

**APLICACIÓN EXÓGENA DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN LAS  
PRIMERAS SEMANAS POSTERIOR A LA FLORACIÓN, EN  
BANANO (*Musa AAA* cv. Gran Enano), PARA MEJORAR LA  
CALIDAD DEL FRUTO PARA EXPORTACION**

**OLMAN ANDRÉS VARGAS ARAYA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como  
requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en  
Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2009**

**APLICACIÓN EXÓGENA DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN LAS  
PRIMERAS SEMANAS POSTERIOR A LA FLORACIÓN, EN  
BANANO (*Musa AAA* cv. Gran Enano), PARA MEJORAR LA  
CALIDAD DEL FRUTO PARA EXPORTACION**

**OLMAN ANDRÉS VARGAS ARAYA**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, Ph.D.

\_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Miguel Muñoz Fonseca, Ph.D.

\_\_\_\_\_  
Asesor Externo

Ing. Agr. Joaquín Duran Mora, MSC.

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

\_\_\_\_\_  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MSc.

\_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

## DEDICATORIA

A Dios,

Por devolver a mí bebe.

A mis hijas Emily y Cristina,

Por ser la razón de mí existir y la fuente de alegría en mi hogar y familia.

A mi madre y esposa,

Por ser las mujeres que me acompañan siempre sin importar como soy.

## AGRADECIMIENTO

### TEC

A todos mis compañeros del TEC, especialmente a Fernando, Luis y Mario, con quienes compartí más de un trabajo y tiempo de ocio.

A los profes Carlos Muñoz y Joaquín Duran, quienes me brindaron la mano para llevar a cabo este trabajo.

Al personal de DOLE que me acompañaron durante el desarrollo de mi tesis, entre ellos:

Dr Muñoz, quien es una persona de enorme conocimiento agronómico y humano.

Dr Campos, quien me colaboro incondicionalmente con lo que fuera necesario.

Papillo y Enoc, quienes me alegraron en todo momento con su especial forma de ser.

Singa, quien nunca negó ayuda a la hora de trabajar y fuera del trabajo.

“Don” Rafa Quesada, mae no tengo nada de qué quejarme, usted sabe como es la vara, Gracias de verdad.

Al personal del Laboratorio de Aguas: Carlos Cambroner y José, ambos ejemplos de amabilidad y servicios a los demás.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b><i>vi</i></b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b><i>viii</i></b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b><i>ix</i></b>
<b>LISTA DE CUADROS ANEXOS</b> .....	<b><i>x</i></b>
<b>LISTA DE FIGURAS ANEXAS</b> .....	<b><i>xi</i></b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo General .....	2
1.2. Objetivos Específicos .....	2
Hipótesis técnica .....	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Clasificación botánica .....	3
2.2. Descripción botánica.....	4
2.2.1. Sistema Radical .....	4
2.2.2. Cormo o Rizoma .....	5
2.2.3. Pseudotallo y Hojas .....	5
2.2.4. Inflorescencia .....	6
2.2.5. Fruto.....	7
2.2.5.1. Longitud de los Dedos .....	8
2.2.5.2. Diámetro de los Dedos (grado) .....	9
2.2.5.3. Cáscara y Pulpa.....	10
2.3. Ecología del Banano.....	10
2.3.1. Localización Geográfica .....	11
2.3.2. Lluvia y Humedad .....	11
2.3.3. Temperatura.....	12
2.4. Descripción del Cultivar “Gran Enano” .....	13
2.5. Reguladores de Crecimiento.....	13
2.5.1. Giberelinas.....	15
2.5.1.1. Efectos Fisiológicos .....	16
2.5.1.2. Mecanismos de Acción .....	17
2.5.1.3. Usos prácticos de las Giberelinas .....	17
2.5.1.4. Investigación Desarrollada en Musas y otros cultivos .....	18

<b>3.</b>	<b><i>MATERIALES Y METODOS</i></b> .....	<b>21</b>
<b>3.1.</b>	<b>Localización del Experimento y Periodo Experimental</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2.</b>	<b>Selección del Área Experimental</b> .....	<b>21</b>
<b>3.3.</b>	<b>Marcado de las Plantas</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4.</b>	<b>VARIABLES PRODUCTIVAS EVALUADAS</b> .....	<b>23</b>
3.4.1.	VARIABLES PRODUCTIVAS AL MARCADO DE LAS PLANTAS ACTAS PARA EL EXPERIMENTO .....	23
3.4.2.	Grosor o Calibre del Dedo .....	23
3.4.3.	Largo del Dedo.....	24
3.4.4.	Manos Utilizadas por Racimo.....	24
<b>3.5.</b>	<b>VARIABLES REGISTRADAS AL INICIO Y FINAL DEL EXPERIMENTO</b> .....	<b>25</b>
3.5.1.	Circunferencia de la Planta Madre .....	25
3.5.2.	Altura de la Planta Madre.....	25
3.5.3.	Número de Hojas Iniciales y Finales .....	25
<b>3.6.</b>	<b>TRATAMIENTOS A EVALUAR</b> .....	<b>25</b>
3.6.1.	Testigo Absoluto .....	25
3.6.2.	Tratamientos con Ácido Giberélico .....	26
3.6.3.	Preparación de los Tratamientos .....	26
<b>3.7.</b>	<b>Edades Seleccionadas para la Aplicación de los Tratamientos</b> ..	<b>26</b>
<b>3.8.</b>	<b>Modo de Aplicación de los Tratamientos</b> .....	<b>27</b>
<b>3.9.</b>	<b>Toma de Datos</b> .....	<b>28</b>
<b>3.10.</b>	<b>Diseño Experimental</b> .....	<b>28</b>
<b>3.11.</b>	<b>Ecuación</b> .....	<b>29</b>
<b>3.12.</b>	<b>Croquis del diseño experimental utilizado en el ensayo</b> .....	<b>29</b>
<b>4.</b>	<b><i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i></b> .....	<b>30</b>
<b>4.1.</b>	<b>VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS DURANTE EL EXPERIMENTO</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2.</b>	<b>VARIABLES REGISTRADAS PARA VALORAR LA HOMOGENEIDAD INICIAL DE LAS PLANTAS</b>	<b>33</b>
<b>4.3.</b>	<b>Sensibilidad del tejido: Efecto de la edad de la fruta</b> .....	<b>35</b>
4.3.1.	Peso del fruto .....	36
4.3.2.	Longitud del dedo central .....	38
4.3.3.	Calibración del dedo central.....	39
<b>4.4.</b>	<b>Sensibilidad del tejido: Efecto de la concentración asperjada</b> ....	<b>41</b>
4.4.1.	Peso del fruto .....	41
4.4.2.	Longitud del dedo central .....	42
4.4.3.	Calibración del dedo central.....	44
<b>4.5.</b>	<b>Sensibilidad del tejido: Efecto de la posición de la mano</b> .....	<b>45</b>
4.5.1.	Categorías en base a la longitud de la fruta.....	45
4.5.2.	Categorías en base a la calibración de la fruta .....	50

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## RESUMEN

Este trabajo consistió en la evaluación de la aplicación exógena de ácido giberélico ( $AG_3$ ) en forma asperjada sobre las manos de banano (*Musa AAA cv. Gran Enano*), utilizando plantas que poseían racimos con ocho y nueve manos verdaderas, a las cuales no se les practicó el desmane. El ácido giberélico fue asperjado a las dos o a las tres semanas luego de la emisión de la inflorescencia. También se valoró un tercer tipo de edad, a razón de una doble aplicación, una en edad dos y otra en edad tres (en el mismo racimo). Los tratamientos utilizados fueron: T1 como testigo absoluto (solo se aplicó agua sin  $AG_3$ ), T2 con 150 partes por millón (ppm), T3 con 300 ppm, T4 con 450 ppm y T5 600 ppm. Todos los tratamientos se asperjaron con una motobomba bajo una presión de 400 PSI, una boquilla de fina nebulización y por un tiempo aproximado a los siete segundos, para un total de mezcla de 100 ml por racimo. El área utilizada fue el Cable 33 (6,88 ha) de Finca 6, Río Frío, Sarapiquí (Standard Fruit Company de Costa Rica S.A.). El experimento se desarrolló entre los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2008 y las primeras semanas del mes de enero del año 2009. A la hora de la cosecha se valoró el calibre (treintadoceavos de pulgada) y el largo (cm) de los dedos centrales de cada mano de los racimos seleccionados, al igual que el peso total del racimo (kg).

Los resultados obtenidos a la cosecha de la fruta, indican que no existió interacción alguna de los factores Edad y Tratamiento, ya que no se mostraron diferencias significativas ( $p \text{ valor} > 0,05$ ), tanto a la hora de evaluar el calibre como la longitud del dedo central, así como el peso del fruto. Sin embargo, el momento de la aplicación parece tener un efecto significativo en racimos de ocho manos, tanto al valorar el peso como la longitud de los mismos. Por otro lado en racimos con nueve manos se observan diferencias en los tratamientos seleccionados con respecto a la longitud de los dedos.

**Palabras clave:** Banano, *Musa AAA*, reguladores de crecimiento, ácido Giberélico,  $AG_3$ .

## ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of exogenous application gibberellic acid (AG<sub>3</sub>), sprayed all over the banana bunch (*Musa AAA* cv. Gran Naine), in eight or nine hand class stems. Gibberellic acid was sprayed either at two or three weeks after the onset on flowering, or at both times on the same bunch. Concentration range included T1 as absolute control (water), T2 150 parts by million (ppm), T3 300 ppm, T4 450 ppm and T5 at the rate of 600 ppm. All the treatments were sprayed with a backpack at 400 PSI, coupled to nozzle for fine nebulization, for a total of 100 ml volume per bunch. The experiment was located on cable 33 (6.88 hectares.) of Farm 6, Río Frío, Sarapiquí (Standard Fruit Company de Costa Rica S.A.). The experiment spanned between the months of October, November and December 2008 and the first weeks of January 2009. At harvest finger calibration (1/32 inches) and length (cm) of the central fingers of each hand of the selected clusters was recorded as well as the net stem weight (kg).

The results indicates that for some of the factors there was no interaction between time of treatment and AG<sub>3</sub> concentration, they were not to significant differences (*p value* > 0,05), neither for finger calibration, nor for finger length and stem weight. Nevertheless the time of application seems to have a significant effect in clusters of eight hands, on the variables stem weight and finger length, whereas in the case of nine-hands stems differences in finger length was observed.

**Key words:** Acid Gibberellic, AG<sub>3</sub>, sprinkled, Age, Treatment, parts by million (ppm), cluster, eight hands, nine hands, Length, Caliber, Thickness, Weight.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Relación entre Grado y Peso de la Fruta en racimos de 9 manos (Clon "Gran Enano").....	10
2	Aplicaciones prácticas de giberelinas registradas en Europa y E.E.U.U. ....	18
3	Aplicaciones prácticas de giberelinas registradas en banano y plátano. ....	19
4	Aplicaciones prácticas de giberelinas referenciadas en diferentes cultivos al banano.....	20
5	Resumen de pruebas de Tukey en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	34
6	Resumen de pruebas de Tukey para los pesos promedio del fruto en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	36
7	Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de longitudes en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	38
8	Resumen de análisis de la varianza para valorar las interacciones en longitudes de racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	39
9	Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de calibres en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	40
10	Resumen de pruebas de Tukey para los pesos promedio del fruto frente a los diferentes tratamientos, en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009). ....	41
11	Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de longitudes en racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	43
12	Análisis de la varianza de las interacciones en longitudes de racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	43
13	Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de calibres en racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Marcado de plantas del experimento (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	22
2	Calibración con DIAL del dedo central (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	23
3	Medición de longitud del dedo central (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	24
4	Datos de precipitación acumulados por semana durante el desarrollo experimental (Río Frío, Sarapiquí 2008 – 2009. Estación Meteorológica DOLE).....	31
5	Datos de temperatura media semanal registrados durante el desarrollo experimental (Río Frío, Sarapiquí 2008 – 2009. Estación Meteorológica DOLE).....	32
6	Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano siete en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	46
7	Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano siete en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	47
8	Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano ocho en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	48
9	Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano ocho en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	49
10	Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano nueve en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	50

## LISTA DE CUADROS ANEXOS

Cuadro	Título	Página
A1	Análisis de varianza para la variable circunferencia (cms) en racimos con ocho manos. ....	64
A2	Análisis de varianza para la variable altura (cms) en racimos con ocho manos. ....	64
A3	Análisis de varianza para el número de hojas iniciales en racimos con ocho manos. ....	65
A4	Análisis de varianza para el número de hojas finales en racimos con ocho manos. ....	65
A5	Análisis de varianza para la variable circunferencia (cms) en racimos con nueve manos. ....	66
A6	Análisis de varianza para la variable altura (cms) en racimos con nueve manos. ....	66
A7	Análisis de varianza para el número de hojas iniciales en racimos con nueve manos. ....	67
A8	Análisis de varianza para el número de hojas finales en racimos con nueve manos. ....	67
A9	Análisis de varianza para peso (kg) del fruto en racimos con ocho manos. ....	68
A10	Análisis de varianza para peso (kg) del fruto en racimos con nueve manos. ....	69
A11	Análisis de varianza para la sumatoria de longitud (cms) de los dedos centrales en frutos con ocho manos. ....	70
A12	Análisis de varianza para la sumatoria de longitud (cms) de los dedos centrales en frutos con nueve manos. ....	71
A13	Análisis de varianza para la sumatoria de calibre (1/32 pulgada) de los dedos centrales en frutos con ocho manos. ....	72
A14	Análisis de varianza para la sumatoria de calibre (1/32 pulgada) de los dedos centrales en frutos con nueve manos. ....	73

## LISTA DE FIGURAS ANEXAS

Figura	Título	Página
A1	Cronograma de actividades. ....	59
A2	Distribución de la gota de caldo en aplicación con moto bomba. ....	59
A3	Registro en el pinzote de la planta seleccionada. ....	60
A4	Aseguración de la aceleración de la motobomba.....	60
A5	Boquilla de aplicación. ....	61
A6	Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano siete en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	61
A7	Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano siete en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	62
A8	Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano ocho en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	62
A9	Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano ocho en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	63
A10	Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano nueve en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).....	63

## 1. INTRODUCCIÓN

Hasta diciembre del año 2006, Costa Rica contaba con 42.790 hectáreas en producción de banano. Esta cifra ha venido disminuyendo desde 1994, cuando el país alcanzó casi 53.000 hectáreas cultivadas de banano. Debido a la sobre oferta de fruta y los bajos precios de la misma, los productores han concentrado la producción en aquellos suelos más aptos para el cultivo, abandonando los menos productivos (CORBANA 2008a).

En Costa Rica, explícitamente en la región del Caribe se encuentran localizadas las plantaciones bananeras destinadas a la exportación. Las buenas condiciones de estos suelos así como su clima cálido hacen de la zona una de las mejores en todo el área centroamericana para la producción de banano (CORBANA 2008b).

El banano se cosecha cuando está verde, el estado de desarrollo en que se cosecha se conoce con el nombre de GRADO. Una razón fundamental para optar el grado de corte de la fruta se debe al país que va a ser transportado dependiendo de su distancia (Núñez 1987).

Cambronero (2000), menciona que calibraciones mayores o menores en dedos centrales de cada mano, estipulan el orden de corta o cosecha del racimo, dicho autor comenta que si el calibre o grosor del dedo no es menor de 40° y mayor de 49,32°, la fruta se destina para el mercado norteamericano y para la exportación a Europa, el calibre mínimo es de 39° y el máximo es de 48,32°, cabe mencionar que cada grado es un treintadoceavos de pulgada lo que a su vez equivale a 0,79375 mm (Soto 1992).

Dichos calibres generan un problema, ya que según Soto (1992), por general el calibre mínimo para la exportación es de 40°, y que dicho calibre lo alcanzan con facilidad las dos primeras manos del racimo, pero que las últimas

manos por lo general no llenan estos estándares de calidad por lo que la fruta es rechazada, generando una disminución en las ganancias de la explotación bananera.

Por estas razones se plantearon los siguientes objetivos:

### 1.1. **Objetivo General**

- Medir el efecto del ácido giberélico, en el desarrollo de manos de banano, para lograr llenar los requerimientos de exportación.

### 1.2. **Objetivos Específicos**

- Encontrar la edad fisiológica a la cual el dedo está más susceptible a la aplicación de ácido giberélico.
- Determinar la concentración óptima de ácido giberélico a aplicar, para lograr frutos de mejor calidad comercial.
- Medir si la aplicación de ácido giberélico, mejora el calibre de las manos comerciales de banano para la exportación.

