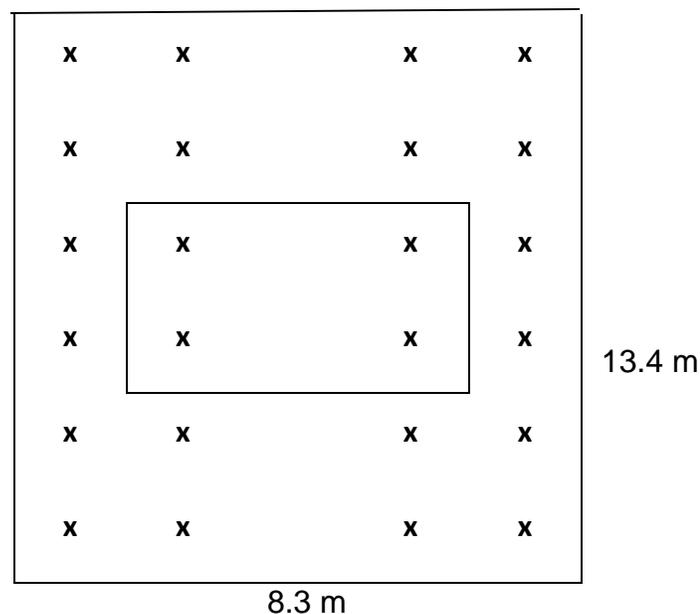


Figura 1. Unidad experimental de la evaluación de dosis y frecuencia.

## 6.13 Croquis de campo

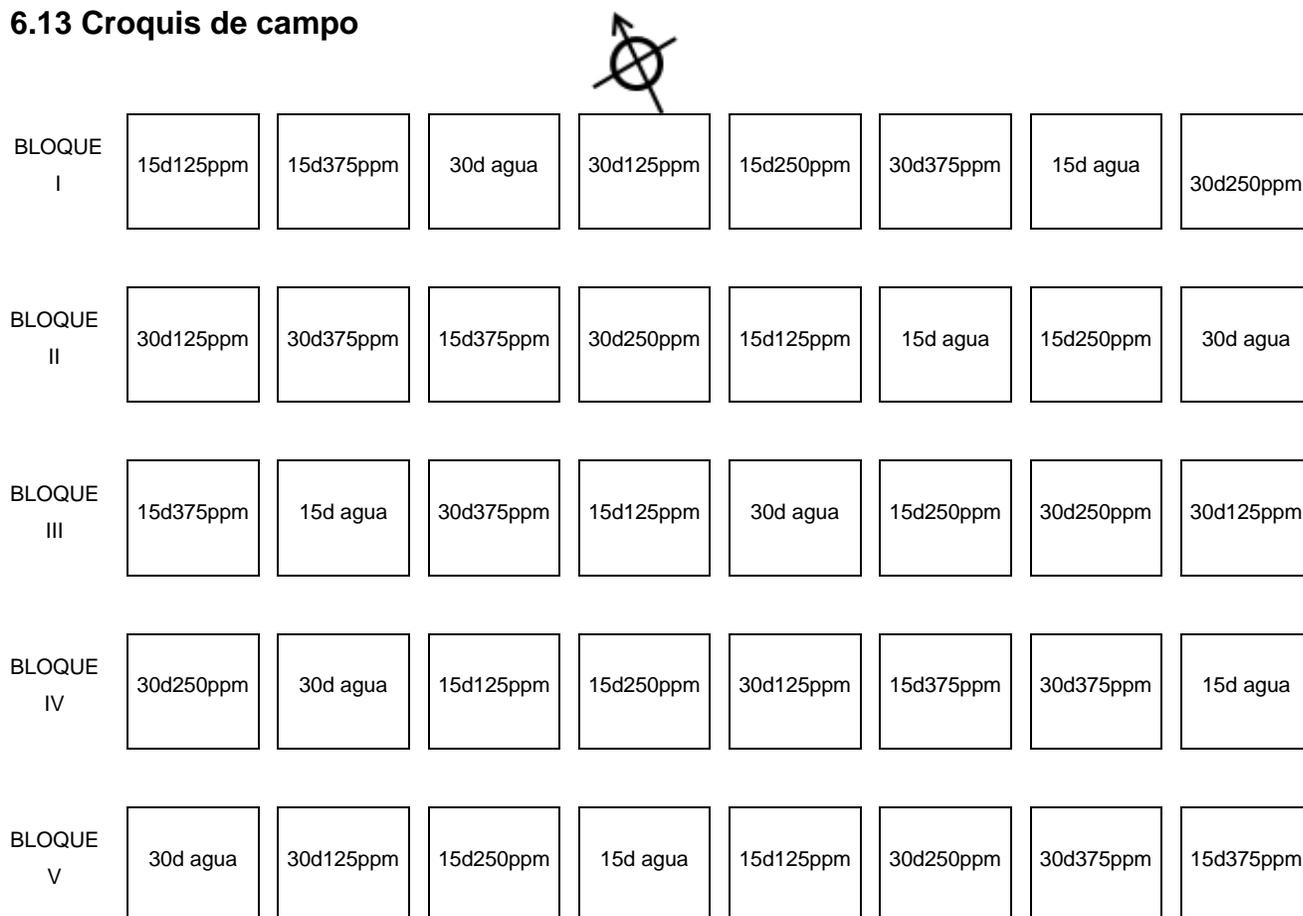


Figura 2: Aleatorización de los tratamientos

## 6.14 Manejo del experimento

La aplicación del ácido giberélico se realizó de forma directa al fruto por medio de una bomba aspersora en las diferentes dosis y frecuencia de aplicación de 15 días y 30 días después de la floración del plátano. Los datos se tomaron cuando la fruta llegó al empaque, previo a aplicar las concentraciones de ácido giberélico se realizó el desmane.

### 6.14.1 Establecimiento del experimento

El área total del experimento fue de 0.443 ha en la cual, se establecieron los bloques y tratamientos. Para cada parcela se utilizaron rótulos para identificarlas, se realizaron 40 unidades experimentales distribuidas en el área del experimento.

### **6.14.2 Preparación del suelo**

Primero se eliminaron las malezas manualmente, luego se realizó una mecanización con row plow (rastra de disco pesada) para romper y mullir la capa dura del suelo y así facilitar en enraizamiento de las plantas, se rompió el suelo a 0.25 metros de profundidad, antes de sembrar se aplicó herbicida pre-emergente.

### **6.14.3 Ahoyado**

El ahoyado se realizó con un diámetro de 0.25 m y a una profundidad de 0.25 m, juntamente con esta actividad se arrancó el rizoma para luego dar paso a la siembra, además se hizo una limpieza para quitar la mayor parte de impurezas.

### **6.14.4 Siembra**

La siembra se realizó en el mes de enero ya que se contó con riego, los rizomas sembrados se seleccionaron tomando características como tamaño y edad del rizoma.

### **6.14.5 Riego**

Se aplicó una lámina de riego de 8 mm cada 8 días.

### **6.14.6 Fertilización**

A los 30 días de estar sembrada la plantación se fertilizó con la fórmula 20-20-0 a razón de 28.37 gramos por planta, la segunda aplicación se realizó a los 2.5 meses con fertilizantes sulfato de amonio y urea 46% a razón de 42.55 gramos por planta, la tercera fertilización se realizó con un producto orgánico biocat mas sulfato de amonio hidrosoluble la dosis fue 2 litros de biocat + 11.35 kilogramos de sulfato hidrosoluble por tonel de 54 galones a razón de 125 cc/planta. A los 3.5 meses de edad de la planta, la cuarta fertilización se hizo con la fórmula 8-5-18 granulada a razón de 56.75 gramos por planta a los 5 meses de edad de la planta, la quinta fertilización se realizó con la fórmula 0-0-60 + 46-0-0 hidrosoluble la dosis fue 9.08 kilogramos de 0-0-60 + 11.35 kilogramos de 46-0-0 hidrosoluble a razón de 125 cc/planta, la sexta fertilización fue con la fórmula 0-0-60 a razón de 56.75 gramos por planta.

#### **6.14.7 Control fitosanitario**

Se realizó control de enfermedades, principalmente sigatoka negra, se aplicó fungicida preventivo a base de mancozeb a cada 12 días, además se realizó un saneo de la planta para evitar plagas.

#### **6.14.8 Control de picudo (*Cosmopolites sordidus*)**

Se realizó un picado de cormo con machete, antes de establecer la plantación como parte del control cultural, posteriormente se asperjo el producto Etcop® a razón de un 1 litro por hectárea, se realizaron dos aplicaciones durante el ciclo de siembra.

#### **6.14.9 Control de nematodos**

Se realizó de forma química, aplicando Verango®, utilizando 1 litro de producto por hectárea, se realizó durante la siembra.

#### **6.14.10. Control de araña roja**

El control se realizó aplicando Abomectina® al 1.4 de concentración a razón de 100 cc por hectárea, se realizaron 3 aplicaciones por ciclo del cultivo.

#### **6.14.11 Control de chinche de encaje**

Se realizó el control mediante la aplicación de Oberon® a una dosis de 250 cc/ha, se realizaron 3 aplicaciones por ciclo del cultivo

#### **6.14.12 Deshije**

Esta actividad se realizó para regular la población de las plantas adultas por lo que se evitó que los hijos compitieran por la luz y espacio, se dejó solo un hijo.

#### **6.14.13 Control de malezas**

El control de malezas se realizó de forma manual, así como aplicaciones de herbicidas para el control de gramíneas.

#### **6.14.14 Embolse y marcaje**

Esta actividad se realizó para proteger al fruto de quemaduras de sol y se marcó con una cinta correspondiente a la semana para poder saber la fecha de corte del racimo.

#### **6.14.15 Aplicación de los tratamientos**

Las aplicaciones de las diferentes dosis de ácido giberélico se realizaron directamente al fruto con una bomba aspersora en frecuencias de 15 y 30 días después de la emisión de la inflorescencia.

#### **6.14.16 Cosecha**

La cosecha se realizó 90 días después de la emisión del botón floral.

#### **6.14.17 Desmane**

Para poderle dar un mejor grosor y longitud a los dedos de la mano se realizó un desmane usando la técnica de falsa más tres.

#### **6.14.18 Transporte**

Cuando se cortó el racimo fue transportado con los cuidados necesarios donde se evitó la fricción de los dedos, antes del transporte se mojó todo el racimo.

#### **6.14.19 Empaque**

Durante el empaque se colocaron los dedos del racimo dentro de una caja de cartón de 50 libras de peso, al realizar esta actividad se verificó la calidad de la fruta.

### **6.15. Variables de respuesta**

#### **6.15.1 Calidad de fruta**

##### **a) Diámetro de dedo de la mano**

Con un calibrador se midió el diámetro del dedo de la parte central de la segunda mano basal, la medición se realizó en centímetros.

### **b) Longitud del dedo de la mano**

Se realizó en la parte central de la segunda mano basal del racimo. Se midió en centímetros con el auxilio de una cinta métrica.

### **c) Daños ocasionados en el fruto**

La determinación de daños se realizó a la hora del empaque, tomándose daños por sol o por fricción de la hoja.

## **6.15.2 Rendimiento**

### **a) Peso promedio del racimo**

Con una balanza digital se pesó el racimo en kilogramos y se realizó un promedio de peso por tratamiento.

### **b) Número de frutos por caja**

Se realizó el conteo mecánico del número de frutos que se colocaron en las cajas de empaque.

### **c) Rendimiento en kg/ha.**

Se pesó la producción de cada una de las unidades experimentales, posteriormente se proyectó el rendimiento a kg/ha.

## **6.16 Análisis de la información**

### **6.16.1 Análisis estadístico**

Todos los resultados de las variables de respuestas fueron sometidos al análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%.

Para aquellos tratamientos donde se encontró significancia se realizó prueba múltiple de media utilizando el test de Tukey a nivel  $\alpha = 0.05$ , la información se presentó en cuadros donde se ordenó y de esta forma se facilitó la interpretación resultados.

$$w = q * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

### 6.16.2 Análisis económico

Con base en las variables de costos e ingresos por tratamiento, se procedió a calcular la rentabilidad de cada tratamiento. La rentabilidad es la relación que se tiene entre la utilidad neta dividido el costo total, por cien.

$$\%R = \frac{U. N}{CT}$$

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico en las características de diámetro y longitud del fruto

#### 7.1.1 Diámetro de fruto

Las compañías comercializadoras y fincas productoras de plátano utilizan el término diámetro, grado o calibración, al referirse al grosor del fruto desde su formación hasta la cosecha o intervalo fructificación-cosecha. El diámetro se midió en la parte central del fruto, ya que es el que condiciona la edad de corte del racimo en las fincas, obviamente se presentan variaciones en la forma de expresar esta medida, independientemente de donde se produce plátano y el tamaño de los racimos.

Los datos correspondientes al diámetro de fruto de las diferentes unidades experimentales, fueron sometidos a un análisis de varianza, los resultados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable diámetro de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	0.463501	0.115875	1.1745	0.343 <sup>NS</sup>
Factor A	1	0.362793	0.362793	3.6772	0.042*
Factor B	3	1.652832	0.550944	5.5843	0.004*
Interacción	3	1.169556	0.389852	3.9515	0.018*
Error	28	2.762451	0.098659		
Total	39	6.411133			

C.V. = 6.14%

Los resultados del análisis de varianza que se presentan en el cuadro 4 muestran que se tuvo diferencia estadística significativa entre las concentraciones de ácido giberélico: 0 ppm, 125 ppm, 250 ppm y 375 ppm (factor A) aplicadas a los 15 y 30 días después de

la emisión floral, por lo que se realizó prueba múltiple de medias, los resultados se presentan en el cuadro 5.

Para el factor frecuencia de aplicación (factor B) se tuvo diferencia estadística significativa, por lo que fue necesaria la comparación de medias, los resultados de la prueba de medias de Tukey se presenta en el cuadro 6.

La interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico presentó diferencia estadística significativa, por lo que los resultados fueron sometidos a prueba múltiple de medias de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 5. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico sobre la variable diámetro de fruto.

Tratamiento	Media (cm)
Ácido Giberélico 375 ppm	5.3975 A
Ácido Giberélico 250 ppm	5.1435 A
Ácido Giberélico 125 ppm	5.0800 A
Testigo absoluto	4.8260 B

Tukey = 0.3834

La prueba múltiple de medias de Tukey mostró que estadísticamente existió diferencia significativa entre las concentraciones aplicadas y el testigo absoluto, por lo que cualquiera de las concentraciones de ácido giberélico incide en el incremento del diámetro del fruto.

Aunque estadísticamente los racimos que recibieron aplicación de ácido giberélico no tuvieron diferencia, al analizar el diámetro medio de los frutos por efecto de la concentración de ácido giberélico, se tuvo que el mayor calibre se logra al aplicar 375 ppm (tratamiento 4) después de floración. La respuesta a la aplicación de la concentración de 250 ppm (tratamiento 3) permite tener el segundo diámetro en importancia y la concentración de 125 ppm (tratamiento 2) permitió obtener el tercer diámetro.

Estos resultados coinciden con el aporte de varios autores como IICA (1984), Salisbury y Ross (2000) y García (1996), quienes describen que los efectos de las giberlinas en las plantas son: estimular el crecimiento de las yemas, estimular el crecimiento de hojas y de frutos (partenocárpicos y no partenocárpicos), promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructanos y sacarosa, originando moléculas de fructuosa y glucosa.