### **Hipótesis técnica**

- Los racimos aplicados en edad de “semana dos”, serán los que presenten mayor respuesta.
- El tratamiento con 600 ppm, será el que presente mejores resultados.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación botánica

Todas las especies comerciales y no comerciales de banano y plátano, en su totalidad pertenecen a la familia conocida como *Musaceae*, ambas especies se encuentran dentro del orden *Escitaminaes* (Pardo 1983). Además Martínez (1997) en su “Práctica de Especialidad” cita a Pardo (1983), el cual menciona que esta familia se encuentra dividida en tres subfamilias llamadas: *Musoideae*, *Strelitroideae* y *Heliconoideae*, al mismo tiempo se rescata la subfamilia *Musoideae*, la cual se subdivide en dos géneros conocidos como: *Ensete* y *Musa*. También dicho autor menciona que el género *Musa*, está constituido por cuatro secciones, llamadas: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*; rescatando que de las cuatro, la sección *Eumusa* es la de mayor importancia económica, ya que dentro de ella podemos encontrar a los bananos y plátanos comestibles y de explotación comercial.

Es importante conocer que las especies *Musa acuminata* y *Musa balbisiana colla*, ambas pertenecientes a la sección *Eumusa*, son las más importantes porque gracias a la hibridación y poliploidía dieron origen a los bananos y plátanos comerciales cultivables por el hombre hoy en día. Actualmente estos cultivares se clasifican modernamente con la contribución genotípica de cada una de las anteriores especies, a la vez que se toma como base quince características morfológicas como el color del pseudotallo, la forma de las brácteas, la localización de óvulos, entre otras (Pardo 1983).

Según Pardo (1983), por conveniencia se denomina con la letra “A” a las características semejantes a *Musa acuminata* y con la letra “B” a las *Musa balbisiana*. Este autor menciona que la poliploidía presente en los genomas se representa con la repetición de letras. Además de destacar que el grupo principal es el triploide AAA, el cual contiene los clones comerciales más difundidos en la explotación comercial de musas.

## 2.2. Descripción botánica

Soto (1992), citado por León (1997), menciona que los bananos son plantas herbáceas con pseudotallos aéreos, los cuales tienen su origen a partir de cormos carnosos. Además, se dice que las hojas poseen una distribución helicoidal o filotaxia espiral y que, las bases foliares circundan el tallo (o corno) dando origen al pseudotallo. Cabe mencionar que la inflorescencia es terminal y que ésta a su vez crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie, momento en el cual se expone el racimo o fruto.

Sin dejar de lado, conocer el hecho que el banano es una planta perenne y monocotiledónea la cual puede alcanzar gran tamaño, teniendo un tronco falso el cual produce un único racimo, posteriormente muriendo al madurar su fruto (Martínez 1997 y Pardo 1983). El ser una planta perenne se debe al hecho de que las *Musas* poseen la cualidad de reemplazar los troncos o pseudotallos, por ramificaciones laterales o retoños que se producen de un rizoma (corno); dándole a este tipo de plantas la peculiaridad de reproducirse en forma vegetativa, ya que las mismas no presentan semillas viables en sus frutos.

### 2.2.1. Sistema Radical

Por lo general las plantas de banano solo poseen raíces adventicias debido a su reproducción vegetativa, sin embargo Soto (1992), comenta que de existir una semilla viable (reproducción sexual) la cual en sus inicios presentaría una raíz primaria, la misma será rápidamente reemplazada por un sistema de raíces adventicias. Este autor menciona que el origen y desarrollo de las raíces adventicias es similar al de la raíces laterales; siendo su origen de tipo endógeno, el cual tiene origen cerca de los tejidos vasculares a la vez que dicha raíz atraviesa todos los tejidos localizados fuera del punto de origen de la misma. Dicha raíz puede también presentarse en los nudos asociados con las yemas axilares o en forma independiente, sin dejar de lado los entrenudos, los cuales también pueden presentar desarrollo radical.

Ortiz *et al.*, (2001), mencionan en su libro que las raíces de una Musa pueden alcanzar desde 5 a 10 metros de longitud, sin embargo es comúnmente encontrar raíces que midan de 1 a 2 metros, esto debido a que las condiciones del suelo así como el hecho de poseer un ápice frágil, limita su desarrollo (Soto 1992).

### 2.2.2. Cormo o Rizoma

Morfológicamente se conoce como “Cormo” a aquel tallo que desarrolla sus hojas en la parte superior o aérea, mientras que las raíces adventicias tienen su crecimiento en la parte inferior o rizomorfo (Soto 1992).

Algunos autores como Ortiz *et al.*, (2001), rescatan que el cormo en realidad es el verdadero tallo del banano, en el cual se da origen las hojas que parten de un meristemo apical ubicado en la parte superior de dicho cormo. Los mismos autores mencionan que el tallo se compone de gran cantidad de entrenudos, los cuales son cortos de longitud a la vez que se encuentran cubiertos externamente por la base de las hojas y de nudos que brotan de las raíces adventicias.

Sin embargo Robinson (1999), expone que este tejido se debe reconocer como “Rizoma”, el cual es un tallo subterráneo del que nace un tallo corto que origina las hojas.

Por otro lado, internamente el cormo puede diferenciarse en dos zonas principales conocidas como: el cilindro central y la zona cortical, en donde pueden apreciarse gran número de tejidos vasculares propiamente en el área en que ambas zonas se unen (Pardo 1983).

### 2.2.3. Pseudotallo y Hojas

Se conoce por pseudotallo al conjunto de vainas foliares, las cuales se envuelven entre sí, formando una estructura similar a un tallo. El verdadero tallo

aéreo tiene su inicio a partir del cormo y termina en la inflorescencia, siendo su función principal llevar a cabo la conexión vascular entre las hojas y las raíces, y los frutos con las hojas respectivamente Ortiz *et al.*, (2001).

Soto (1992), describe que morfológicamente la hoja del banano consta de una base o vaina foliar, de pseudopécíolo y láminas foliares. Además de estar distribuidas en forma espiral, dicho autor menciona que el patrón filotáxico varía en los diferentes clones y especies, también rescata que las largas bases foliares se traslapan y forman un pseudotallo robusto, a través del cual crece la inflorescencia terminal.

Según Pardo (1983), la producción de hojas en el punto de crecimiento cesa al convertirse este punto en un ápice floral, sin embargo las hojas que se encuentran dentro del pseudotallo siguen emergiendo, pero a un ritmo reducido.

#### 2.2.4. Inflorescencia

Según Simmonds (1973), la inflorescencia de las musas tienen su origen después de que ocurre la diferenciación foliar, lo cual se conoce como el punto de crecimiento terminal, aquí la producción de hojas cesa definitivamente dando paso a una transformación del meristemo de crecimiento para convertirse en una yema floral, con lo cual el meristemo apical adopta la forma de domo central quiescente, coincidiendo con lo descrito por Soto (1992).

Más o menos, cuando la planta de banano ha producido unas veinte hojas, ocurre la diferenciación floral, este fenómeno da origen al tallo floral, cuya continuación forma el eje de la inflorescencia. En este eje las hojas son reemplazadas por brácteas, para la cual aparecen las brácteas femeninas seguidas de las brácteas masculinas (Ortiz *et al.*, 2001). Pardo (1983) menciona que cada bráctea cubre un grupo de flores las cuales se alinean en dos hileras, y que constituyen una “mano”. Es importante rescatar que las brácteas son hojas modificadas, donde cuyo ápice muestra prolongaciones similares en color y estructura a las láminas foliares (Ortiz *et al.*, 2001).

Según lo mostrado por Ortiz *et al.*, (2001), las flores corresponden a tres clases, las cuales son llamadas: pistiladas, neutras y por último las estaminadas. Podemos rescatar que después de las flores pistiladas, hay una zona de flores neutras o hermafroditas, las cuales en plantaciones comerciales son eliminadas durante la operación de desmane. Pardo (1983), define que las flores femeninas son las primeras en diferenciarse, las cuales poseen los ovarios de gran tamaño, además de un estilo bien desarrollado así como de estambres sin polen viable. Robinson (1999) al igual que Pardo (1983) y Soto (1992), comentan que los frutos poseen diferencias en cuanto a la edad de formación de cada mano, por ello se rescata que cada mano dentro de un mismo fruto posee una maduración diferenciada a razón de la primer mano hasta la última, conociéndose como mano uno aquella mano que fue expuesta de primera.

#### 2.2.5. Fruto

El fruto del banano es partenocárpico, esto quiere decir que no necesita de polinización para el desarrollo del mismo (Soto 1992), dicho autor recalca que al inicio, el ovario crece en longitud y en diámetro. Ortiz *et al.*, (2001), al igual que Robinson (1999) y Simmonds (1973) comentan que los frutos de las Musas son estériles, justificado por una serie de causas que incluyen genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios cromosómicos.

Según investigaciones realizadas por Soto (1992), durante la primera semana de desarrollo del mismo, hay poco aumento en la pulpa, pero que transcurridas unas dos semanas más tarde, el número de células a aumentado mucho mediante divisiones mitóticas, coincidiendo con lo descrito por Robinson (1999), el cual comenta que aproximadamente treinta días después de ocurrida la floración, la división celular cesa para dar paso al crecimiento de las células y posteriormente su maduración. Ambos autores concuerdan que el pico de división celular ronda la segunda de estar expuesta la fruta.

Es importante recalcar que el desarrollo de los dedos o frutos del banano, desde la salida de la inflorescencia hasta la cosecha no es uniforme y constante

en el tiempo, es decir, la primer mano es fenológicamente más vieja que sus manos sub siguientes (Jaramillo 1982).

#### 2.2.5.1. *Longitud de los Dedos*

El crecimiento de los dedos 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 1992). Aunque se dice que el mayor crecimiento se encuentra en el intervalo que va desde cuatro días antes de la floración hasta los primeros seis días después de ésta; se dice que en ese lapso, la longitud pasa de 5 cm a la salida de la inflorescencia a 17 cm al sexto día de la floración. Luego se mantiene constante hasta los 30 a 40 días, etapa en que se determina la longitud total del dedo. Según Soto (1992), éste crecimiento puede verse retrasado por un exceso o deficiencia de agua en el suelo acompañado de una baja luminosidad. Y por el contrario, se da un buen crecimiento en esa etapa si la luminosidad es buena (más de 5 horas por día) y existe buena humedad en el suelo.

Ram y Steward (1962) mencionados por Soto (1992), fijan tres fases en el desarrollo del fruto:

- Hasta 4 semanas después de la emergencia fin de la división celular.
- De 4 a 12 semanas, la etapa conocida como “Crecimiento Celular”.
- y, de 12 a 15 semanas, la “Maduración” del fruto.

El alargamiento promedio de los cero a los 35 días, alcanza los 1,7 mm por día. Por otra parte se dice que la longitud de los dedos, guarda una relación lineal con el tamaño de la fruta (número de manos), y con la ubicación en el racimo (posición de la mano en el raquis) al igual que con el número de dedos por mano, es decir, racimos de seis manos poseen dedos de menor longitud que los racimos de nueve manos (Soto 1992).

### 2.2.5.2. *Diámetro de los Dedos (grado)*

El diámetro de los dedos en frutas a cosechar se denomina con el término de grado, que es el diámetro interno (D1) medido en treintadoceavos de pulgada, que equivale a 0,79375 mm. El diámetro o grado, es mayor en las dos primeras manos y disminuye en forma paulatina en 0,5 grados por mano hacia las manos inferiores (Soto 1992).

Según Soto (1992), la diferencia de grado entre la primera mano y la última, varía con relación al tamaño de la fruta desde 2,0 grados para frutas de 6 manos hasta 4,9 grados para frutas de 10 manos, en frutas desmanadas con “mano falsa y una”. En otras palabras, el tamaño de las manos en longitud y diámetro, puede disminuir en forma lineal a partir de la segunda mano basal a la última mano apical, de manera que esta última constituye de un 50 a 60 % del tamaño de la primera. Dicho autor comenta que la mayoría de los mercados no aceptan fruta con grados inferiores a 40.

Robinson (1999) y Soto (1992), explican que la influencia del clima durante el intervalo floración y cosecha, juega un papel primordial sobre el incremento diario en el diámetro de los frutos y esta acción puede prolongarse al período post-floración. Consideran además que el peso del racimo está dado por el número, longitud y diámetro de los dedos, así como por la relación pulpa-cáscara y el peso específico de cada una de las partes.

Vargas (1983) y citado Soto (1992), expone en el siguiente cuadro la relación del grado y el peso de la fruta:

Cuadro 1. Relación entre Grado y Peso de la Fruta en racimos de 9 manos (Clon "Gran Enano").

Grado	Peso (kg)	Variación	
		Absoluta	Relativa (%)
39	28,52		
40	30,28	1,76	6,17
41	31,71	1,43	4,72
42	33,56	1,85	5,83
43	33,88	0,32	0,95
44	36,17	2,29	6,76
45	36,20	0,03	0,08
46	37,68	1,48	4,09
47	39,19	1,51	4,01
48	43,88	4,69	11,97
<b>Promedio</b>		<b>1,71</b>	<b>4,95</b>

Fuente: Soto (1992)

### 2.2.5.3. Cáscara y Pulpa

Las investigaciones de Turner (1972) mencionado por Soto (1992), explican sobre el desarrollo de la cáscara y pulpa del banano, aquí se corrobora por el hecho de que durante las primeras cuatro semanas tras la floración, la cáscara representa un 80% del peso, mientras que a la cosecha la cáscara alcanza un 40% del peso del fruto frente a la pulpa con un 60% del mismo.

Sin embargo, el crecimiento de la pulpa sigue una progresión lenta hasta el día 42 post floración, a partir de ahí se presenta una acumulación rápida de almidones, que se mantienen hasta la cosecha. La pulpa llega a ser más abundante que la cáscara a partir del día 70; la cáscara por el contrario, aumenta muy poco su volumen después del día 30 y, su espesor de alrededor de 4 mm permanece relativamente constante (Soto 1992).

## 2.3. Ecología del Banano

El banano es una planta que se desarrolla en condiciones óptimas en las regiones tropicales, las cuales se distinguen por ser húmedas y cálidas,

presentando un crecimiento continuo, cuya inflorescencia aparece cuando se detiene la producción de hojas y raíces. Su velocidad de crecimiento es impresionante, y ese vigor vegetativo sólo puede darse bajo condiciones ecológicas apropiadas, siendo la luz, la temperatura, la reserva de agua y un buen contenido de nutrimentos en el suelo determinantes (Soto 1992).

### 2.3.1. Localización Geográfica

Las condiciones climáticas adecuadas para la producción de banano, se ubican entre la latitud de 30° Norte y 30° Sur del Ecuador, pero las condiciones óptimas se dan entre los 0 y 15° (Ortiz *et al.*, 2001), aquí se menciona que al alejarse de los 15° tanto norte como sur del Ecuador, aumentan la probabilidad de que ocurran daños por frío, también se menciona que países que cultiven plantas musáceas cerca de los 23° (norte y sur) se convierten en áreas que sólo perciben una cosecha por año.

### 2.3.2. Lluvia y Humedad

La planta de banano, por su estructura botánica, requiere de una gran disponibilidad de humedad permanente en los suelos. Para la obtención de cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 milímetros de agua por mes, para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta (Ortiz *et al.*, 2001), coincidiendo con lo mencionado por Soto (1992) en la cual para el cultivo del banano las necesidades netas son de 167 mm mensuales. Estos autores consideran que el cultivo requiere agua en un rango de 25 a 50 mm semanales, sea llovida o suministrada por riego. Ortiz *et al.*, (2001), recalcan que al existir déficit hídrico, básicamente en la etapa de la aparición o parición de la fruta, se afecta enormemente el alargamiento de los dedos al igual que se ve reprimido el peso de toda la fruta alcanzando valores de pérdida de un 20% o más.

Soto (1992), señala que Costa Rica se encuentra ubicada en una zona del mundo donde las precipitaciones anuales van de los 2500 a 4500 milímetros

anuales, recalcando que este alto nivel de pluviosidad se encuentra bien distribuido durante todo el año, por lo que rara vez se presentan déficits hídricos, que puedan provocar efectos fisiológicos graves en las plantas. Por ello es en muchos casos se recurre a la elaboración de sistemas de drenajes para evacuar los excedentes de agua en las épocas de mayor precipitación. Esta región que parece ser óptima para el cultivo de bananos presenta la inconveniencia que en las épocas de alta precipitación (fenómeno que ocurre entre noviembre y enero) y consistente en el tiempo, que los espacios porosos del suelo se saturan y la planta sufre de la falta de oxígeno por períodos suficientes para causar la podredumbre de los tejidos externos de las raíces y los pelos absorbentes, causando un desequilibrio hormonal, y estrés severo en la planta que paraliza su crecimiento.