Sandoval (1998), indica que a medida que se aumenta la concentración de ácido giberélico en los frutos, incrementa el diámetro, posiblemente porque el fruto está en pleno desarrollo y la mayor demanda de asimilados y nutrientes se logra con aplicaciones de ácido giberélico y en la medida que aumentan la concentración endógena de la giberélinas provoca un incremento en la elongación celular y en la síntesis de carbohidratos y proteínas.

La prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre el diámetro de frutos (cm), se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey para interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre el diámetro de fruto (cm).

Frecuencia	Concentración				Media
	0 ppm	125 ppm	250 ppm	375 ppm	
15 ddf	4.8260 <sup>B</sup>	5.0800 <sup>A</sup>	5.1435 <sup>A</sup>	5.3975 <sup>A</sup>	5.1117
30 ddf	4.8260 <sup>A</sup>	5.2070 <sup>A</sup>	4.8260 <sup>A</sup>	5.2070 <sup>A</sup>	5.0165

ddf = días después de floración

La prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia = 0.05 para la aplicación de ácido giberélico 15 días después de parición de flor y su influencia sobre el diámetro de

fruto, mostró diferencia estadística significativa entre aplicar cualquiera de las concentraciones y el testigo absoluto. Por lo que realizar la aplicación de cualquier concentración de ácido giberélico a esta frecuencia le permite mejorar la calidad del fruto de plátano con respecto al testigo, al analizar las concentraciones evaluadas se tuvo que 375 ppm fue la que permitió obtener el mayor diámetro.

La interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico, cuando se tabularon los datos de frecuencia de aplicación a los 30 días después de floración (ddf), no mostró diferencia estadística significativa para esta interacción, por lo que todos permiten que los diámetros sean similares, por lo que realizar aplicaciones a esta frecuencia para el productor es antieconómico ya que no mejora la calidad del fruto.

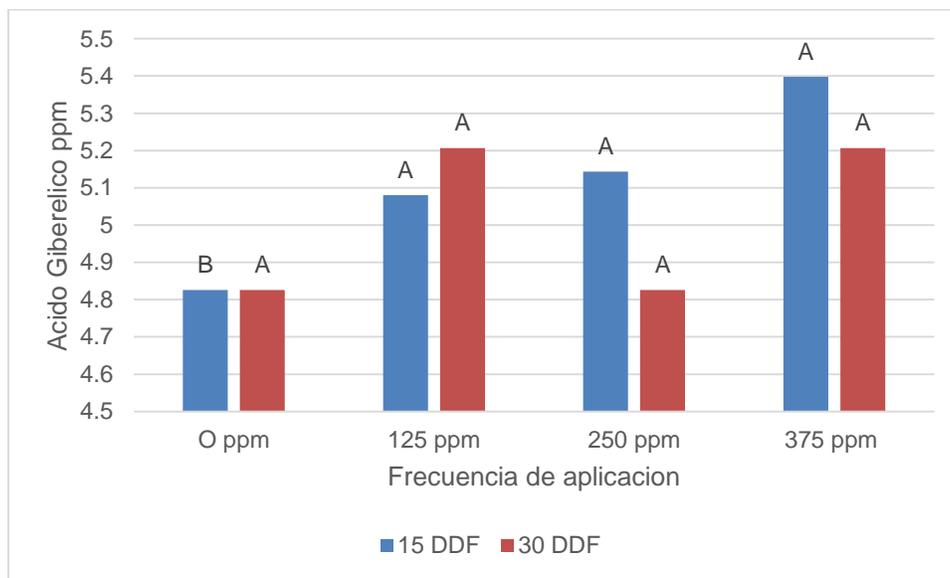


Figura 3. Interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico para la variable diámetro de fruto, letras iguales, estadísticamente no tienen diferencia estadística significativa  $\alpha = 0.05$ .

Al analizar la interacción, concentración de ácido giberélico/frecuencia de aplicación en la figura 3, mostró que se tuvo diferencia estadística significativa entre medias de los tratamientos cuando se aplicó 15 días después de la emisión floral (parición), por lo que si se quiere un incremento en el calibre el productor debe realizar la aplicación en el

lapso transcurrido entre los primeros 15 días después de la emisión floral. La interacción concentración de ácido giberélico/frecuencia de aplicación 30 días después de floración no mostró diferencia estadística.

### 7.1.2 Longitud de fruto

El crecimiento de los dedos de plátano tiene sus inicios con el alargamiento de los ovarios, fenómeno que inicia a partir del cuarto día antes de la floración, éste a su vez se mantiene a un ritmo bastante elevado hasta cerca de los 30 días después de la floración (Soto 1995). Tomando este antecedente científico se evaluó el efecto de 4 concentraciones de ácido giberélico 15 y 30 días después de la floración y el efecto que cada tratamiento tuvo sobre la longitud del fruto, los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza, los cuales se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable longitud de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	7.351563	1.837891	1.8216	0.152 <sup>ns</sup>
Factor A	1	28.902344	28.902344	28.6466	0.000*
Factor B	3	51.800781	17.266928	17.1141	0.000*
Interacción	3	13.296875	4.432292	4.3931	0.012*
Error	28	28.250000	1.008929		
Total	39	129.601563			

C.V. = 3.36%

El análisis de varianza para la variable longitud de fruto mostró diferencia estadística significativa para frecuencia de aplicación, concentración e interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico, por lo que los datos se sometieron a la

prueba de separación de medias utilizando la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5%, los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre la longitud de fruto de plátano.

Tratamiento	Media (cm)
Ácido Giberélico 375 ppm	31.4000 A
Ácido Giberélico 250 ppm	30.6000 A
Ácido Giberélico 125 ppm	28.9000 B
Testigo absoluto	28.7000 B

Tukey = 1.2261

La comparación de medias forma 2 grupos de acuerdo al efecto que tuvo la concentración de ácido giberélico aplicada, por lo que el tratamiento de 375 ppm y 250 ppm permitieron obtener los mejores resultados logrando obtener las mayores longitudes de fruto de plátano, alcanzando la calidad extra exigida por el mercado destino de EEUU que es de 30.48 cm y el europeo que es de 27.94 cm.

Los tratamientos 125 ppm y el testigo absoluto forman un segundo grupo, comportándose estos tratamientos de forma muy similar por lo que no es necesario para lograr esta calidad aplicar ácido giberélico. La longitud de fruto supera el grado mínimo exigido por el mercado destino de EEUU que es de 30.48 y el europeo que es de 27.94 cm.

Al comparar los grados alcanzados en cuanto a la longitud de fruto, para la calidad extra se logró aplicando 275 ppm y para comercializar plátano de exportación de calidad de primera no es necesario realizar ninguno de estos tratamientos.

Para conocer la respuesta que tuvo la aplicación de las diferentes concentraciones a los 15 y 30 días después de floración sobre la longitud de fruto se realizó prueba de medias de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable longitud de fruto.

Frecuencia de aplicación	Media
15 ddf	30.7500 A
30 ddf	29.0500 B

ddf = días después de floración

Tukey = 0.6513

Al realizar el análisis de medias para la variable longitud de fruto de plátano se tuvo que existió diferencia estadística significativa entre frecuencias de aplicación, teniéndose que la aspersión a los 15 días después de la emisión floral permitió obtener las mayores longitudes.

La aplicación de las diferentes concentraciones de ácido giberélico 30 días después de floración no hace separación entre medias de los tratamientos, por lo que no existe significancia a esta frecuencia de aplicación, por lo que no es recomendable debido al costo que representa el ácido giberélico.

Los resultados obtenidos coinciden con lo manifestado por Lovatt y Salazar-García (2003), quienes manifiestan que las fuentes más importantes para el crecimiento del fruto son: hormonas promotoras del crecimiento, especialmente giberelinas, citoquininas, fotoasimilados carbonados, nutrientes minerales y agua. Sin embargo, existen además otros procesos como el crecimiento de los brotes y raíces, que compiten por estos compuestos con los frutos en crecimiento.

En el momento de la floración estas sustancias (nutrientes, hormonas) son muy importantes para el desarrollo de los órganos florales. Después de cuajados los frutos,

la división celular en estos es más rápida que cuando se acercan a la madurez), por lo tanto, frutos en pleno crecimiento poseerán una mayor actividad hormonal, con una mayor capacidad de sumidero (movilización de nutrientes), reforzando así la labor de las hojas e involucrando un mayor crecimiento de los frutos.

Para determinar cuál de las interacciones frecuencia de aplicación/Concentración de ácido giberélico permitió obtener la mejor longitud de fruto, se realizó prueba de medias de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico, para la variable longitud de fruto.

Frecuencia	Concentración de ácido giberélico				Media
	0 ppm	125 ppm	250 ppm	375 ppm	
15 ddf	29.2000 <sup>A</sup>	29.2000 <sup>A</sup>	31.4000 <sup>A</sup>	33.2000 <sup>A</sup>	30.7500
30 ddf	28.2000 <sup>A</sup>	28.6000 <sup>A</sup>	29.8000 <sup>B</sup>	29.6000 <sup>B</sup>	29.0500
Media	28.7000	28.9000	30.6000	31.4000	29.9000

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre las medias a  $P \leq 0.05$

La interacción aplicación de ácido giberélico/frecuencia de aplicación 15 días después de floración a concentraciones de 250 ppm y 375 ppm son las que permiten obtener las mayores longitudes de fruto de plátano, pudiéndose comercializar para el mercado destino de EEUU o europeo como calidad extra. El resto de interacciones presentan resultados similares por lo que no es significativo realizar estos tratamientos.

La aplicación temprana del ácido giberélico (15 ddf) coincide con los resultados de Aristizabal, Cardona y Osorio (2008), quienes en un experimento para establecer si la aplicación de ácido giberélico incrementaba el efecto benéfico sobre las características del racimo de plátano Dominico Hartón, aplicando a los 15, 45 y 75 días después de floración en racimos, con aplicaciones tempranas (15 DDF) el valor fue 17.8% mayor que con aplicaciones tardías y 14.2% que con aplicaciones intermedias. Estos autores

concluyeron que la aplicación temprana de la hormona fue clave para producir un efecto positivo sobre las características del racimo.

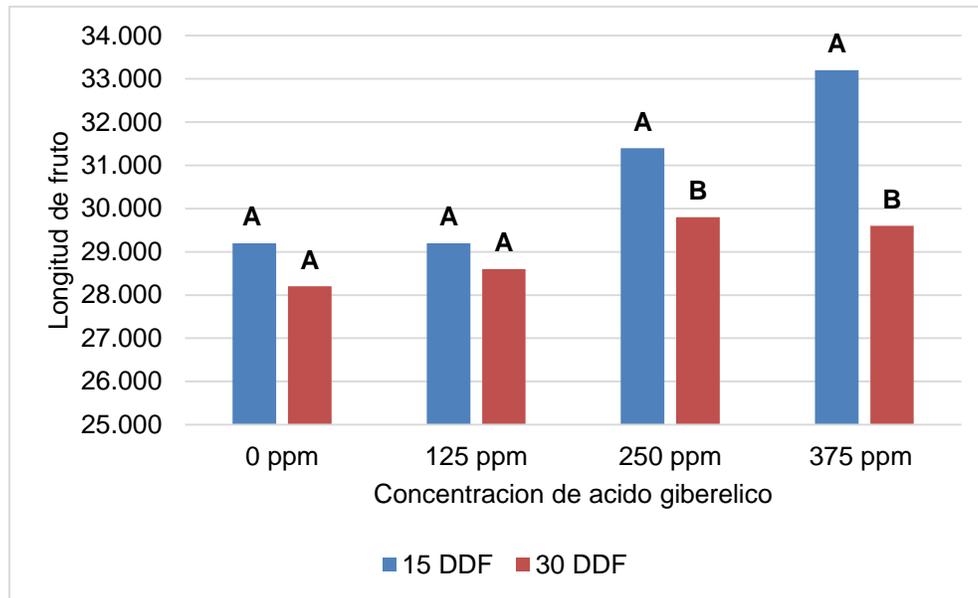


Figura 4. Longitud de frutos de plátano, debido a la Interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico. Letras diferentes, indican diferencia estadística significativa entre las medias a  $P \leq 0.05$ .

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de Tukey, y al comportamiento de las barras en el histograma, se tiene que en el tratamiento testigo y en la aplicación de ácido giberélico 125 ppm aplicado a los 15 y 30 días después de floración, no mostraron diferencia estadística significativa, por lo que económicamente no es recomendable hacer una inversión en ácido giberélico a esta concentración ya que esta no influye en la longitud del fruto.

Para las interacciones frecuencia de aplicación 15 y 30 días/concentraciones 250 y 375 ppm, se tuvo diferencia estadística significativa, por lo que estas si influyeron en la longitud del fruto, se tuvo que la aplicación 15 días después de floración y la

concentración de ácido giberélico a 375 ppm, permitió obtener una longitud de 33.20 cm, siendo esta la mayor.

### 7.1.3 Daños ocasionados al fruto

El daño ocasionado al fruto debido a golpes, fricción, manipulación y/o cualquier otro factor fue determinado en peso (kg) de frutos que presentaron daños, los datos fueron sometidos a análisis de varianza, los cuales se presentan en el cuadro 11.

Cuadro11. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable daño de fruto.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	0.084373	0.021093	2.0441	0.115 <sup>ns</sup>
Frecuencia	1	0.016792	0.016792	1.6273	0.210 <sup>ns</sup>
Concentración	3	0.074562	0.024854	2.4085	0.087 <sup>ns</sup>
Interacción	3	0.038628	0.012876	1.2477	0.311 <sup>ns</sup>
Error	28	0.288940	0.010319		
Total	39	0.503296			

C.V. = 7.12%

El cuadro de análisis de varianza mostró que no existe diferencia estadística significativa entre frecuencia de aplicación, tampoco entre concentración de ácido giberélico, ni en la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico, por lo que no es necesario realizar comparación de medias. Los daños que se ocasionan a los frutos de plátano son por efecto de manipulación desde el momento de cosecha, transporte y empaque, por lo que los daños reportados no se deben a efectos de los tratamientos evaluados.

## 7.2 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre el peso de racimo

Luego de aplicadas las diferentes concentraciones de ácido giberélico se esperó el efecto que estas tuvieron sobre los frutos. La variable peso de racimo en kilogramos fue determinada al momento de cosecha, a los datos obtenidos se les realizó análisis

de varianza para determinar si entre estos existía diferencia estadística significativa, los resultados se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico para la variable peso de racimo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	1.524414	0.381104	2.0109	0.120 <sup>ns</sup>
Frecuencia	1	4.631348	4.631348	24.4369	0.0001*
Concentración de GA <sub>3</sub>	3	5.165527	1.721842	9.0851	0.0001*
Interacción	3	4.339844	1.446615	7.6329	0.001*
Error	28	5.306641	0.189523		
Total	39	20.967773			

C.V. = 3.50%

Los resultados del análisis de varianza mostraron que se tiene diferencia estadística significativa entre la frecuencia de aplicación 15 y 30 días después de floración. También se encontró que se tuvo diferencia estadística significativa entre las concentraciones 0 ppm, 125 ppm, 250 ppm y 375 ppm. La interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico también mostró significancia. Para determinar el nivel de importancia de cada uno de los tratamientos evaluados se realizó separación de medias, mediante la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5%, los resultados se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el peso de racimo.