### 2.3.3. Temperatura

La temperatura juega un efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del banano. Este requiere temperaturas relativamente altas, que varían entre los 21° y los 29,5° centígrados, con una media de 27° (Ortiz *et al.*, 2001, Soto 1992), autores como Robinson (1999) sugieren rangos de temperatura que se encuentren entre los 22° y 31° centígrados siendo la media muy similar para casi todos los autores, es decir, unos 27°. Por otra parte estos mismos exponentes mencionan que para el banano, su mínima absoluta es de 15,6° C y su máxima de 37,6° C. Ganry (1973) y Vakili (1974) mencionados por Soto (1992), explican que exposiciones a temperaturas mayores o menores a las conocidas como óptimas (21 a 30 grados centígrados) causan deterioro y lentitud en el desarrollo de la planta, además de daños en la fruta, ya sea por deterioro físico o productivo.

Autores como Ortiz *et al.*, (2001), comentan además que la temperatura óptima para la iniciación floral se encuentra cerca de los 22° C, así como que cuando la temperatura oscila entre 15 y 36° C, la vida verde de la fruta sufre una caída en la duración de la misma.

Cabe mencionar que temperaturas muy altas (38° C o más) obligan a la planta de banano a cerrar sus estomas en las hojas, reduciendo así la tasa fotosintética y con ello el desarrollo del fruto o cultivo en general. También provoca la pérdida de la vida verde del fruto. Por otro lado, las temperaturas bajas inhiben el crecimiento, promueven la pérdida de turgencia en la planta, provoca disminución entre las distancias de las hojas (arrepollamiento), así como obstrucción de haces vasculares, lo que conlleva a atrasos del ciclo o pérdidas de peso en los frutos (Ortiz *et al.*, 2001).

#### **2.4. Descripción del Cultivar “Gran Enano”**

Según Pardo (1983) y Soto (1992), describen al cultivar “Gran Enano” como una planta de porte bajo, pseudotallo grueso y con un amplio sistema radicular. Estos autores mencionan además que la característica de poseer un amplio sistema radicular, le otorga a este cultivar propiedades de poseer mayor resistencia al volcamiento o postramiento de la planta, así como una mejor adaptación a problemas de humedad excesiva en el suelo. Por su porte este cultivar permite cultivar mayor densidad de plantas por hectárea (1750 - 2000).

El cultivar Gran Enano es el más importante a nivel de comercio mundial, aunque es altamente susceptible a la raza 4 del Mal de Panamá, y junto al clon Williams a los nematodos y a la Sigatoka Negra (Ortiz *et al.*, 2001).

#### **2.5. Reguladores de Crecimiento**

Una característica común en los reguladores de crecimiento es su capacidad para inducir o reprimir algún proceso de crecimiento en la planta o también el hecho de actuar en forma localizada en un sitio que no es el propio de su síntesis (Fernández y Johnston 1986).

Los reguladores de crecimiento o fitohormonas, son utilizados en diversos campos de la Agronomía, entre otras se pueden mencionar: combate malas

hierbas, desarrollo de frutos, defoliación, propagación vegetativa y control del tamaño de las plantas (IICA 1984).

Es importante mencionar que los reguladores de crecimiento son compuestos orgánicos, diferentes de los nutrientes y que en pequeñas cantidades y por la naturaleza o el arreglo particular de su molécula, inhiben o modifican el desarrollo de las plantas (IICA 1984).

Actualmente se reconocen varios tipos de reguladores (IICA 1984; Barceló *et al.*, 1987):

- Auxinas: Término genérico que se aplica al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para inducir la extensión de las células. En algunos tejidos las auxinas controlan la división celular, en otros fomentan la formación de raíz (rizo génesis).
- Giberelinas: Compuestos que estimulan la división o la prolongación celular o ambas.
- Citoquininas: Sustancias que provocan la división celular, a la vez que pueden estimular el alargamiento de células, también pueden inducir la formación de órganos en gran variedad de cultivos de tejidos.
- Etileno: Sustancia gaseosa que actúa sobre el crecimiento isodiamétrico de tallos y raíces. Este puede actuar directamente sobre la abscisión de las hojas, maduración y senescencia de flores y frutos.
- Ácido Abscísico: Sustancia inhibidora del crecimiento y el desarrollo. Tiene un efecto antagonista a las giberelinas.
- Poliaminas: Sustancias que participan en los procesos de crecimiento y envejecimiento celular.

### 2.5.1. Giberelinas

Los primeros datos documentados del descubrimiento de la giberelinas provienen del agricultor japonés Konishi, quien cerca del año 1898 descubrió una enfermedad en el arroz conocida como “bakanae”, años más tarde cerca de 1910 se comprobó el origen fúngico de esta enfermedad, esta vez por otro japonés conocido como Hari, cerca de los años treinta y cuarenta se logro aislar este hongo y así replicar dicha enfermedad (Jankiewicz 2003). Salisbury y Ross (2000), comentan que las giberelinas se descubrieron en Japón en los años treinta, a partir de estudios en plantas de arroz que alcanzaban grandes alturas. Ya para los años noventa se conocían alrededor de 74 tipos de giberelinas presentes en plantas superiores, unas 25 más aisladas a partir del hongo *Gibberella* y otras 14 presentes en ambos tipos de organismos.

Según García (1996), todas las plantas son capaces de sintetizar giberelinas mediante la ruta del ácido mevalónico, pero que aparentemente en los tejidos jóvenes (meristemos) es donde se encuentran en mayor cantidad, es decir, se podría sintetizar en mayor proporción en dicho tejido, sin embargo también se encuentra en semillas, raíces, etc. Jankiewicz (2003), comenta que las giberelinas están presentes en plantas ya sean angiospermas como gimnospermas, al igual que en helechos, algas verdes y pardas, así como en hongos y bacterias. Este autor describe que las giberelinas se pueden encontrar en la naturaleza en distintas formas químicas como lo son:

- compuestos libres (extraídos comúnmente con alcoholes y acetatos),
- conjugados de tipo glicósidos o esteres glicosídicos, y
- en formas conjugadas con proteínas solubles en agua y extraídas con butanol.

Jankiewicz (2003), también menciona que los órganos que sintetizan giberelinas en abundancia, son las partes apicales de las raíces así como las

hojas más jóvenes, sin embargo excluye esta síntesis de los meristemos apicales de ambas partes. Dicho autor comenta que existen otras fuentes de síntesis como lo pueden ser los nudos de los tallos de las gramíneas, nudos de tallos de las plantas dicotiledóneas, partes de la flor (estambres) así como semillas en desarrollo.

#### 2.5.1.1. *Efectos Fisiológicos*

Según varios autores (IICA 1984; Salisbury y Ross 2000; García 1996), los efectos de las giberelinas en las plantas son:

- Aumentan a menudo la plasticidad de la pared celular,
- Estimula el crecimiento de las yemas,
- Estimulan el crecimiento de hojas y de frutos (partenocárpicos y no partenocárpicos),
- Estimulan la división celular,
- Estimulan la floración,
- Estimulan la germinación y la brotación de yemas, al suprimir la inhibición causada por procesos de dormancia,
- Producen el alargamiento de entrenudos,
- Promueve la germinación de semillas,
- Promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructanos y sacarosa, originando moléculas de fructuosa y glucosa, y
- Retrasa la senescencia en hojas u frutos.

### 2.5.1.2. *Mecanismos de Acción*

Barceló *et al.*, (1987), comenta que debido a la estrecha relación estructural que presentan las giberelinas respecto a las hormonas esteroídicas animales, su mecanismo acción podría ser similar, por esto es de esperar que éstos reguladores se unan a un receptor en específico, el cual le permita a la giberelinas atravesar la membrana celular, donde una vez dentro se fijaría a una proteína receptora, con ello la asociación hormona – receptor pasaría al interior del núcleo donde alterarían la síntesis del ADN. También se menciona que pueden existir receptores solubles, los cuales permiten el ingreso de la giberelinas hacia el citoplasma.

Las giberelinas tienen la capacidad de estimular la síntesis de la amilasa, la cual es una enzima que se encarga de hidrolizar el almidón, lo que a su vez fomenta la formación de compuestos energéticos (ver efectos fisiológicos). Las giberelinas tienen un efecto sobre la organización de la membrana, participando en la síntesis activa de enzimas implicadas en la formación de los lípidos que conforman la membrana celular (IICA 1984).

### 2.5.1.3. *Usos prácticos de las Giberelinas*

La aplicación a nivel comercial de hormonas en la agricultura está muy enfocada a promover crecimiento (vegetativo, frutos, raíz), para lo cual las giberelinas han sido los compuestos más comunes en estas prácticas. La razón de ello es de que su efecto es rápido, consistente y de amplio espectro en cuanto a especies y/o órgano, además de ser accesible económicamente.

Según Jankiewicz (2003), se registran los siguientes usos:

Cuadro 2. Aplicaciones prácticas de giberelinas registradas en Europa y E.E.U.U.

<b>Efecto</b>	<b>Planta</b>	<b>Compuesto</b>
Interrupción de la latencia	Semilla de papa ruibarbo	GA <sub>3</sub>
Hidrólisis de almidón	cebada	GA <sub>4+7</sub> / BA
Aumento del número de ramas laterales y el aumento de los ángulos de ramificación	Manzano, Peral	GA <sub>4+7</sub> / BA
Estimulación de floración	Coníferas	GA <sub>3</sub> , GA <sub>4+7</sub> / BA
	Crisantemos	GA <sub>5</sub> / BA
Cuajado de frutos	Mandarinas	GA <sub>3</sub>
	<i>Vaccinium corymbosum</i>	GA <sub>3</sub>
Raleo de flores y frutos jóvenes	Vid	GA <sub>3</sub>
	Cereza agria	GA <sub>3</sub>
	Cereza dulce	GA <sub>3</sub>
	Durazno	GA <sub>3</sub>
Disminución de la floración	Cerezas agrias y dulces	GA <sub>3</sub>
<b>Aumento del tamaño del fruto</b>	Vid	GA <sub>3</sub>
	Cereza dulce	GA <sub>3</sub>
	Manzano	GA <sub>4+7</sub> ; GA <sub>4+7</sub> / BA**
Estimulación formación de frutos partenocarpicos	Jitomate	GA <sub>3</sub> / ANOA*
	Vid	GA <sub>3</sub>
	Pera	GA <sub>3</sub>
	Manzano	GA <sub>3</sub> / Auxina
	Ciruelos	GA <sub>3</sub>
Aumento de la cosecha	Caña de azúcar	GA <sub>3</sub>
	Espinaca	GA <sub>3</sub>
	Lúpulo	GA <sub>3</sub>
Prevención del reventado de frutos	Cereza dulce	GA <sub>3</sub>
Prevención al acorchamiento de frutos	Manzano	GA <sub>3</sub> , GA <sub>4+7</sub> , GA <sub>4+7</sub> / BA
Retardación de la fructificación	Cereza dulce	GA <sub>3</sub>
	<b>Plátanos</b>	GA <sub>4+7</sub>
	Limones y naranjas	GA <sub>3</sub>

\*Acido 2-naftoxiacético, \*\*Benciladenina

Fuente: Jankiewicz (2003)

#### 2.5.1.4. Investigación Desarrollada en Musas y otros cultivos

Dicha información es recopilada de diferentes autores, los cuales desarrollaron investigación en lo referente al cultivo de musáceas y otros cultivos de interés comercial:

Cuadro 3. Aplicaciones prácticas de giberelinas registradas en banano y plátano.

Regulador	Concentración	Aplicación		Resultados		Referencia
		Época	Forma	Con Diferencias	Sin Diferencias	
AG <sub>3</sub>	300 ppm	plantas con 1 metro de altura	asperjado follaje hijos arrellados	largo, ancho (hojas), altura hijos (cms) Normaliza morfología de hojas		Sandoval 1998
	300 ppm	plantas en floración 2-3 días	asperjado en racimos 8 manos	mejoría en peso de racimos (1,4 kg)	largo y grosor de los dedos	
AG <sub>3</sub>	300 ppm		asperjado al follaje	largo y ancho (cms) en hojas nuevas crecimiento longitudinal hijos		Sandoval <i>et al.</i> , 1999
AG <sub>3</sub>	300 ppm	plantas atrasadas 3 meses edad	asperjado totalidad área foliar	aumento altura y grosor de tallos		Vargas y Acuña 2002
	300 ppm	plantas atrasadas 6 meses edad	inyectando pseudotallo	incremento altura, grosor y emisión foliar		
AG <sub>3</sub>	289 µmol/L	recién sacadas del frasco	asperjado sobre explantes	duplica el área primer hoja disminuye % de rezagos		Damasco <i>et al.</i> , 1996
AG <sub>3</sub> + K	250 ppm	Una aplicación x tres semanas	asperjada	marcada diferencias de altura de plantas	numero de hojas	Lockard 1975
		Al fruto después de la floración	asperjada	leve mejoría en circunferencia leve mejoría longitud de dedos; leves cambios: peso, largo y volumen del fruto	ratio y retorno del fruto	
AG <sub>3</sub>	> 5000 ppm	plantas maduras	inyectada o derramada envés de hoja		no responden	Lahav y Grottreich 1984
	< 1 – 200 ppm	plantas jóvenes	asperjadas		no reaccionan	
	500 y 1000 ppm	plantas jóvenes	asperjadas	elongación pseudotallo, retraso floración y leve incremento peso fruto		
	500 – 2000 ppm	plantas jóvenes	inyectada	elongación pseudotallo y incremento lámina foliar		
AG <sub>3</sub>	2000 ppm	directas a la fruta	asperjada	mejora tamaño y peso de frutos mejora peso racimos y sólidos solubles totales en pulpa		Satyanarayana 1985
	1000 y 1500 ppm	en verano	asperjada	desarrollo del fruto		
AG <sub>3</sub>	100 ppm + 25ppm BA	plantas jóvenes	asperjada follaje	incremento en altura, grosor y número de hojas		Batugal <i>et al.</i> , 1978
	200 y 400 ppm			incremento en altura y número de hojas		
AG <sub>3</sub>	100 ppm		asperjada follaje	retrasa la cosecha eleva la cantidad de sólidos totales fruta		Kumar and Reddy 1998
	200 y 100 ppm			mejoran índices de ratio		
AG <sub>3</sub>	10 M	35 y 55 días de iniciada la floración	asperjada	mejora peso y volumen dedos jóvenes y racimos viejos		Mishra <i>et al.</i> , 1981

Cuadro 4. Aplicaciones prácticas de giberelinas referenciadas en diferentes cultivos al banano.

Regulador	Concentración	Aplicación		Resultados		Referencia
		Época	Forma	Con Diferencias	Sin Diferencias	
AG	10 y 1 ppm	vesículas de jugo mandarina	medio de cultivo	inicia y desarrolla callo		Nito y Iwamasa 1990
AG	3 ppm 5 ppm	papa sumergida por 30 minutos papa sumergida por 10 minutos	inmersión		altura planta y peso de tubérculos	Herrera y Herrera 1985
AG	3 ppm	papa sumergida por 60 minutos	inmersión	promueve la brotación de yemas aumento de tallos finales		Herrera <i>et al.</i> , 1981
AG <sub>3</sub>	100 - 150 µg/ml	semillas de salvia	caja de germinación con papel humedecido	mejora la germinación de semillas incrementa la altura planta germinadas		de la Vega y Alizaga 1987
AG <sub>3</sub>	1 ppm	propagación in vitro zanahoria	adicionado a medio de cultivo	favorece la embriogénesis somática estimula la formación de callo		Hunault & Maatar 1995
AG <sub>3</sub>	150 ppm	phoenix	asperjado al momento floración	disminuye porcentaje de materia seca reduce la maduración del fruto aumenta el peso por racimo de frutos por planta		Aljuburi <i>et al.</i> , 2001
AG <sub>3</sub>	460 ppm	manzano	asperjado sobre plantas	adelanto y sincronización de la fruta mejora el calibre de la fruta mejora la producción del árbol		Mahhou <i>et al.</i> , 2003
AG <sub>3</sub>	2 ppm	semillas de Jaul	adicionado a medio de cultivo	mejora el porcentaje de germinación en semillas acelera la germinación		Araya <i>et al.</i> , 2000

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Localización del Experimento y Periodo Experimental**

El presente trabajo se realizó en Finca 6, perteneciente a la empresa Standard Fruit Company de Costa Rica S.A. la cual actualmente cuenta con unas 1300 ha, ocupadas con el cultivo de banano e instalaciones. Dicha finca se encuentra situada en la localidad de Río Frío (Latitud 10° 20' N, Longitud 83° 57' O), perteneciente al distrito de Horquetas de Sarapiquí, Heredia. Esta se sitúa a unos 68 msnm, con precipitaciones anuales que van desde los 2800 hasta los 4900 mm; con una temperatura promedio anual de 25° C, y una humedad relativa promedio alrededor del 85%.