Tratamiento	Media (kg)
Ácido Giberélico 375 ppm	13.0182 A
Ácido Giberélico 125 ppm	12.3832 B
Ácido Giberélico 250 ppm	12.3832 B
Testigo absoluto	12.0203 B

La separación de medias forma dos grupos, por lo que la aplicación de ácido giberélico a 375 ppm permite obtener el mayor peso de racimo y mostrando diferencia estadística con respecto a los otros tratamientos. El segundo grupo conformado por la aplicación de ácido giberélico a 250 ppm, 125 ppm y 0 ppm presentaron pesos similares de racimo, por lo que al tener pesos similares y debido a los costos que representa la aplicación y los insumos utilizados es mejor no aplicar el ácido giberélico a concentraciones de 125 y 250 ppm.

Los resultados sobre el incremento de peso del racimo coinciden con los reportados por Sandoval (1998), realizando evaluaciones el efecto del ácido giberélico, sobre el peso del racimo en plantas sin inhibiciones fisiológicas en el crecimiento. Se determinó también que aspersiones de GA<sub>3</sub> en racimos con dos semanas de edad causan un aumento en el peso de los frutos. El efecto positivo se atribuye a la generación de una relación fuente-receptáculo que promueve el desplazamiento de los fotosintatos desde las hojas hasta los frutos. La época de aplicación del AG produjo efectos altamente significativos en el peso del racimo.

El análisis de varianza del cuadro 12 mostró que para la frecuencia de aplicación también se tuvo significancia, por lo que se realizó prueba de medias de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el peso de racimo.

Frecuencia de aplicación	Media
15 ddf	12.7914 A
30 ddf	12.1110 B

ddf = días después de floración Tukey = 0.2823

El análisis de medias mostró que se tuvo diferencia estadística significativa entre frecuencia de aplicación, teniendo que la aspersion de las diferentes concentraciones de ácido giberélico 15 días después de la emisión floral, permitieron alcanzar el mayor peso de racimo.

Este resultado coincide con lo expuesto por Soto (1995), quien afirma que un buen peso de racimo se logra cuando la planta se desarrolla bajo buenas condiciones de luminosidad, buena humedad en el suelo y la aspersion de ácido giberélico se realiza entre cuatro días antes de la floración o seis días después de esta.

Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable peso de racimo.

Frecuencia	Concentración de ácido giberélico				Media
	0ppm	125ppm	250ppm	375ppm	
15 ddf	11.9749 <sup>A</sup>	12.6100 <sup>A</sup>	12.7007 <sup>A</sup>	13.8801 <sup>A</sup>	12.7914
30 ddf	12.0657 <sup>A</sup>	12.1564 <sup>A</sup>	12.0657 <sup>B</sup>	12.1564 <sup>B</sup>	12.1110
Media	12.0203	12.3832	12.3832	13.0182	12.4512

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre las medias a  $P \leq 0.05$

La separación de medias mostró que la interacción aplicación 15 días después de floración a una concentración 250 ppm y la aplicación 15 días después de floración a una concentración de 375 ppm de ácido giberélico permitieron obtener pesos de racimo diferente al resto de las interacciones. Por lo que para incrementar el rendimiento en peso por racimo/ha es recomendable utilizar cualquiera de estas dos concentraciones a esta frecuencia de aplicación. Al comparar las dos mejores interacciones se tuvo que el mayor peso fue de 13.88 kg, aplicando ácido giberélico 15 días después de floración a una concentración de 375 ppm.

### 7.3 Efecto de la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre el rendimiento

#### 7.3.1 Número de frutos por caja

Los datos correspondientes al número de frutos por caja de las diferentes unidades experimentales, fueron sometidos a un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable número de frutos/caja.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	8.843750	2.210938	1.0906	0.3810 <sup>ns</sup>
Frecuencia	1	62.500000	62.500000	30.8285	0.0001*
Concentraciones	3	35.484375	11.828125	5.8343	0.0030*
Interacción	3	39.500000	13.166667	6.4945	0.0020*
Error	28	56.765625	2.027344		
Total	39	203.093750			

C.V. = 2.38%

Los resultados del análisis de varianza indican que los factores frecuencia de aplicación 15 y 30 días después de floración, concentración de ácido giberélico. Así como la interacción de ambos presentaron diferencia estadística significativa, por lo que se realizó prueba de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Prueba de medias de Tukey (0.05) para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el número de frutos por caja.

Tratamiento	Media
Testigo absoluto	61.0000 A
Ácido Giberélico 125 ppm	60.2000 A
Ácido Giberélico 250 ppm	59.8000 A
Ácido Giberélico 375 ppm	58.4000 B

Tukey = 1.7380

La prueba de medias para el factor concentración de ácido giberélico indica que los tratamientos testigo absoluto y concentración a 125 ppm son los que requieren el mayor número de frutos por caja por lo que el factor de conversión será mayor, si consideramos el factor económico entre estos dos tratamientos la mejor opción y para reducir costos es mejor no realizar aplicación de giberelinas. El tratamiento de ácido giberélico a una concentración de 250 ppm mostró la tendencia de utilizar 60 frutos por caja, por lo que esto hace que la mejor recomendación técnica es no aplicarlo.

El tratamiento ácido giberélico a una concentración de 375 ppm es el que utiliza el menor número de frutos por caja, lo que podría hacerlo el más rentable, y el que mejor factor de conversión tendría, ya que utilizaría 3 frutos menos por caja en relación al testigo absoluto.

Debido a que el análisis de varianza del cuadro 16 también mostró diferencia estadística entre frecuencia de aplicación, se realizó prueba de medias de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el número de frutos/ caja.

Frecuencia de aplicación	Media
30 ddf	61.1000 A
15 ddf	58.6000 B

ddf = días después de floración

Tukey = 0.9233

La separación de medias a través de la prueba de Tukey en las dos frecuencias de aplicación evaluadas, se tuvo que el mayor número de frutos por caja (61) se dio cuando la aplicación se realizó 30 días después de floración, siendo este un alto factor de conversión. El menor número de frutos por caja se logró al aplicar el ácido giberélico a los 15 días después de floración, teniendo un buen factor de conversión.

El análisis de varianza del cuadro 16, también mostro diferencia estadística para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el número de frutos por caja, los resultados se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable número de frutos por caja.

Frecuencia	Concentración de ácido giberélico				Media
	0ppm	125ppm	250ppm	375ppm	
15 ddf	60.6000 <sup>A</sup>	60.0000 <sup>A</sup>	58.0000 <sup>B</sup>	55.8000 <sup>B</sup>	58.6000
30 ddf	61.4000 <sup>A</sup>	60.4000 <sup>A</sup>	61.6000 <sup>A</sup>	61.0000 <sup>A</sup>	61.1000
Media	61.5000	60.2000	59.8000	58.4000	59.8500

Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa entre las medias a  $P \leq 0.05$

Al realizar la separación de medias se tuvo que la mejor interacción para el menor número de frutos por caja se logró aplicando ácido giberélico 15 días después de floración a una concentración de 375 ppm, permitiendo que cada caja llevara 56 frutos siendo esta una buena conversión ya que se utilizaron 6 frutos menos por caja que el tratamiento testigo.

El tratamiento, aplicación de ácido giberélico a una concentración de 275 ppm, 15 días después de floración, fue el segundo en importancia, este tratamiento permitió que se utilizaran 58 frutos por caja, 3 frutos menos que al realizar la aplicación a los 30 días después de floración.

Los tratamientos 0 ppm y 125 ppm estadísticamente presentaron resultados similares por lo que no se tuvo diferencia estadística significativa entre estos, por lo que lo recomendable es no utilizarlos para no incurrir en gastos que no representen ganancias para el productor.