El experimento se desarrollo entre los meses de octubre del año 2008 hasta enero del 2009.

#### **3.2. Selección del Área Experimental**

Para dicho experimento, se seleccionó el área conocida como Cable 33, ya que el pico de parición estaba al máximo para el inicio del experimento (semana 41 del año 2008), además dicha área presentaba bastante homogeneidad entre plantas, por estas razones y según el cronograma se coincide con la cosecha de la fruta para inicios del mes de enero del año 2009 (Figura Anexa 1), fecha en la cual los precios del banano son mayores.

En este cable, para el momento de desarrollo del experimento se encontraba con plantas de renovación total (R – 0), es decir, plantas (estas no poseen madre, debido a renovación de área) que se sembraron una vez que se eliminaron por completa las plantas anteriores. Este fue un nuevo criterio de selección para el área experimental, ya que históricamente se sabe que en promedio esta planta produce racimos más livianos que sus subsiguientes hijas.

### 3.3. Marcado de las Plantas

El primer grupo de plantas marcadas, fueron denotadas con una franja blanca (Figura 1) de pintura alrededor del pseudotallo, el siguiente grupo de plantas se pintó con una franja amarilla y las últimas con una franja roja.



Figura 1. Marcado de plantas del experimento (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Cada grupo de plantas constó de 250 plantas iniciales dividiéndose en grupos de 50 plantas por tratamiento, las cuales se registraron de la siguiente forma: # consecutivo (N) - # repetición (R) - # tratamiento, por ejemplo **N 234 – R 47 – T4**, de esta forma las primeras 250 plantas corresponden al primer grupo seleccionado, posteriormente las numeradas con el consecutivo comprendido entre los números 251 al 500 correspondían al segundo grupo y finalmente las abarcadas entre los números 501 al 750 al tercer grupo. Así se logró obtener cincuenta repeticiones por tratamiento. El serial de números de registro se plasmó tanto en el pseudotallo como en el pinzote de cada fruta.

### 3.4. Variables Productivas Evaluadas

#### 3.4.1. Variables Productivas al Mercado de la plantas actas para el experimento

Se procedió a seleccionar plantas que poseían racimos que contaban con 8 o 9 manos (sin desmane) verdaderas. Aquí se registró el número de hojas iniciales y finales, altura de la planta madre así como la circunferencia de la misma (ver punto 3.5. Variables Registradas al Inicio y Final del Experimento).

#### 3.4.2. Grosor o Calibre del Dedo

Esta variable se midió al momento de la cosecha, utilizando el calibrador o medidor llamado DIAL (Figura 2), el cual se colocó en medio del dedo central de cada mano del racimo seleccionado para el experimento, con éste se obtuvo el grosor en treintadoceavos de pulgada ( $1/32 = 1$  grado) para todas las manos del racimo.



Figura 2. Calibración con DIAL del dedo central (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Para efectos de análisis de datos, se procedió a realizar una sumatoria de todas las medidas anteriormente mencionadas, ya que si no habría que realizar un

análisis de ANDEVA para cada mano por separado lo que dificultaría el entendimiento de los resultados. Con esto al final se obtuvo un solo número de calibre para cada tratamiento (con sus respectivas repeticiones).

### 3.4.3. Largo del Dedo

Esta variable se evaluó al momento de la cosecha, midiendo el largo (de la base del pedúnculo hasta la punta opuesta) con ayuda de una cinta plástica graduada en centímetros (Figura 3). Este registro se llevó a cabo igualmente con cada dedo central de todas las manos presentes en los racimos utilizados para el experimento.



Figura 3. Medición de longitud del dedo central (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Para efectos de análisis de datos, se procedió a realizar una sumatoria de todas las medidas anteriormente mencionadas, ya que si no habría que realizar un análisis de ANDEVA (idem punto 3.4.2.).

### 3.4.4. Manos Utilizadas por Racimo

La aplicación de las disoluciones se realizó en todas las manos, es decir, en el fruto completo.

### **3.5. Variables Registradas al Inicio y Final del Experimento**

Con el fin de verificar la homogeneidad de las plantas implicadas para el ensayo, se procedió a elaborar un registro el cual se constituyó con:

#### **3.5.1. Circunferencia de la Planta Madre**

Aquí se midió la circunferencia de la planta madre con ayuda de una cinta métrica marcada en centímetros, la cual se colocó abrazando la planta de interés. Esta medida se elaboró a un metro de altura aproximadamente para todas las plantas presentes en el ensayo.

#### **3.5.2. Altura de la Planta Madre**

Esta variable se obtuvo con ayuda de una vara de madera, la cual tenía marcada una escala en centímetros, con ella se procedió a medir la altura de la planta madre, la cual se midió desde nivel del suelo hasta el punto inferior del pinzote, el cual se encontraba curvado hacia abajo por el peso del fruto.

#### **3.5.3. Número de Hojas Iniciales y Finales**

Tanto a la hora de iniciar la aplicación de los tratamientos como cuando se procedió a cortar la fruta para enviarla a la planta de empaque, se contabilizó el número de hojas presentes en cada planta al momento de realizar estas labores.

### **3.6. Tratamientos a Evaluar**

#### **3.6.1. Testigo Absoluto**

Para este rubro, se adicionó solamente agua al racimo, es decir, sin regulador de crecimiento. Dicho tratamiento es conocido como T1.

### 3.6.2. Tratamientos con Ácido Giberélico

Se realizaron cuatro dosificaciones distintas de ácido giberélico, a razón de 150 (T2), 300 (T3), 450 (T4) y 600 (T5) partes por millón (ppm) respectivamente.

### 3.6.3. Preparación de los Tratamientos

El producto utilizado fue ProGibb 40% ® (elaborado por Valent BioScience Corporation), este agroquímico posee 400 gramos de ingrediente activo (ácido giberélico) por cada kilogramo de producto comercial, dicho insumo es granulado.

Por cada racimo tratado se determinó que eran necesarios 100 ml de solución para cubrir en forma ideal cada mano de un racimo, esto en 50 racimos, fueron necesarios 5 litros de solución, por lo que se procedió a elaborar 10 litros (esta cantidad se debió a que la motobomba utilizada perdía presión con soluciones inferiores a los cinco litros de caldo presentes en el tanque de la misma) de solución por tratamiento, a razón de 0 gramos de producto comercial (PC) para T1, 3,75 g de PC para T2, 7,5 g de PC para T3, 11,25 g de PC para T4 y 15 g de PC para T5.

El representante del producto comercial, indicó que el producto utilizado no debía mezclarse con algún otro producto que facilitara la penetración a la fruta e inclusive que no era necesario regular el pH del agua, ya que tanto el producto comercial utilizado (ProGibb 40% ®) como el agua del lugar, tenían la calidad suficiente para obtener buenos resultados en el experimento.

## **3.7. Edades Seleccionadas para la Aplicación de los Tratamientos**

Se seleccionaron dos edades del racimo para la aplicación de los diferentes tratamientos, a razón de la semana 2 y semana 3 después de iniciada la floración o parición en plantas denominadas R-0.

Es importante mencionar que desde que la “chira” empezaba a exponerse a la luz, se inició la “parición” del fruto. Para efectos del ensayo una fruta que tenía una semana era aquella que se encontraba girada hacia abajo y la cual estaba empezando a abrir las primeras brácteas.

Las edades seleccionadas parten de la semana dos, esto debido a que hasta este momento la totalidad de las manos verdaderas se encontraba expuesta, es decir, todas las brácteas se habían caído en forma natural. También por efectos de las labores de rutina de la finca, el experimento abarcó hasta la edad de tres semanas, ya que después de esta fecha a todas las frutas se les colocaban bolsas plásticas (daipas) a cada mano del racimo, las cuales se encargan de proteger la fruta evitando el marcado de los dedos por el roce de los mismos.

Para efectos de facilitar la manipulación de los datos en el programa estadístico, las plantas con doble aplicación de ácido giberélico serán llamadas “2 y 3”, el grupo de plantas tratadas a las dos semanas se llamaran “2” y finalmente las pertenecientes al grupo de edad tres post iniciada la floración se conocen como “3”.

### **3.8. Modo de Aplicación de los Tratamientos**

Se aplicaron los cinco tratamientos en forma asperjada directamente en todas las manos del racimo, dicha aplicación se realizó con una motobomba de gasolina, bajo una presión de 400 PSI, la aceleración se reguló con un angular metálico esto con el fin de no variar la misma (Figura A4), la boquilla utilizada se muestra en la figura anexa 5. Con esto se logró calibrar la motobomba para que en un tiempo de siete segundos dispersara 100 cc de caldo aproximadamente.

Para las plantas numeradas desde 1 hasta el número 250, a las frutas se les realizó una doble aplicación de los tratamientos, en la semana 2 y semana 3, esto con el fin de valorar el efecto de una doble dosis. Las plantas registradas desde el consecutivo número 251 hasta 500, se les realizó una única aplicación en

edad de 2 semanas; y finalmente las plantas con registro consecutivo número 501 hasta las plantas número 750, también se les sometió a una única aplicación en edad de tres semanas.

### **3.9. Toma de Datos**

Los datos de largo y grueso del dedo central de cada mano, se registraron a la cosecha de la fruta, la cual fue transportada hasta la planta de empaque de la empresa, se debe mencionar que la corta y traslado de la fruta la realizó personal de la finca. Estos datos fueron obtenidos a las trece semanas después de iniciada la parición (Figura A1).

El primer grupo de frutas se cosechó, en la última semana del año 2008, el segundo grupo se valoró la primera semana del año 2009 y finalmente el último grupo se obtuvo en la semana dos del mismo año.

### **3.10. Diseño Experimental**

Se realizó un diseño Irrestricto al Azar, en donde se establecieron cinco tratamientos por dos fechas de aplicación post inicio de floración (5 x 2), esto por cincuenta racimos por tratamiento. Lo cual se generan 250 racimos para la semana dos post inicio de floración y otros 250 racimos para la semana tres post iniciada la floración. Sin embargo también se realizó una doble aplicación para la cual se dispusieron otros 250 racimos, esta valoración abarcó una aplicación en semana dos y otra en semana tres, con la misma dosis y producto evaluado.

La disposición de los tratamientos se realizó en forma tal que al ingresar al área de estudio y encontrar un racimo que cumplía con las características del experimento (racimos con ocho y nueve manos verdaderas), se procedió a nombrarlo T1, al seguir y encontrar el segundo fue T2, así consecutivamente hasta abarcar todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Para el análisis de los datos, se generaron análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de Tukey, utilizando el programa estadístico llamado “Infostat”.

### 3.11. Ecuación

$$Y_{ijk} = \mu + \hat{C}_i + \hat{E}_j + (\hat{C}\hat{E})_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = es la variable respuesta

$\mu$  = es una media poblacional

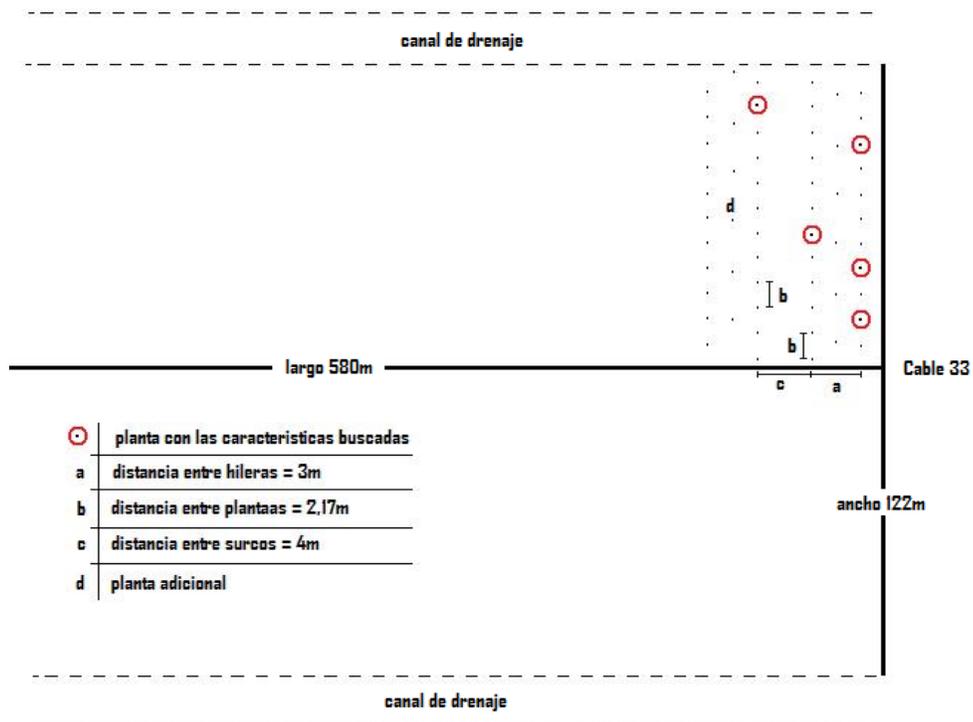
$\hat{C}_i$  = donde C es el i ésimo el efecto de la concentración de  $AG_3$

$\hat{E}_j$  = donde M es j ésimo efecto de la edad de aplicación

$(\hat{C}\hat{E})_{ij}$  = donde CM es la interacción de i ésimo efecto de la concentración y el j ésimo efecto de la edad de aplicación.

$\epsilon_{ijk}$  = el error experimental.

### 3.12. Croquis del diseño experimental utilizado en el ensayo



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Autores como Soto (1992), Ortiz *et al.*, (2001), Robinson (1999) entre otros, sostienen que el cultivo del banano y plátano en general, por su estructura botánica requieren de una disponibilidad de humedad permanente en los suelos donde se desarrollen los mismos. Estos a su vez mencionan que para la obtención de cosechas rentables, consideran suficiente un suministro de agua que oscile entre los 100 a 180 milímetros de dicho recurso por mes, los cuales serían los necesarios para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta. Sin embargo Soto (1992), determina como las necesidades netas del cultivo el valor de 167 mm por mensuales. Ortiz *et al.*, (2001), describen también que semanalmente este cultivo puede necesitar de 25 a 50 milímetros de agua disponible, ya sea llovida o suministrada por riego. También que si existiera un déficit hídrico en la etapa de parición de la fruta, se afectaría enormemente el alargamiento de los dedos al igual que el peso de toda la fruta alcanzando valores de pérdida de un 20% o más.

Por estar razones se consideró necesario para este trabajo, el registrar y documentar lo siguiente:

### 4.1. Variables climáticas registradas durante el experimento

La siguiente Figura 4 muestra como se distribuye la precipitación en milímetros semanales a lo largo del establecimiento y desarrollo del experimento, hasta la cosecha y finalización del mismo. Aquí es importante mencionar que el gremio bananero define sus labores con respecto a las semanas que conlleva el año, por esto es necesario rescatar que el experimento tuvo lugar desde el mes de octubre del año 2008 hasta el mes de enero del presente año, perteneciendo las semanas que van desde la numeración 41 a la 44 al mes de octubre, así como para el mes de noviembre se encuentran las semanas 45, 46, 47 y 48, sin dejar de

lado el mes de diciembre con las restantes semanas hasta la número 53 (año 2008 tuvo una semana más ya que este era bisiesto), esto para el año 2008.

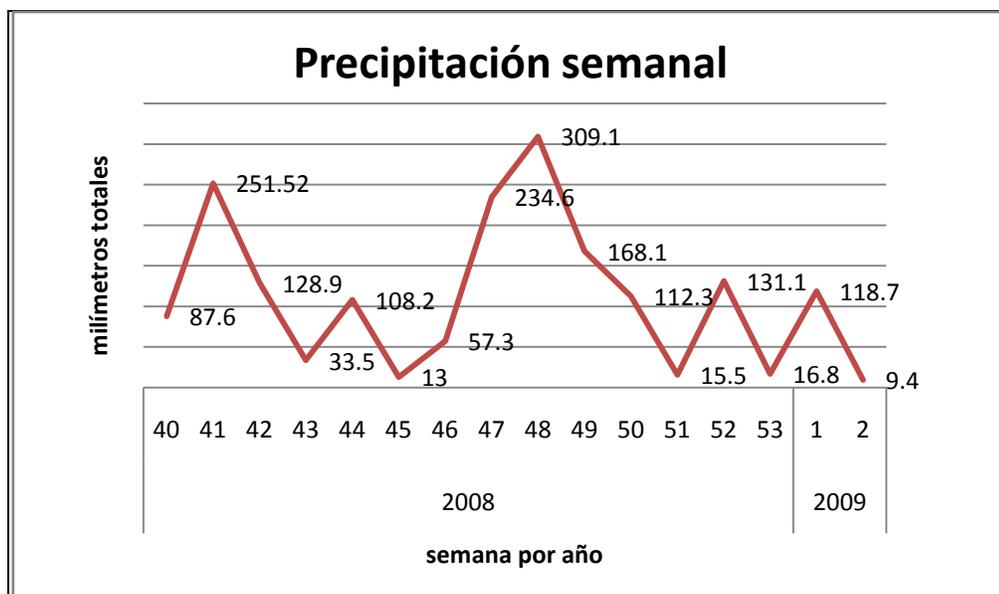


Figura 4. Datos de precipitación acumulados por semana durante el desarrollo experimental (Río Frío, Sarapiquí 2008 – 2009. Estación Meteorológica DOLE).

Si observamos la Figura 4, es fácil notar que durante el desarrollo del experimento existieron solamente cuatro semanas donde la precipitación no alcanzó el rango mínimo sugerido por Ortiz *et al.*, (2001), aquí podemos mencionar puntualmente las semanas número 45, 51, 53 (año 2008) y 2 (año 2009), donde se registraron 13, 15,5, 16,8 y 9,4 milímetros semanales respectivamente. Esto podría suponer que afectará los resultados, sin embargo al estar distantes entre ellas y al observar las altas precipitaciones registradas en las demás semanas, es casi un hecho decir que el desarrollo del cultivo no sufrió de estrés hídrico continuo, lo cual podría conducir a una merma de la producción.

La temperatura participa de manera preponderante en el desarrollo y crecimiento del banano, tanto en el periodo vegetativo como en el productivo (Soto 1992). Este cultivo requiere de temperaturas relativamente altas, que pueden

variar entre los 21°C y los 29,5°C, encontrándose su media alrededor de los 27°C (Ortiz *et al.*, 2001, Soto 1992). Sin embargo autores como Robinson (1999) sugieren rangos de temperatura que se encuentren entre los 22°C y 31°C siendo la media muy similar para casi todos los exponentes de este cultivar, es decir, unos 27°C.

La Figura 5 muestra como se comportó la temperatura durante la evolución del ensayo, aquí se puede observar las temperaturas mínimas y máximas registradas por la estación meteorológica de la compañía. Es notorio que a partir de la semana 45 hasta la semana 50 aproximadamente, existió un descenso en esta variable sin embargo aun así los rangos representados siguen siendo niveles aceptables para este cultivo (Ortiz *et al.*, 2001, Soto 1992, Robinson 1999, Ganry 1973 y Vakili 1974). Cabe mencionar que este descenso de temperatura podría deberse principalmente a un aumento en las lluvias registrado para las mismas semanas (Figura 4).

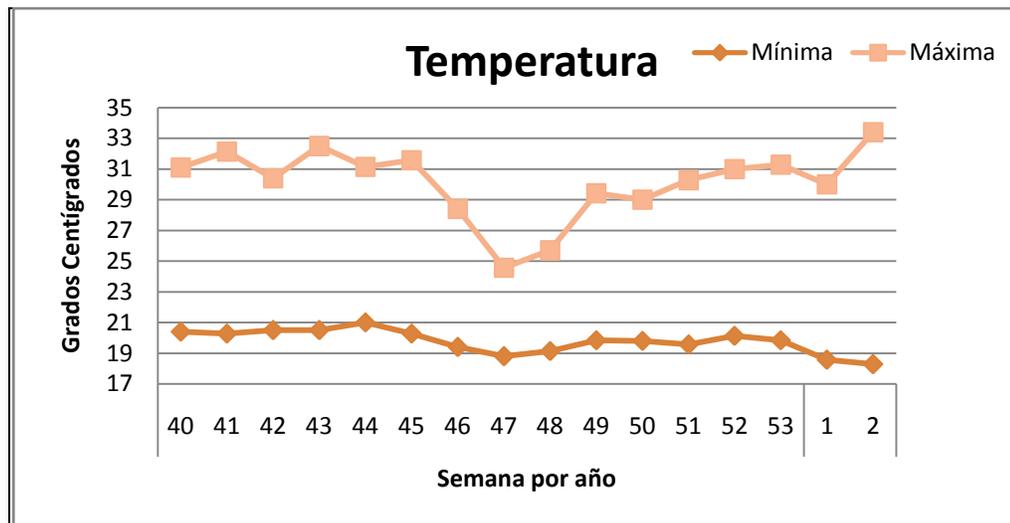


Figura 5. Datos de temperatura media semanal registrados durante el desarrollo experimental (Río Frío, Sarapiquí 2008 – 2009. Estación Meteorológica DOLE).

Sin embargo, también en la literatura se encuentra información que hace referencia a que este cultivo puede producir en niveles diferentes a los anteriormente mencionados, siendo para estos su mínima absoluta cerca de

15,6°C y llegando a su máxima temperatura cerca de los 37,6°C. Según Vakili (1974) y Ganry (1973) mencionados por Soto (1992), sugieren que exposiciones a temperaturas mayores o menores a las conocidas como óptimas (21 a 30 grados centígrados) pueden causar deterioro y lentitud en el desarrollo de la planta, además de daños en la fruta, ya sean físicos o productivos.

Se dice que el cultivo del banano, a temperaturas muy altas (38°C o más) obliga a la planta a cerrar sus estomas de las hojas, reduciendo así la tasa fotosintética y con esto el desarrollo del fruto o cultivo en general. También esto puede provocar la pérdida de la vida verde del fruto. Por otro lado, las temperaturas bajas son capaces de inhibir el crecimiento, promover la pérdida de turgencia en la planta, lo que provocaría una disminución entre las distancias de las hojas (arrepollamiento), así como obstrucción de haces vasculares, lo que conlleva a atrasos del ciclo o pérdidas de peso en los frutos (Ortiz *et al.*, (2001). Estos mismos autores comentan que la temperatura óptima para la iniciación floral se encuentra cerca de los 22°C, y que cuando la temperatura oscila entre 15 y 36°C, también la vida verde de la fruta sufre una disminución en la duración de la misma.

#### **4.2. Variables registradas para valorar la homogeneidad inicial de las plantas**

En esta parte se toman en cuenta los registros referenciados en el punto 3.5 de la metodología de trabajo, a razón de la circunferencia de la planta madre así como la altura de la misma y el número de hojas iniciales a parición, esto con el fin de valorar la homogeneidad de las plantas seleccionadas para el experimento.

Para este caso se presenta un cuadro resumen del análisis de pruebas de Tukey para todas las variables descritas anteriormente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de pruebas de Tukey en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

	8 manos	9 manos	8 manos	9 manos	8 manos	9 manos
Edad	Circunferencia tallo (cms)		Altura (cms)		Número Hojas Iniciales (unidades)	
2 y 3	47,72 a	51,27 a	216,76 a	230,49 a	11,40 a	12,02 a
2	49,66 c	52,23 a	220,73 b	233,21 a	11,58 b	11,86 a
3	48,88 b	51,52 a	224,38 b	233,79 a	11,75 ab	11,94 a
CV	6,13	5,45	6,6	5,72	8,97	8,89
R <sup>2</sup> Aj	0,06	0,01	0,04	0,003	0,01	0

Análisis completo en anexos (Cuadro A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8).

Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

Al observar el Cuadro 5, hay que indicar primeramente que las diferentes variables seleccionadas no se ven afectadas por la edad a la cual se le aplicaron los tratamientos, sino, más bien estas son utilizadas con el fin de constatar que tan homogénea estaban las plantas elegidas para desarrollar el experimento.

El Cuadro 5, muestra que para la variable circunferencia, las tres edades trabajadas presentaron diferencias significativas en racimos de ocho manos pero al observar racimos con nueve manos, todas las edades son iguales, esto podría indicar que el vigor inicial era diferente en las plantas seleccionadas, sin embargo al observar las medias para esta variable la diferencia es mínima (menos de dos centímetros) esto puede deberse a error humano a la hora de colocar la cinta de medida o incluso a características propias del terreno y clima del lugar donde se realizó el ensayo, así como de la plantas elegidas. Con respecto a las variables de altura y número de hojas iniciales, los resultados presentan más homogeneidad, siendo la única variante el dato de altura para la edad “2 y 3” en racimos de ocho manos. Con respecto al número de hojas es notorio que todas las edades son iguales para ambos tipos de racimos.

Cabe mencionar que el coeficiente de variación en los dos tipos de racimos es bastante aceptable (< 10 %), lo que indica de antemano que los datos obtenidos son confiables para continuar analizándolos, ya que los datos originales

no se alejan en más de un 10% con respecto al valor de la media para cada caso, indistintamente del tipo de racimo. El valor de “R<sup>2</sup> ajustado” indica muy claramente que las tres variables analizadas no dependen en lo absoluto de la edad con la que se trabajó, ya que los valores obtenidos están muy próximos del cero, sin embargo, los mismos son para valorar la homogeneidad de las plantas seleccionadas.

Según Soto (1992), estudios realizados en la Costa de Marfil empleando defoliación, los cuales aportan información valiosa acerca de la cantidad de hojas requeridas para obtener una inflorescencia normal, aquí se constató que el número de hojas emitidas son características fijas y además que el mantenimiento de ocho hojas es suficiente para obtener un desarrollo normal del racimo hasta la cosecha. Esto viene a indicar que el ensayo tiene el punto a favor de iniciarse con un buen índice de hojas, ya que en ambos tipos de racimos la media supera las once iniciales.

Es fácilmente visible que las plantas seleccionadas con nueve manos verdaderas, presentaron mayor igualdad inicial, esto porque tanto su circunferencia, altura y número de hojas iniciales, son estadísticamente iguales para las tres edades seleccionadas. En comparación podría decirse que las plantas que poseen nueve manos poseen más vigor que plantas con ocho manos, ya que en las tres variables descritas en el Cuadro 5, las medias superan considerablemente a las obtenidas en racimos con ocho manos.

#### **4.3. Sensibilidad del tejido: Efecto de la edad de la fruta**

Este punto busca valorar el primer objetivo específico, el cual se basa en buscar la edad óptima para la aplicación de ácido giberélico en pro de una mejora del grado de la fruta de banano destinada a la exportación. Aquí se abordan temas meramente productivos del cultivo, como lo son el peso final del fruto (incluyendo el pinzote), la longitud del dedo central de cada mano verdadera así como el calibre o grosor de las manos evaluadas.

El encontrar la edad precisa, es de vital importancia ya que esto podría mostrar nuevos horizontes para la determinación de innovadoras prácticas productivas en el cultivo del banano, que al final buscan lograr una actividad agrícola económicamente más rentable.

#### 4.3.1. Peso del fruto

El Cuadro 6, muestra como se comportaron las diferentes edades seleccionadas. Se puede observar que existe una diferencia significativa con respecto al peso en racimos con ocho manos, específicamente entre la edad de doble aplicación (2 y 3) y la edad 2, sin embargo todas son iguales ya que comparten una similitud con la edad de tres semanas, estos datos presentan una similitud a lo expuesto por Sandoval (1998), el cual explica que aplicaciones asperjadas al fruto de 300 ppm son suficientes para encontrar diferencias significativas en racimos de ocho manos, sin embargo esta concentración no presenta mejora al valorar el largo y grueso del dedo central.

Cuadro 6. Resumen de pruebas de Tukey para los pesos promedio del fruto en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Edad	Peso (kg)	
	8 manos	9 manos
2 y 3	20,97 a	24,94 a
2	21,82 b	25,33 a
3	21,14 ab	25,08 a

Análisis completo en anexos (Cuadro A9 y A10).

Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

En los racimos que poseen nueve manos verdaderas no existe diferencia significativa con respecto a lo que el peso del racimo se refiere. También Lahav y Grottreich (1984), exponen que aplicaciones de 500 y 1000 ppm (AG<sub>3</sub>) en plantas jóvenes mejora levemente el peso del fruto.

A pesar de no existir diferencias significativas con respecto al peso en kilogramos del fruto, si se observan en los Cuadros Anexos A9 y A10, específicamente en la prueba de Tukey la cual analiza el efecto de las edades en los diferentes tratamientos, se puede visualizar que la edad dos es la que aparentemente existe una mejoría en las medias de los pesos, en lo referente a racimos de nueve manos. Esta tendencia se ve más dispareja, ya que todas las edades mostraron algún efecto, aclarando que igualmente no existe diferencia significativa. Sin embargo autores como Mishra *et al.*, (1981), comentan que con aplicaciones tempranas al fruto (dos a tres días de iniciada la floración) es posible encontrar diferencias significativas en lo referente a peso y volumen de los dedos; lo cual podría explicar la tendencia de mostrar diferencias en aquellos racimos con aplicaciones a edades más tempranas.

Al observar estos resultados surge la incógnita del porque no se aplicó esta hormona a edades más tempranas, por ello es necesario aclarar que era imposible asperjar las manos de banano antes de la segunda semana debido a que las últimas manos se encontraban cubiertas por las brácteas.

El Cuadro del Anexo (A9), muestra como se comportó la interacción de la edad con el tratamiento, este cuadro nos indica que no existe tal interacción ya que su “*p valor*” (0,8255) es mayor a 0,05, por protocolo este análisis debe de terminar aquí debido a no existir la interacción entre las variables, sin embargo para rescatar algo más se continuó con el análisis, el cual muestra que la variable “Tratamiento” tampoco es significativa debido a que “*p valor*” (0,8373) es mayor a 0,05; sin embargo la variable “Edad” muestra una diferencia significativa (*p valor*  $\leq$  0,05), lo cual permite corroborar lo anteriormente mencionado, del hecho que la edad tiende a mostrar una diferencia.

Al revisar el Cuadro (A9), se constata que los grados de libertad del error (498) para esta variable o inclusive el total (512), es fácil notar que son suficientes para expresar que los resultados mencionados son confiables.

Con respecto a racimos con nueve manos, al igual que en los de ocho manos no existe un efecto debido a la interacción de la Edad vrs Tratamiento, ya que su “*p valor*” (0,8858) es mayor a 0,05. En este caso tampoco existe un efecto del Tratamiento (ver *p-valor*) y al contrario a racimos de ocho manos, estos no presentaron tampoco un efecto a razón de la edad (*p valor* > 0,05) de aplicación. Por estas circunstancias se puede mencionar que la edad en racimos de nueve manos no tiene un efecto positivo con respecto al peso final del fruto (Cuadro A10).

#### 4.3.2. Longitud del dedo central

Según Satyanarayana (1985), aplicaciones asperjadas en forma directa al fruto mejoran significativamente el tamaño y peso de los frutos del banano así como el peso del racimo y los sólidos solubles totales en la pulpa, todo esto con concentraciones de 2000 ppm (AG<sub>3</sub>).

Al realizar un análisis de varianza para la variable longitud del dedo central de las manos de un racimo, el Cuadro 7 muestra que tiende a existir una diferencia significativa en racimos con ocho manos para racimos con edad de dos semanas, sin embargo estadísticamente todas son iguales ya que la edad “2 y 3” es igual a la edad “2” y a la edad “3”. En racimos con nueve manos, no hay diferencia estadística ya que todas las medias presentan la misma letra.

Cuadro 7. Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de longitudes en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Edad	Sumatoria de longitudes (cms)	
	8 manos	9 manos
2 y 3	180,53 ab	204,61 a
2	182,31 b	204,10 a
3	178,85 a	201,59 a

Análisis completo en anexos (Cuadro A11 y A12).  
Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

Al igual que con la variable peso, tanto en racimos con ocho y nueve manos no existe diferencia significativa ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ) al analizar la interacción de los tratamientos con la edad a la que se aplicaron los mismos, ya que sus valores son 0,4981 y 0,3865 respectivamente (Cuadros A10 y A11). Sin embargo en racimos con nueve manos se si se observan diferencias significativas ( $p$ -valor menor a 0,05) en lo referente al efecto de los tratamientos, pero no así en racimos con ocho manos, estos resultados serán discutidos en el apartado de la sensibilidad frente al tratamiento.

Cuadro 8. Resumen de análisis de la varianza para valorar las interacciones en longitudes de racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

	8 manos	9 manos
F.V.	p-valor	
Modelo	0,0853	0,0244
Edad	0,0019	0,0672
Tratamiento	0,7734	0,0124
Edad*Tratamiento	0,4981	0,3865

Análisis completo en anexos (Cuadro A11 y A12).