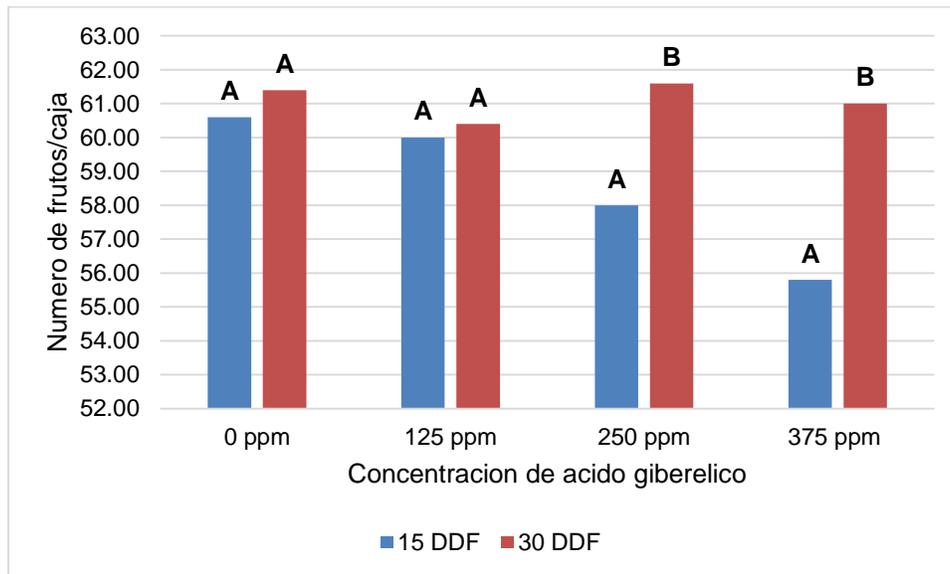


Figura 5. Numero de frutos por caja, debido a la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico en frutos de plátano. Letras diferentes, indican diferencia estadística significativa entre las medias a  $P \leq 0.05$ .

El comportamiento de las barras para el numero de frutos/caja mostró que la aplicación de las concentraciones de ácido giberélico a los 30 días después de floración, estadísticamente no tuvo diferencia estadística significativa, utilizándose casi un número similar de frutos por caja para cada uno de los tratamientos, por lo que económicamente no es rentable la aplicación.

El número de frutos de plátano/caja, en la interacción frecuencia de aplicación 15 días después de floración/concentración de ácido giberélico, tuvo diferencia estadística significativa, siendo la concentración 375 ppm de ácido giberélico, la que permitió utilizar el menor número de frutos/caja, siendo esto beneficioso para el agricultor ya que su índice de conversión mejora, permitiendo obtener mayor ingreso por producción.

### 7.3.2 Rendimientos en kg/ha

Para cada uno de los tratamientos se determinó el rendimiento el cual se proyectó a rendimiento en kg/ha, tomando como base la densidad de plantas por hectárea, los resultados del análisis de varianza se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la concentración y frecuencia de aplicación de ácido giberélico sobre la variable rendimiento kg/ha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	4	3200000.0000	800000.0000	2.0067	0.120 <sup>ns</sup>
Frecuencias	1	9729024.0000	9729024.0000	24.4040	0.0001*
Concentraciones	3	10857472.0000	3619157.2500	9.0782	0.0004*
Interacción	3	9133056.0000	3044352.0000	7.6364	0.001*
Error	28	11162624.0000	398665.1562		
Total	39	44082176.0000			

C.V. = 3.50%

El análisis de varianza para el rendimiento de kg/ha de frutos de plátano, este mostró que diferencia estadística significativa para frecuencia de aplicación, de igual forma se tuvo diferencia estadística significativa para concentración de ácido giberélico, así como para la interacción época de aplicación/concentración de ácido giberélico.

Para cada una de las fuentes de variación se realizó separación de medias para determinar cuál de las concentraciones evaluadas permitió tener el mejor rendimiento se realizó prueba múltiple de medias, los resultados se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Prueba de medias de Tukey  $(0.05)$  para la concentración de ácido giberélico y su efecto sobre el rendimiento en kg/ha.

Concentración	Media
Ácido Giberélico 375 ppm	18876.4414 A
Ácido Giberélico 125 ppm	17955.6387 B
Ácido Giberélico 250 ppm	17955.6367 B
Testigo Absoluto	17429.4648 B

Tukey = 770.7108

La separación de medias a través de la prueba de Tukey mostró que el tratamiento ácido giberélico a una concentración de 375 ppm estadísticamente presenta un rendimiento diferente al resto de los tratamientos evaluados, siendo este de 18876.44 kg/ha, mayor rendimiento en kilogramos permite obtener por hectárea.

Los tratamientos 250 y 125 ppm tienen una producción muy parecida a la del tratamiento testigo, por lo que estas concentraciones no influyen en el rendimiento por lo que no es recomendable su aplicación debido a los costos en que se incurre al utilizarlos.

El análisis de varianza del cuadro 26 también mostró diferencia estadística significativa para la época de aplicación los resultados se muestran en el cuadro 22.

Cuadro 22. Comparación de medias para el factor frecuencia de aplicación de ácido giberélico y su efecto sobre el rendimiento en kg/ha.

Frecuencia	Media
15 ddf	18547.5820 A
30 ddf	17561.0059 B

Tukey = 409.4371

Al realizar la comparación de medias entre épocas de aplicación tenemos diferencia estadística significativa, teniéndose los mejores rendimientos con los tratamientos aplicados a los 15 días después de floración.

El análisis de varianza del cuadro 20 mostró que la interacción de los factores frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico presentó diferencia estadística significativa, por lo que se realizó el análisis de medias a través de la prueba de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Prueba de medias de Tukey para la interacción frecuencia de aplicación/concentración de ácido giberélico sobre la variable rendimiento en kg/ha.

Frecuencia	Concentraciones				Media
	0 ppm	125 ppm	250 ppm	375 ppm	
15 ddf	17363.6934 <sup>A</sup>	18284.4961 <sup>A</sup>	18416.0391 <sup>A</sup>	20126.1016 <sup>A</sup>	18547.5820
30 ddf	17495.2383 <sup>A</sup>	17626.7813 <sup>A</sup>	17495.2383 <sup>B</sup>	17626.7813 <sup>B</sup>	17561.0059
Media	17429.4648	17955.6387	17955.6367	18876.4414	18054.2969

La separación de medias para la interacción mostró que las concentraciones 250 ppm aplicados a los 15 después de floración y 375 ppm a los 15 días después de floración. Al comparar estas dos concentraciones en la misma época de aplicación se tuvo que fue la concentración 375 ppm la que permitió obtener el mayor rendimiento.

#### 7.4 Análisis económico

Con base en los datos de costos e ingresos por tratamiento, se procedió a calcular la rentabilidad respectiva, los resultados del análisis se presentan en el cuadro 24.

Cuadro 24. Ingreso por hectárea por tratamiento en la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.

Tratamiento	Cajas/ha	Precio de venta	Ingreso/ha
Ácido Giberélico 375 ppm 15 ddf	887.39	Q.91.20	Q.80929.97
Ácido Giberélico 250 ppm 15 ddf	811.99	Q.91.20	Q.74053.49
Ácido Giberélico 125 ppm 15 ddf	806.19	Q.91.20	Q.73524.53
Ácido Giberélico 375 ppm 30 ddf	777.19	Q.91.20	Q.70879.73
Ácido Giberélico 125 ppm 30 ddf	775.39	Q.91.20	Q.70715.57
Ácido Giberélico 250 ppm 30 ddf	771.39	Q.91.20	Q.70350.77
Testigo absoluto	765.59	Q.91.20	Q.69821.81

Cuadro 25. Costo total por tratamiento en la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.