En resumen el cuadro no existen diferencias significativas al valorar la edad de aplicación de los tratamientos en racimos con nueve manos, pero si en racimos con ocho manos (0,0672 y 0,0019 respectivamente), sin embargo al no existir interacción de ambas variables (Edad\*Tratamiento) este análisis debe de concluir ahí para esta variable que analiza el efecto de la edad en longitud del central (Cuadro 8).

#### 4.3.3. Calibración del dedo central

Los resultados obtenidos para las variables calibre del dedo central, muestran que no existieron diferencias significativas en las edades tanto en racimos de ocho como de nueve manos, al valorar los racimos de nueve manos es

evidente que existe una tendencia a la igualdad en las diferentes variables analizadas anteriormente (cuadros 6, 7, y 8). Esto podría deberse a lo descrito por Soto (1992), el cual menciona que a mayor número de manos presentes en un racimo este desvía los nutrientes para repartirlos en una mayor cantidad de dedos, por esto es de suponer que esta característica enmascara aun más la utilización del ácido giberélico para las condiciones propias de este trabajo. Esta característica es visible en el Cuadro 9, donde se observa que la media para los calibres de racimos con nueve manos es menor que la media en racimos con ocho manos, por ejemplo al comparar el calibre en edad 2 para racimos con ocho manos, este supera por 0,7 treintadoceavos de pulgada a la media de racimos de nueve manos en la misma edad, comparación que se mantiene en las otras edades.

Cuadro 9. Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de calibres en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

	Calibres (1/32 pulgada)			
	8 manos		9 manos	
Edad	suma	media	suma	media
2 y 3	339,23 a	42,4 a	378,94 a	42,1 a
2	340,94 a	42,6 a	376,84 a	41,9 a
3	337,60 a	42,2 a	377,74 a	42,0 a

Análisis completo en anexos (Cuadro A13 y A14).

Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

Los Cuadros 6, 7, y 8, muestran como los racimos con ocho manos muestran diferencias significativas en rubros como las variables Edad de aplicación de los tratamientos y Longitud del dedo central, esto podría deberse al hecho de que estos racimos al ser más pequeños, la planta tiene la capacidad de distribuir mejor sus nutrientes y así desarrollar mejores racimos (Soto 1992). Pero como se ha venido mencionando al no existir interacción de la edad frente a los tratamientos, estas diferencias se anulan, sin embargo las mismas pueden formar un norte para futuros ensayos en este tema.

#### 4.4. Sensibilidad del tejido: Efecto de la concentración asperjada

Anteriormente se valoró el efecto de la edad a la aplicación de ácido giberélico, en este apartado se valora bajo el mismo esquema, el efecto de los tratamientos sobre las manos del banano, por ello se presentan las concentraciones utilizadas en el experimento.

##### 4.4.1. Peso del fruto

Al observar los resultados presentes en el Cuadro 10, se puede constatar que los diferentes tratamientos no tuvieron un efecto significativo al valorar las medias del peso de los frutos de banano asperjados con ácido giberélico, esto tanto en racimos de ocho como de nueve manos, esta falta de respuesta puede deberse al hecho que como se indicó en la metodología, no se utilizó ningún penetrante o coadyuvante que mejorara la penetración de la hormona en cuestión.

Cuadro 10. Resumen de pruebas de Tukey para los pesos promedio del fruto frente a los diferentes tratamientos, en racimos de ocho y nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Tratamiento (ppm)	Peso (kg)	
	8 manos	9 manos
0	21,13 a	24,99 a
150	21,38 a	25,74 a
300	21,60 a	24,57 a
450	21,31 a	24,42 a
600	21,15 a	25,86 a

Análisis completo en anexos (Cuadro A9 y A10).

Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

Si se estudia lo mencionado por Soto (1992) y Turner (1972), se dice que durante las primeras cuatro semanas de haber ocurrido la floración, la cáscara representa hasta un 80% del peso del fruto o dedo de banano, este dato puede

indicar que durante la época de aplicación de los tratamientos era necesario la utilización de algún medio que facilitara o acelerara la entrada a la fruta de la hormona. Soto (1992) comenta además que en esa etapa la cáscara puede ser muy cerosa, lo que aun refuerza el hecho del uso de algún producto adicional, sin embargo y como se mencionó en la metodología, el representante legal para Centroamérica del producto comercial no recomendó el uso de otro producto, ya que en su experiencia, no lo consideró necesario.

Otro punto importante de mencionar es que para el momento del establecimiento del ensayo, la administración de la finca realizaba en forma normal la práctica de desmane conocida como Falsa + 2, lo que indica que a un racimo se despojaba de dos manos verdaderas, quedando en promedio racimos con seis manos (en condiciones normales del momento del experimento), esto con el fin de que el fruto desviara su energía a las restantes manos para mejorar la calidad de las mismas, sin embargo este experimento podría sugerir que esta práctica para las condiciones del momento no era necesaria, ya que al estudiar el tratamiento testigo (0 ppm) este no presentó diferencias significativas con respecto a los tratamientos que utilizaron ácido giberélico.

Si se observan los Cuadros Anexos (A9 y A10) se destaca el hecho de que tanto en racimos de ocho como nueve manos, la variable "Tratamiento" no tiene efecto significativo ya que su *p-valor* (0,8373 y 0,219 respectivamente) son mayores a 0,05, reforzando lo anteriormente comentado.

#### 4.4.2. Longitud del dedo central

Contrario a lo ocurrido en Cuadro 7, donde si se observan algunas variantes en la longitud del dedo central para cada mano en racimos de ocho manos (esto dependiendo de la edad de aplicación del ácido giberélico) para el análisis de racimos con ocho manos esta vez (Cuadro 11) no existen diferencias significativas analizando las variable "Tratamiento", pero para racimos con nueve manos si se

plasman algunas diferencias significativas. Esto puede observarse más claramente en el siguiente cuadro.

Cuadro 11. Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de longitudes en racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Tratamiento (ppm)	Sumatoria de longitudes (cms)	
	8 manos	9 manos
0	179,85 a	201,29 a
150	180,24 a	204,25 ab
300	180,77 a	201,81 a
450	180,86 a	201,83 a
600	181,10 a	207,88 b

Análisis completo en anexos (Cuadro A11 y A12).  
Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

Aquí es notorio que la concentración de 600 ppm puede tener un efecto positivo en racimos con nueve manos, ya que este análisis presenta diferencias significativas con respecto al testigo, contrario a esto se encuentran los racimos con ocho manos, los cuales no demostraron ningún efecto a la aplicación de ácido giberélico, en lo referente a las longitudes de los dedos.

Cuadro 12. Análisis de la varianza de las interacciones en longitudes de racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

F.V.	8 manos	9 manos
	p-valor	
Edad	0,0019	0,0672
Tratamiento	0,7734	0,0124
Edad*Tratamiento	0,4981	0,3865

Análisis completo en anexos (Cuadro A11 y A12).

Al valorar el Cuadro 12, se observa que el tratamiento si juega un papel diferencial en racimos con nueve manos (*p*-valor menor a 0,05), pero con la restricción de conocer que no existe interacción de la edad con respecto a la dosis aplicada (para tipos de racimos) pero continuando con el análisis podemos rescatar como anteriormente se menciona, que la edad (*p*-valor menor a 0,05) de aplicación puede jugar un papel diferente en racimos de ocho manos verdaderas.

#### 4.4.3. Calibración del dedo central

El calibre en ambos tipos de racimos (Cuadro 13) no presenta diferencias significativas con respecto a los tratamientos utilizados para este ensayo. Si se observan los Cuadros del Anexo 13 y 14, se puede rescatar que al igual como se ha mencionado en ocasiones anteriores no existe interacción de la edad y el tratamiento (*p*-valor de 0,8926 en racimos de ocho y 0,4659 en racimos de nueve manos) para ambos casos este indicador supera el límite del 5%. Siguiendo con los mismos anexos las variables “Tratamiento” también no poseen diferencias significativas, lo que se corrobora en el Cuadro 13, dejando a cualquier tratamiento fuera de las posibilidades de mostrar efecto alguno.

Cuadro 13. Resumen de pruebas de Tukey para la sumatoria de calibres en racimos con ocho y nueve manos verdaderas (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Tratamiento (ppm)	Calibres (1/32 pulgada)			
	8 manos		9 manos	
	suma	media	suma	media
0	339,61 a	42,5 a	377,94 a	42,0 a
150	339,47 a	42,4 a	379,67 a	42,2 a
300	340,61 a	42,6 a	377,03 a	41,9 a
450	337,76 a	42,2 a	375,29 a	41,7 a
600	338,60 a	42,3 a	379,25 a	42,1 a

Análisis completo en anexos (Cuadro A13 y A14).

Letras iguales no son significativamente diferentes, según prueba de Tukey al 5%.

#### **4.5. Sensibilidad del tejido: Efecto de la posición de la mano**

Para efectos de rescatar información valiosa acerca de la utilización de giberelinas en el cultivo del banano, a continuación se presentan datos de análisis en ambos racimos, para este caso se analizan las manos 7 y 8 en racimos de ocho manos y datos de las manos 7, 8 y 9 para racimos de nueve manos, ya que por las prácticas agrícolas realizadas en la finca donde se desarrollo el experimento, estas manos se habrían desmano y por ende perdido.

Standard Fruit Company de Costa Rica S.A. posee diferentes categorías para regular las frutas destinada a la exportación, entre ellas las categorías para longitud son las siguientes:  $>8 \frac{1}{2}$ ;  $>8 \frac{1}{4}$ ;  $> 8$ ;  $>7 \frac{3}{4}$ ;  $>7 \frac{1}{2}$ ;  $>7 \frac{1}{4}$ ;  $>7$  y  $<7$  (valor en pulgadas), el mercado internacional exige como mínimo frutas que alcancen la categoría descrita como " $>7$ " (17,78 centímetros), esto quiere decir que frutas menores en longitud a 17,78 cms no son aptas para exportadas.

Igual sucede con el calibre de la fruta, el cual posee categorías en treintadoceavos (1/32) de pulgada, a razón de: 49 - 50; 47 - 48; 45 - 46; 43 - 44; 41 - 42; 39 - 40; 37 - 38 y  $< 37$ , donde frutas con calibre inferior a 37 (1/32) no califican para la exportación.

##### **4.5.1. Categorías en base a la longitud de la fruta**

Para este apartado se le dió importancia a las manos, que por prácticas generales de la finca, las mismas hubieran sido desechadas en el desmane convencional.

La siguiente Figura 6, muestra que los tratamientos con 300 y 600 ppm, permite rescatar el 100% de la fruta destinada a la exportación, comparando estos contra al testigo. Sin embargo la Edad 3 presenta que los mejores tratamientos son los que poseen 150 y 450 ppm respectivamente, es importante mencionar que la mejor edad de aplicación es la conocida como "Edad 2" ya que esta no presenta pérdidas de fruta en ninguno de sus tratamientos. Algo importante de comentar es

el hecho de que la mano siete hubiera sido descartada normalmente, pero con ayuda de un regulador de crecimiento esta no se pierde, aprovechándose como mínimo en el peor de los casos hasta el 96,6% de esta (Edad 2 y 3, concentración igual a 150 ppm).

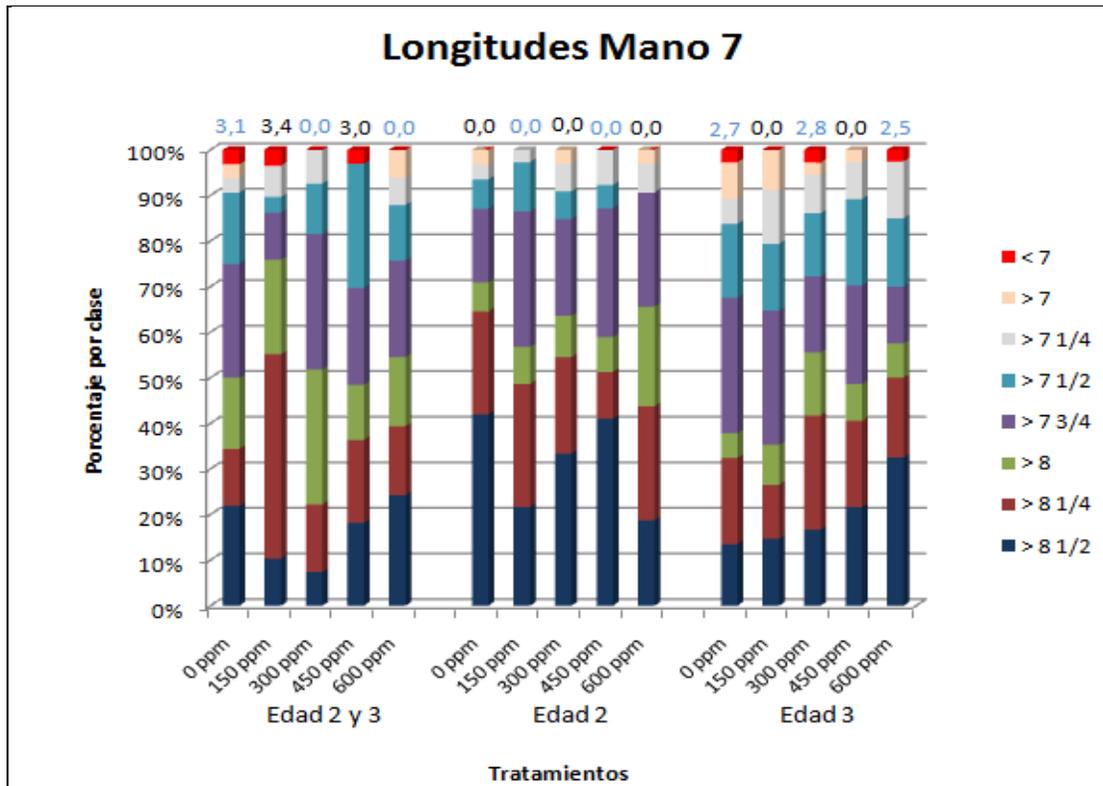


Figura 6. Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano siete en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

La Figura 7, señala al igual que la anterior figura que esta mano posee bajos o nulos niveles de rechazo de la fruta por calibres inferiores a los 17,73 cms. Sin embargo para este caso nótese que al sumar los porcentajes de las categorías  $>8 \frac{1}{2}$ ,  $>8 \frac{1}{4}$  y  $>8$  pulgadas, los mismos superan notablemente este valor frente a su homologa en racimos de ocho manos. También es importante rescatar el hecho de que indistintamente la edad, el tratamiento con 600 ppm fue el que mejores resultados presentó, ya que para las tres edades la suma de las categorías mencionadas ( $>8 \frac{1}{2}$ ,  $>8 \frac{1}{4}$  y  $>8$ ) alcanzó valores de 92% (Edad 2 y 3),

98% (Edad 2) y 88% (Edad 3) aproximadamente, nótese que la mejor edad fue la que llevo aplicación a las dos semanas de iniciada la parición.

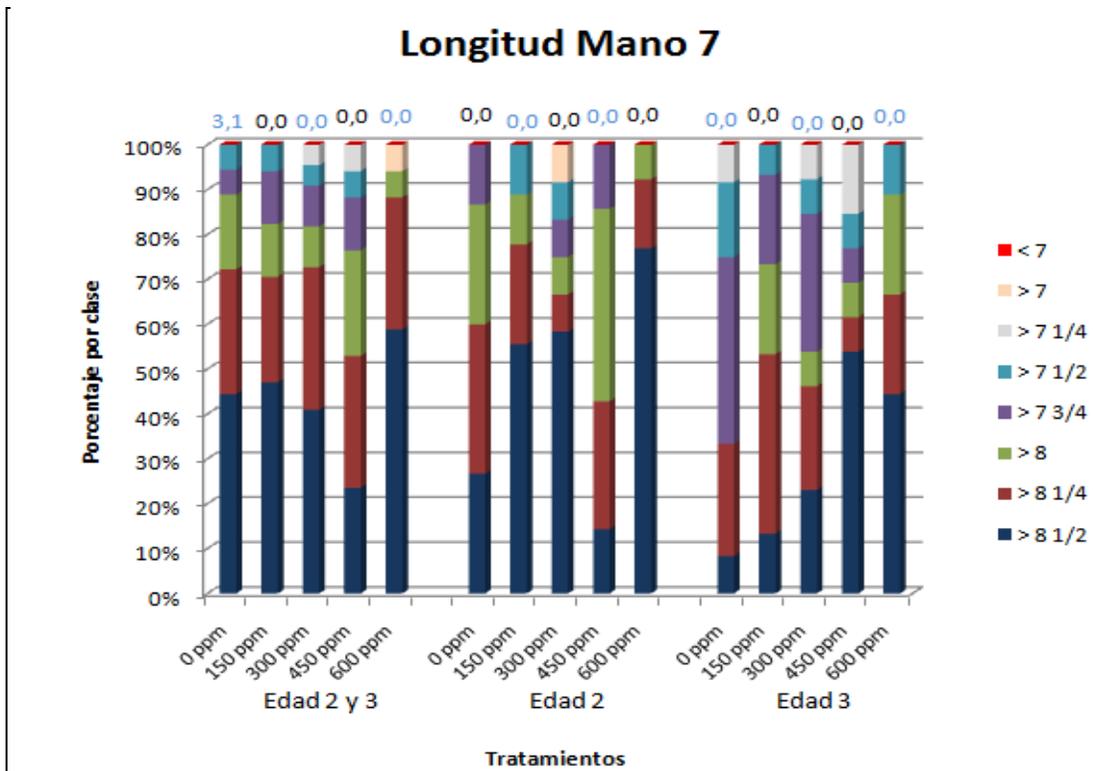


Figura 7. Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano siete en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

La Figura 8, muestra como se descarta más fruta (hasta un 13,9%) a edades de tres semanas de aplicación de ácido giberélico. Al observar las longitudes medias para la mano ocho, es notorio que al igual que la figura anterior, la “Edad 2” es la que presenta menor pérdida de fruta, sin embargo para este caso el mejor tratamiento fue el que llevó 600 ppm y no así el de 300 ppm al analizar la séptima mano en racimos con ocho manos. En esta parte, no se establece una opción clara del comportamiento de las longitudes, es decir un tratamiento que se comportó notable a una edad en específico, este mismo tratamiento fue de los peores a otra edad analizada, esto podría deberse a lo sugerido por Soto (1992), él cual comenta que a mayor número de manos, la distribución de nutrientes

dentro de un racimo se ve afectado por la cantidad de manos, por esto es de suponer que ocho manos en este tipo de plantas (homogeneidad inicial variable) puede ser el tope para las mismas.

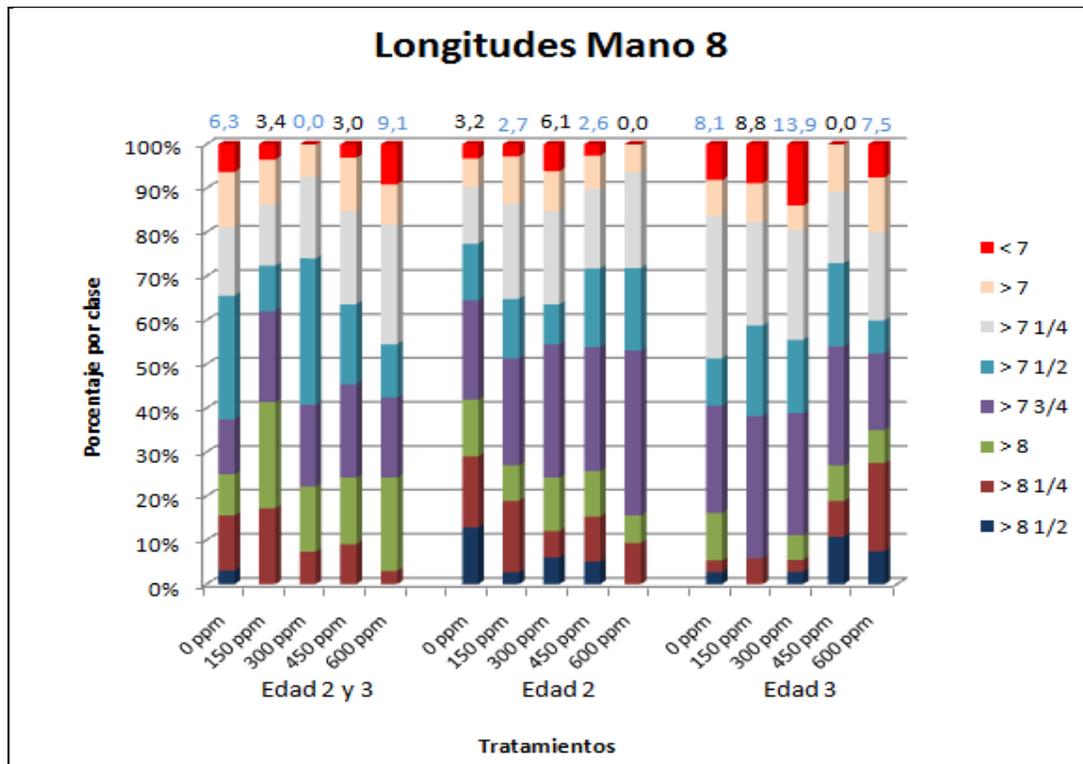


Figura 8. Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano ocho en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Autores como Kumar y Reddy (1998), Lahav y Grottreich (1984), Lockard (1975), si han encontrado diferencias significativas al valorar la longitud, grueso y peso de los frutos de banano, sin embargo estos autores han tratado las plantas en etapas tempranas, logrando con esto plantas más grandes y gruesas así como también plantas con menores problemas foliares, lo que al final es fácilmente traducible a frutos de mejores características agronómicas.

Otros autores como Mahhou *et al.*, (2003), han encontrado respuestas favorables a concentraciones de 460 ppm de ácido giberélico, esto en frutos de manzano, estos investigadores sostienen que a esa concentración se mejora el

calibre de la fruta así como la producción del árbol, lo cual da evidencia que este tipo de hormona si funciona en tejido vegetales.

La siguiente Figura 9 muestra como el vigor inicial juega un papel en el desarrollo del fruto, esto es evidente al realizar una comparación de ambas manos en los tipos de racimos tratados.

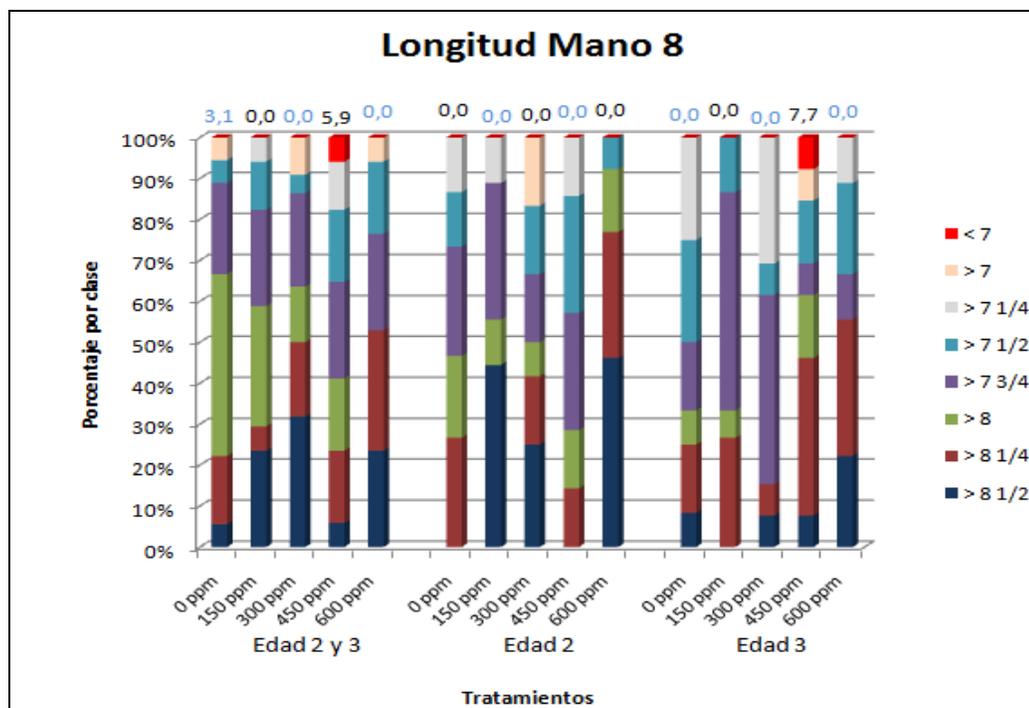


Figura 9. Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano ocho en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Se aprecia que al igual que las otras figuras, la “Edad 2” es la que presenta mejores resultados, debido a ser la que posee menos fruta descartada por tamaño así como los porcentajes más altos de fruta con calibres cercanos a ocho pulgadas de largo. Nótese también que para todas las edades el tratamiento cinco (600 ppm) es el que presenta mayor cantidad de fruta con tamaños superiores (Figura 9).

Al igual que el comportamiento de la mano ocho en racimos de ocho manos, la Figura 10, muestra que esta mano presenta mayores valores de pérdida de fruta por tamaños insuficientes, pero a su vez también muestra la tendencia de la “Edad 2” de obtener mejores resultados a la concentración más alta de producto comercial

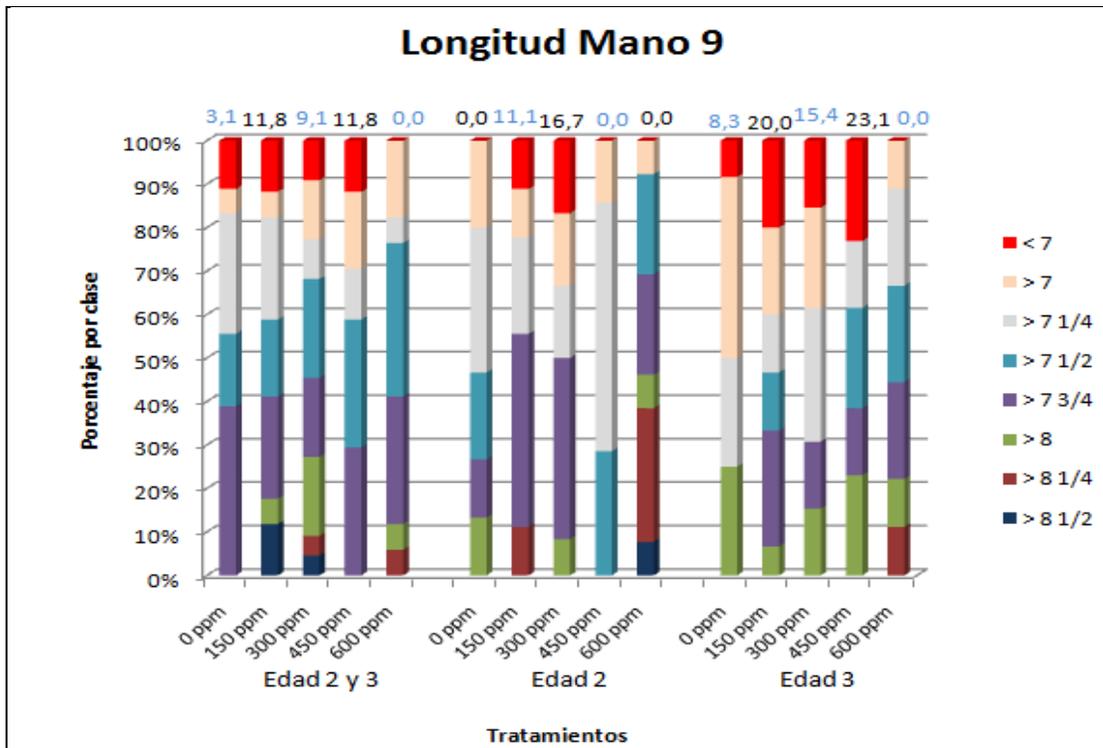


Figura 10. Comportamiento porcentual por categorías de longitud de la mano nueve en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

#### 4.5.2. Categorías en base a la calibración de la fruta

Al comparar las Figuras Anexas (A6 y A7), a razón de la mano siete para ambos tipos de racimos, se rescata que la variable calibre se comporta bastante des uniforme para estos racimos, es decir, los porcentajes de clases o categorías presentan bastante similitud al comparar edades o tratamientos, por lo que puede suponer que ambas manos se comportan igual en ambos racimos, nótese además que para el caso de racimos con ocho manos a mayor concentración existe una

tendencia a la pérdida de calibre, lo que podría sugerir que las bajas concentraciones pueden ser las mejores.

Al observar la Figura Anexa (A8), es clara la tendencia presente en la mano siete, la cual sugiere que a mayor concentración disminuye el calibre de la fruta. Esto podría deberse al hecho de que a mayor concentración se tiende a elongar la fruta (ver Figuras 6, 7, 8, 9 y 10), lo cual generaría pérdidas por no alcanzar los gruesos mínimos para la exportación. Si se observan las Figuras Anexas (A9 y A10), las edades en las que se realizó una sola aplicación, son las que presentan mejores resultados, nótese además que la edad de doble aplicación por lógica posee doble concentración y esta a su vez es la que presenta más fruta sacrificada por bajo calibre, lo que viene aun más a reforzar la suposición que las concentraciones bajas de ácido giberélico son las que presentan mejores resultados en cuanto a calibre.

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio se concluye que:

1. La aplicación de Progibb 40% ® (i.a. Ácido Giberélico o AG<sub>3</sub>) no tuvo un efecto positivo significativo en el desarrollo de manos de banano destinado a la exportación.
2. En la variable longitud del dedo central, la edad dos es la que presenta mejores resultados (en racimos de ocho manos), sin embargo las medias son iguales al valorar las diferencias estadísticas.
3. Para la variable calibre del dedo central no existe diferencias significativas en los dos tipos de racimos utilizados.
4. No existe interacción de las variables Edad y Tratamiento, sin embargo en racimos de ocho manos, la edad si tiene un efecto y, en racimos de nueve manos el efecto es más evidente en los tratamientos aplicados.
5. La edad no influye (diferencias significativas) en la aplicación de ácido giberélico, en tema de peso final de fruta, sin embargo para ambos tipos de racimos, la edad dos es la que posee las medias más altas.
6. Los diferentes tratamientos no presentan diferencias significativas, a la hora de analizar el peso en ambos tipos de racimos.
7. La concentración de 600 ppm es la que aparenta mejores resultados de longitud, esto en racimos de nueve manos.
8. La concentración de 300 ppm es la que aparenta mejores resultados de calibre, tanto en racimos de ocho y nueve manos.

## 6. RECOMENDACIONES

Bajo los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Al trabajar con diferentes edades, sería útil iniciar con todas ellas a la misma semana, para con esto disminuir posible efecto del clima.
- Valorar la utilización de penetrante o coadyuvante para mejorar la asimilación del producto comercial como su ingrediente activo.
- Probar diferentes formas de aplicación del producto comercial, como lo puede ser inyectado al pinzote o incluso el tallo.
- Probar aplicaciones tempranas, es decir, tratar las plantas antes de que ocurra la diferenciación floral o poco después de ocurrida la misma.
- Valorar concentraciones más altas, ya que en algunos casos los mejores resultados se presentan con 600 ppm.
- Realizar mezclas de ácido giberélico con otros reguladores como citoquininas o auxinas.

## 7. LITERATURA CONSULTADA

- Aljuburi, H., Al-Masry, H. & Al-Muhanna, S. 2001. Effect of Some Growth Regulators on Some Fruit Characteristics and Productivity of the Barhee date Palm Tree Cultivar (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*. 56 (5): 325-332.
- Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N. y Valverde, R. 2000. Efecto de la Luz y del Ácido Giberélico sobre la Germinación *in vitro* de Jaul (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense*. 24 (1): 75-80.
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B. y Sánchez, R. 1987. *Fisiología Vegetal*. 4ª ed. Madrid. España, Piramide, S.A. 823 p.
- Batugal, PA., Torres, DO., Tabora, PC., Bondad, AA., Namuco, LO. and Sajise, JU. 1978. Reforestation and Pulp Production I. Response of Musa to Growth Regulators. *Technology Journal*. 3 (4): 29-34.
- Cambroner Mesen, IP. 2000. Identificación de las Causas que Inducen al Desperdicio de la Fruta de Banano (*Musa AAA*) y su Impacto Económico en una Plantación Comercial, Siquirres, Limón. *Práctica de Especialidad*. Santa Clara, CR: ITCR. Escuela de Agronomía. 48 p.
- CORBANA. 2008a. El área de plantación. (en línea). Consultado 27 mayo 2008. Disponible en [http://www.corbana.co.cr/est\\_area.shtml](http://www.corbana.co.cr/est_area.shtml)
- CORBANA. 2008b. Ubicación geográfica de Costa Rica. (en línea). Consultado 27 mayo 2008. Disponible en [http://www.corbana.co.cr/cr\\_ubicacion.shtml](http://www.corbana.co.cr/cr_ubicacion.shtml)
- Damasco, OP., Godwin, ID., Smith, MK., Adkins, SW. 1996. Gibberellic acid detection of dwarf offtypes in micropropagated Cavendish bananas. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 36: 237-241.