Tratamiento	Costo de Producción/caja	Costo Total/ha
Ácido Giberélico 375 ppm 30 ddf	Q.23.51	Q.18271.74
Ácido Giberélico 375 ppm 15 ddf	Q.20.42	Q.18120.50
Ácido Giberélico 250 ppm 15 ddf	Q.21.99	Q.17855.66
Ácido Giberélico 250 ppm 30 ddf	Q.23.12	Q.17834.54
Ácido Giberélico 125 ppm 15 ddf	Q.21.90	Q.17655.56
Ácido Giberélico 125 ppm 30 ddf	Q.22.76	Q.17647.87
Testigo absoluto	Q.22.80	Q.17455.45

Cuadro 26. Ingreso bruto, ingreso neto y rentabilidad por hectárea, para la evaluación de la aplicación de concentraciones de ácido giberélico, 15 y 30 días después de floración.

Tratamiento	Ingreso bruto	Ingreso neto	Rentabilidad (%)
Ácido Giberélico 375 ppm 15 ddf	Q.80929.97	Q.62809.47	346.62
Ácido Giberélico 125 ppm 15 ddf	Q.73524.53	Q.55868.97	316.44
Ácido Giberélico 250 ppm 15 ddf	Q.74053.49	Q.56197.83	314.73
Ácido Giberélico 125 ppm 30 ddf	Q.70715.57	Q.53067.70	300.70
Testigo absoluto	Q. 69821.81	Q.52366.36	300.00
Ácido Giberélico 250 ppm 30 ddf	Q.70350.77	Q.52516.23	294.45
Ácido Giberélico 375 ppm 30 ddf	Q.70879.73	Q.52607.99	287.92

El análisis de rentabilidad, realizado a los tratamientos, mostró que todos son altamente rentables debido al precio por caja de plátano en el momento en que se hizo la evaluación, la cual tenía un valor de \$.12.00 para el mercado de exportación.

Se tuvo como tratamiento más rentable, a la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 375 ppm aplicado 15 días después de floración. Su rentabilidad fue del 346.62%, superando al tratamiento testigo en un 46.62%.

El Segundo tratamiento con mayor rentabilidad fue la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 125 ppm aplicado 15 días después de floración, la rentabilidad que se obtuvo fue de 316.44%, superando al testigo en un 16.44% y como tercer tratamiento con mayor rentabilidad fue la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 250 ppm 15 días después de floración, donde se obtuvo una rentabilidad de 314.73%, superando al tratamiento testigo en un 14.73%.

## 8. CONCLUSIONES

Al analizar las medias de diámetro de fruto por efecto de la concentración de ácido giberélico, se tiene que el mayor diámetro se logra al aplicar 375 ppm de ácido giberélico 15 días después de floración.

Los tratamientos donde se aplicaron las concentraciones de 375 ppm y 250 ppm, 15 días después de floración, permitieron obtener la mayor longitud de fruto de plátano.

El tratamiento ácido giberélico a una concentración de 375 ppm, aplicado 15 días después de floración, es el que utiliza el menor número de frutos por caja, lo que le permitió tener el mejor factor de conversión (56 frutos/caja).

Las interacciones, aplicación de ácido giberélico 15 días después de floración a concentraciones de 250 ppm y 375 ppm son las que permiten obtener las mayores longitudes de fruto de plátano.

El mayor rendimiento obtenido en la presente evaluación fue de 20126.10 kg/ha, el cual se logró al aplicar ácido giberélico a una concentración de 375 ppm, 15 días después de floración.

En la presente evaluación la mejor rentabilidad se logró con la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 375 ppm aplicado 15 días después de floración, esta fue de 346.62%, superando al tratamiento testigo en un 46.62%.

## **9. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados de la presente investigación se recomienda la aspersión a los frutos de plátano con ácido giberélico a una concentración de 375 ppm, 15 días después de la emisión del botón floral, ya que con este tratamiento se logró la mayor calidad.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios. G. (1985). Fitopatología. Trad. Por Manuel Guzmán Ortiz, México, Editorial Limusa. 756 P.
- Aristizábal, L. M. (1995). Componentes del rendimiento en plátano (*Musa* AAB cv *Dominico Hartón*). Rev Univ Caldas 15(1/2): 65-75.
- Aristizabal M, Cardona, R, Osorio, C. (2008). Efecto del ácido giberélico y el desmane sobre las características del dominico, Hárton. Colombia 255p. Disponible en; [http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/viewFile/9262/9914](http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/9262/9914)
- Azcón, J. y Talón, M. (1996). Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw-Hill, Madrid, p.306-14; 456-460
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B., y Sánchez, R. (1992). Fisiología Vegetal. Madrid: Pirámide.
- Belalcazar, S, Jaramillo, C. (1991). El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario.376p. (Manual de asistenciatécnicaNo.50).
- Carreto S, E. I. (2015). Evaluación de productos químicos y orgánicos para el control del ácaro blanco (*Polyphargotarsonemus latus*) en berenjena; Ocós, San Marcos. Tesis Ingeniero Agrónomo, Licenciatura en Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- COBIGUA (Compañía Bananera Guatemalteca Independiente) (2007). Manual de plátano. Cobigua Sur, Tiquisate, Guatemala. 109 p.
- Davies, P. J. (1995). Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Dordrecht: Kluwer.
- De La Cruz, J.R. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Instituto Nacional Forestal. Guatemala, C.A.

Díaz M. (2002). Manual Práctico para el cultivo sustentable del plátano. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, 28 p.

FAO (2003). Statistical Databases. Disponible en línea: <http://apps1.fao.org>.

Góngora, J. (1999). Caracterización de subsistemas plátano (Musa Paradisiaca L). En los sistemas de producción de los municipios de Tiquisate y Nueva Concepción en el Departamento de Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Usac. 95 p.

Grajeda, D. (2001). El plátano. información Técnica del Plátano. Guatemala, Editorial, 38 p.

Henry, Chen, Mellich. (2000). Flowering Response Of Three Spathiphyllum cultivars to treatment with three levels of Gibberellic Acid. Consultado el 1 de septiembre, 2013. Disponible en: [http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/2000%20Vol.%2013/169170%20\(HNY\).pdf](http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/2000%20Vol.%2013/169170%20(HNY).pdf)

Información geográfica satelital Google earth (2013). Información departamental San Marcos. (Consultado el 3 de julio, 2016). Disponible en <http://googleearth.com>

INIBAP, (2001). Taxonomía de los bananos. (en línea). Montpellier Cedex 5, Francia, consultado 16 jun. 2016. Disponible en <http://www.inibap.org>

Lahav, E.; Gottreich, M. (1984). The effect of growth hormones on bananas: A review. Plant Growth Regulation2: 15-30.

Larrizabal, R. (2007). Manual de producción de Plátano de alta densidad. Honduras. 38 p.

Lockard, R.G. (1975.) The effect of growth inhibitors and promoters on growth and flowering and fruit size of banana plants. Malay Agric Res 4:19-29.

López M, CI. (1999). Efecto de la bencilaminopurina (BA) y dos métodos de micropropagación sobre los cultivares de plátano (Musa Balbisiaca Colla). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 P.

Lovatt C. y Salazar-García, S. (2003). La aplicación foliar de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el momento adecuado aumenta el tamaño del fruto y el rendimiento durante el año de alta producción, incrementando el rendimiento acumulado. EEUU - México. V Congreso Mundial del Aguacate. Pp. 266-267.

- Marañón, B. (1995). Producción campesina y mercado del banano en la costa peruana. CIPCA, Peru.
- Morales R. (1995). Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal. El Clon ICTA Salina, Plátanos Tolerantes a Sigatoka, Quetzaltenango, Guatemala.
- Morán, A. (1990). Diagnóstico del sistema del cultivo del plátano (*Musa* sp) con riego de la Dirección de Riego y Avenamiento DIRYA, En el Parcelamiento La Blanca Ócos, San Marcos EPS. Diagnóstico, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 54p.
- Ramírez, H. (2003). El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Memorias del 3er Simposio Nacional de Horticultura, Producción, Comercialización y Exportación de Cultivos Hortícolas. México.
- Ramírez, S. G. y Rodríguez C, J. C. (1996). Manual de producción de plátano para Tabasco y el norte de Chiapas. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Tabasco, México. Folleto técnico No 13 80 P.
- Rincón S, O. (1979). El plátano y su cultivo. Augura, Colombia 5ta edición p. 4-18.
- Rojas, M. (1993). Fisiología Vegetal Aplicada. Mc Graw-Hill, México, p.181; 189-190
- Ruiz C, E. N. (2013). Producción de Plátano. (A. N. Guzmán Méndez, Entrevistador)
- Ruiz M, L. M. (2014) Efecto de dos métodos de manejo de racimo de plátano, variedad gran enano, sobre el rendimiento y calidad de fruto, Tiquisate, Escuintla. Tesis Ingeniero Agrónomo, Licenciatura en Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Salisbury, F., Ross, C. (1991). Plant physiology (Traducción: V. González). California: Wadsworth Publishing.
- Sandoval, J. (1998). Evaluación del ácido giberélico para estimular el crecimiento de plantas de banano (*Musa* AAA) con sofocamiento foliar. Revista Corbana 23 (49): 77- 84.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia –SEGEPLAN- (2010). Plan de desarrollo Ocós San Marcos. Consultado el: 01 de septiembre de 2013 (en línea). Disponible en: [http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com\\_k2](http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2)
- Simmons, C.; Tàrano, J.M.; Pinto, J.H. (1959). Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra 1000p.

- Soberón J. R., Quiroga E. N., Sampietro A. R., Vattuone M. A. (2005). Giberelinas. (Consultado el 5 de septiembre, 2013) Disponible en línea: [http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores\\_vegetales\\_2005/giberelinas.htm](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/giberelinas.htm)
- Soto, M. (1995). Bananos, cultivo y comercialización. LIL, Costa Rica, p.21; 59-91
- Sponsel, V. M. (1995). Gibberellin biosynthesis and metabolism. Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Dordrecht: Kluwer. pp. 66-97
- USAID-RED. (2006). Boletín técnico de poscosecha de plátano. Oficina FHIA, La Lima, Cortes, Honduras.

## 11. ANEXOS



(Google earth, 2013).

Figura 6. Ubicación del área experimental  $14^{\circ}35'39.46''$  latitud norte y  $90^{\circ}08'32.25''$  longitud oeste, en Parcelamiento la Blanca, Ocosingo, San Marcos.

Anexo 1. Cronograma de Trabajo.

Meses Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Establecimiento del diseño experimental	X										
Ahoyado	x											
Siembra	x											
Riego	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	
Control de Malezas	x		x		x		X		x		x	
Fertilización	x	X	x	x		x		x		x		
Control de plagas y enfermedades		X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	
Deshije						x						
Marcaje y embolsado							X					
Aplicación de los Tratamientos								x				
Desmane									x			
Cosecha											x	
Transporte											x	
Análisis de resultados												X

Variable: Diámetro de fruto

		REPETICIONES				
A	B	I	II	III	IV	V
1	1	4.4450	5.0800	5.0800	4.4450	5.0800
1	2	5.0800	5.0800	4.4450	5.0800	5.0800
1	3	5.0800	5.7150	5.0800	5.0800	5.7150
1	4	5.0800	5.7150	5.7150	5.7150	5.7150
2	1	5.0800	4.4450	5.0800	5.0800	4.4450
2	2	5.0800	5.7150	5.0800	5.0800	5.0800
2	3	4.4450	5.0800	4.4450	5.0800	5.0800
2	4	5.0800	5.0800	5.7150	5.0800	5.0800

Variable: Longitud de dedo

		REPETICIONES				
A	B	I	II	III	IV	V
1	1	28.0000	29.0000	28.0000	30.0000	31.0000
1	2	29.0000	28.0000	30.0000	31.0000	28.0000
1	3	32.0000	31.0000	33.0000	31.0000	30.0000
1	4	33.0000	32.0000	34.0000	33.0000	34.0000
2	1	27.0000	29.0000	28.0000	29.0000	28.0000
2	2	28.0000	28.0000	30.0000	28.0000	29.0000
2	3	29.0000	29.0000	30.0000	30.0000	31.0000
2	4	30.0000	29.0000	31.0000	30.0000	28.0000

Variable: Peso de racimo

		REPETICIONES				
A	B	I	II	III	IV	V
1	1	11.7935	11.7935	12.2471	11.7935	12.2471
1	2	12.2471	12.2471	12.7007	13.1543	12.7007
1	3	12.2471	12.7007	13.1543	12.7007	12.7007
1	4	13.1543	13.6079	14.5151	14.9687	13.1543
2	1	12.2471	11.3399	12.2471	12.7007	11.7935
2	2	11.7935	12.2471	12.2471	12.7007	11.7935
2	3	12.2471	12.7007	11.7935	11.7935	11.7935
2	4	11.7935	12.7007	12.2471	11.7935	12.2471

Variable: Daño de fruto (kg).

A	B	REPETICIONES				
		I	II	III	IV	V
1	1	1.4600	1.4000	1.3900	1.2500	1.4700
1	2	1.4500	1.3200	1.4900	1.5600	1.6500
1	3	1.3700	1.2900	1.4200	1.3500	1.3900
1	4	1.2700	1.3600	1.4000	1.3800	1.4500
2	1	1.4500	1.5200	1.6500	1.4800	1.3600
2	2	1.6500	1.4500	1.7000	1.2000	1.3500
2	3	1.4500	1.3800	1.5500	1.4800	1.5000
2	4	1.2500	1.3400	1.4500	1.3600	1.3700

Variable: Número de frutos/caja

A	B	REPETICIONES				
		I	II	III	IV	V
1	1	60.0000	61.0000	63.0000	60.0000	59.0000
1	2	58.0000	60.0000	62.0000	61.0000	59.0000
1	3	59.0000	57.0000	56.0000	61.0000	57.0000
1	4	55.0000	57.0000	55.0000	56.0000	56.0000
2	1	63.0000	60.0000	62.0000	60.0000	62.0000
2	2	59.0000	60.0000	62.0000	61.0000	60.0000
2	3	60.0000	63.0000	62.0000	62.0000	61.0000
2	4	62.0000	61.0000	63.0000	59.0000	60.0000

Variable: Rendimiento kg/ha

A	B	REPETICIONES				
		I	II	III	IV	V
1	1	17100.6074	17100.6074	17758.3242	17100.6074	17758.3242
1	2	17758.3242	17758.3242	18416.0391	19073.7559	18416.0391
1	3	17758.3242	18416.0391	19073.7559	18416.0391	18416.0391
1	4	19073.7559	19731.4707	21046.9023	21704.6172	19073.7559
2	1	17758.3242	16442.8926	17758.3242	18416.0391	17100.6074
2	2	17100.6074	17758.3242	17758.3242	18416.0391	17100.6074
2	3	17758.3242	18416.0391	17100.6074	17100.6074	17100.6074
2	4	17100.6074	18416.0391	17758.3242	17100.6074	17758.3242

Figura 7. Aplicación del producto.



Figura 8. Identificación de la parcela.



Figura 9. Medición del grosor del dedo del racimo.



Figura 10. Medición de la longitud del dedo del racimo.



Figura 11. Conteo de número de dedos por caja.