- De la Vega, B. y Alizaga, R. 1987. Efecto del Ácido Giberélico y del Preenfriamiento sobre la Ruptura del Reposo en Semilla de Salvia (*Salvia splendens*). *Agronomía Costarricense*. 11 (1): 89-95.
- Fernández, G. y Johnston, M. 1986. *Fisiología Vegetal Experimental*. 1ª ed. San José, CR, IICA. 412 p.
- García, E. 1996. *Anatomía y Fisiología Vegetal: Antología*. San José, CR, EUNED. 192 p.
- Herrera, J., Chinchilla, C. y Esquivel, J. 1981. Efecto de Algunas Sustancias Químicas sobre el Periodo de Reposo y el Rendimiento de Cuatro Cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Costarricense*. 5 (1/2): 103-107.
- Herrera, V. y Herrera, J. 1985. Efecto de Tratamientos Químicos y Periodos de Almacenamiento en la Interrupción del Reposo en Tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atzimba. *Agronomía Costarricense*. 9 (2): 121-126.
- Hunault, G. & Maatar, A. 1995. Enhancement of Somatic Embryogenesis Frequency by Gibberellic Acid in Fennel. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 41: 171-176.
- IICA. 1984. MEMORIA: II Curso de cultivo de tejidos. Turrialba, CR, CATIE. 124 p.
- Jankiewicz, LS. 2003. *Reguladores del Crecimiento, Desarrollo y Resistencia en Plantas*. 1ª ed. México DF. México, Mundi – Prensa México S.A. 487p.
- Jaramillo, R. 1982. Las principales características morfológicas del fruto del banano, variedad Cavendish Gigante (*Musa aaa*) en Costa Rica. Ed. Gabrielli, R. Panamá, PA, Impretex S.A. 42 p.

- Kumar, D. and Reddy, BMC. 1998. Effect of Growth Substances on Fruit Size, Yield and Quality of Banana. *Envirommens & Ecology*. 16 (4): 937-939.
- Lahav, E. y Grottreich, M. 1984. The effect of growth hormones on bananas: A review. *Plant Growth Regulation*. 2 (3): 15-30.
- León Quirós, JR. 1997. Efecto del nivel freático sobre parámetros de producción en el cultivo de banano (*Musa AAA, Clon Gran Enano*). Práctica de Especialidad. Santa Clara, CR: ITCR. Facultad de Agronomía. 37 p.
- Lockard, RG. 1975. The Effect of Growth Inhibitors and Promoter on the Growth, Flowering and Fruit size of Banana Plants. *Malays Agriculture Research* 4 (1): 19-29.
- Mahhou, A., Alahoui, H. & Jadari, R. 2003. Effects de la Cyanamide Hydrogène et de L`Acide Gibbérellique Sur la Levée de Dormance du Pommier 'Dorsett Golden`au Sud du Maroc. *Fruits*. 58 (4): 229-238.
- Martínez Venegas, F. 1997. Manejo Agronómico para la Expansión de una Plantación de Banano Clon "Gran Enano" (*Musa AAA*) en Finca Acumi, 4 Millas, Matina, Limón. Práctica de Especialidad. Santa Clara, CR: ITCR. Departamento de Agronomía. 57 p.
- Mishra, SD., Desab, BM. and Gaur, BK. 1981. Effect of Gibberellic Acid Spraying on Banana Fruit Development. *Current Science*. 50 (6): 275-277.
- Nito, N. y Iwamasa, M. 1990. In vitro plantlet formation from juice vesicle callus of satsuma (*Citrus unshiu* Marc.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 20: 137-140.
- Núñez Álvarez, R. 1987. El Cultivo del Banano. (en línea). Consultado 25 mayo 2008. Disponible en

[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles\\_producto/banano.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_producto/banano.pdf)

- Ortiz Vega, RA; López Morales, A; Ponchner Geller, S; Segura Monge, A. 2001. El cultivo del Banano. San José, CR, EUNED. 187 p.
- Pardo Tassies, J. 1983. El cultivo del Banano. 1<sup>er</sup> ed. San José, CR, EUNED. 73 p.
- Robinson, JC. 1999. Bananas and Plantains. New York, US, CAB International. 238 p.
- Salisbury, FB; Ross, CW. 2000. Fisiología de las Plantas 3: Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Trads. JM Alonso. 2<sup>a</sup> ed. Madrid, ES, Parainfo S.A. 988 p.
- Sandoval, J. 1998. Evaluación del Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>) para Estimular el Crecimiento de Plantas de Banano (*Musa AAA*) con Sofocamiento Foliar. Observaciones Sobre su Efecto en el Desarrollo del Fruto. CORBANA 23 (49): 77-84.
- Sandoval, J., Pérez, L. y López, A. 1999. Aspectos Relacionados con la Obstrucción, Sofocamiento Foliar o Arrepollamiento. CORBANA 25 (52): 189-196.
- Satyanarayana, M. 1985. Effect of Growth Hormones on Fruit Improvement of Chakrakeli (Raja Bale, AAA) banana. Banana Newsletter. 8: 12-23.
- Simmonds, N. 1973. Los Plátanos. Ed. Blume. Barcelona, España. 539 p.
- Soto Ballester, M. 1992. BANANOS: Cultivo y comercialización. 2<sup>a</sup> ed. San José, CR, LIL S.A. 674 p.

Turner, DW. 1972. Banana plant growth. I. Gross morphology. II. Dry matter production, leaf area and growth analysis. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 12 (55): 209-224.

Vargas, A. y Acuña, P. 2002. Respuesta de Plantas de Plátano (*Musa* AAB, CV. Falso Cuerno Semigigante) Atrasadas en Crecimiento a la Aplicación de Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>). CORBANA 28 (55): 57-70.

## 8. ANEXOS

Año	2008												2009			
Mes	Octubre			Noviembre					Diciembre				Enero			
Semana	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3
Actividad	Marcado	Aplicación	Aplicación													
	1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	5 sem	6 sem	7 sem	8 sem	9 sem	10 sem	11 sem	12 sem	13 sem			
			D													
	Marcado	Aplicación														
	1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	5 sem	6 sem	7 sem	8 sem	9 sem	10 sem	11 sem	12 sem	13 sem			
			D													
				Marcado	Aplicación											
				1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	5 sem	6 sem	7 sem	8 sem	9 sem	10 sem	11 sem	12 sem	13 sem
						D										

Figura A1. Cronograma de actividades.



Figura A2. Distribución de la gota de caldo en aplicación con moto bomba.



Figura A3. Registro en el pinzote de la planta seleccionada.



Figura A4. Aseguración de la aceleración de la motobomba.



Figura A5. Boquilla de aplicación.

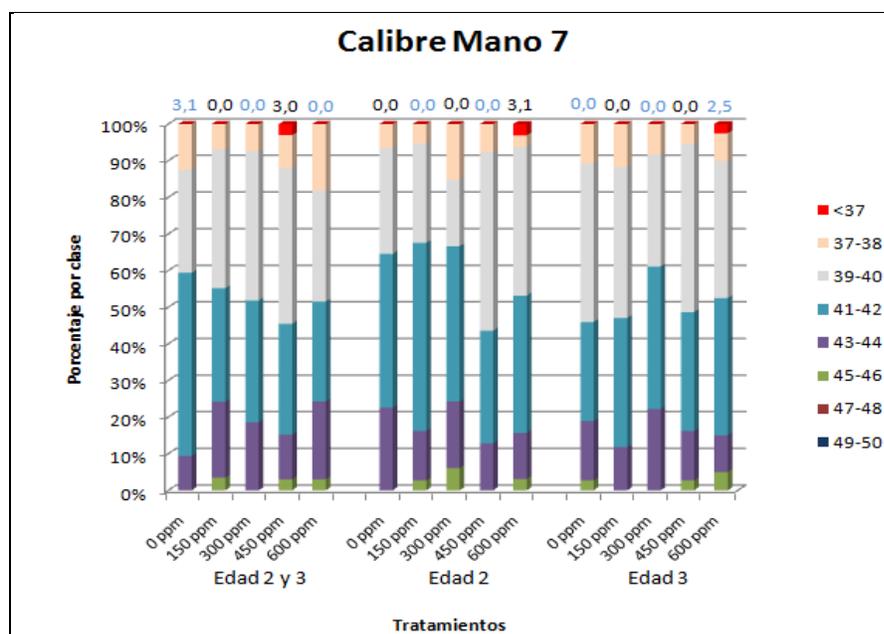


Figura A6. Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano siete en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

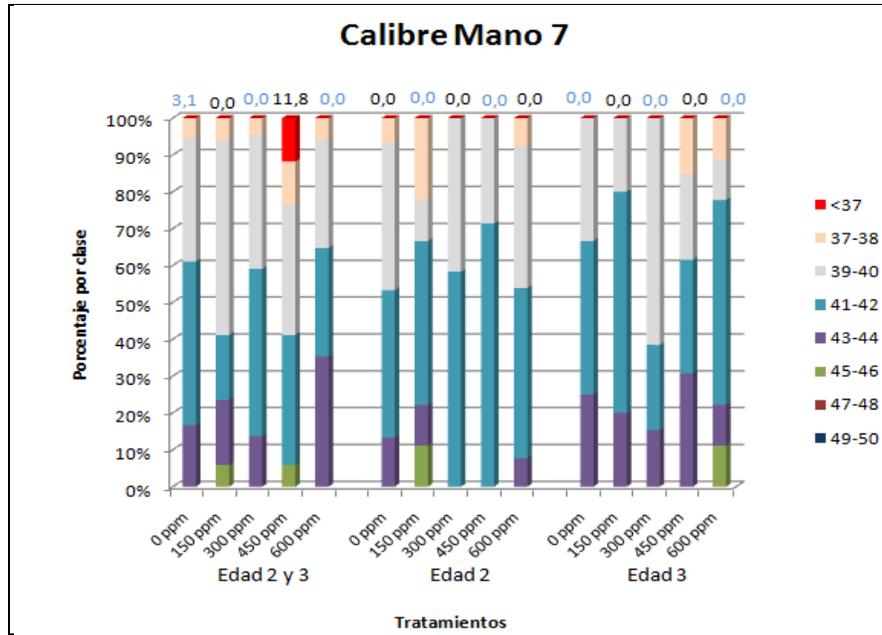


Figura A7. Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano siete en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

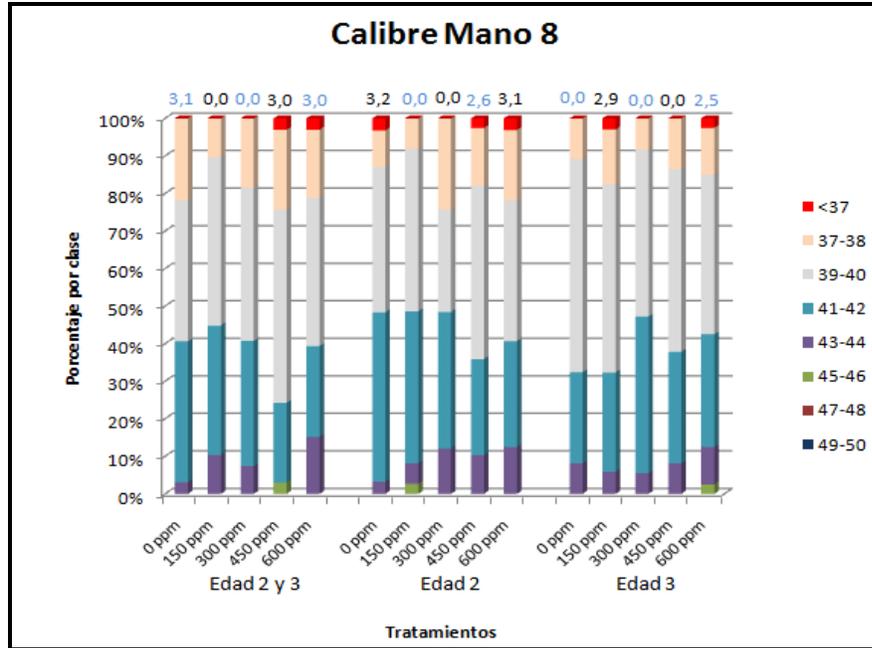


Figura A8. Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano ocho en racimos de ocho manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

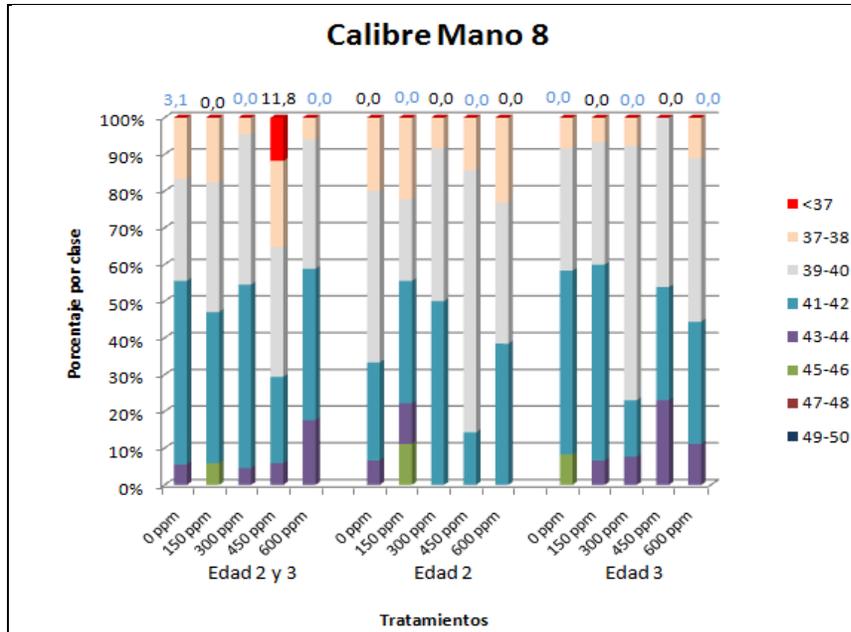


Figura A9. Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano ocho en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

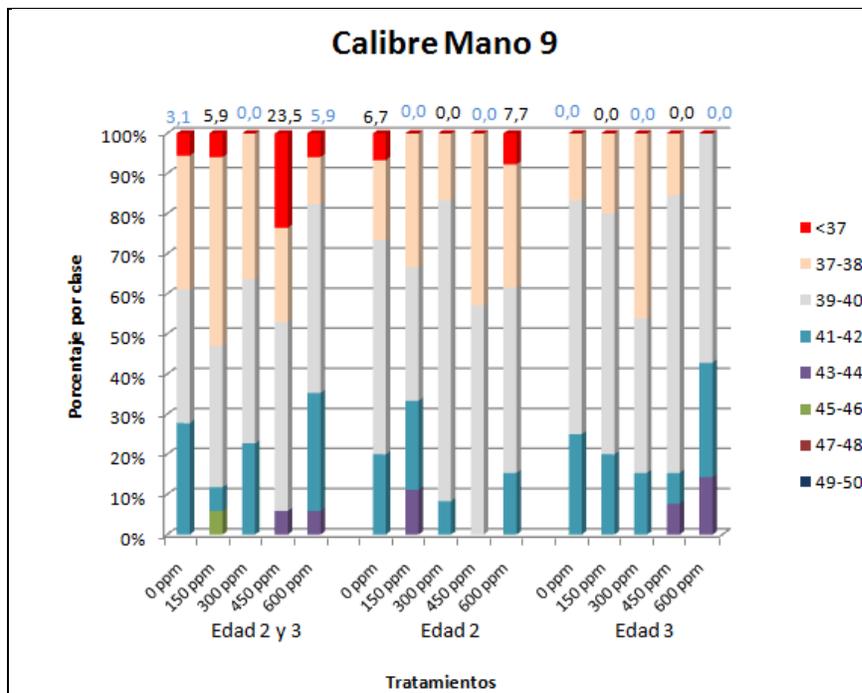


Figura A10. Comportamiento porcentual por categorías de calibres de la mano nueve en racimos de nueve manos (Río Frío, Sarapiquí, 2008- 2009).

Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable circunferencia (cms) en racimos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Circunferencia	513	0,06	0,06	6,13

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	307,79	2	153,90	17,22	<0,0001
Edad	307,79	2	153,90	17,22	<0,0001
Error	4558,05	510	8,94		
Total	4865,84	512			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,77137**

Error: 8,9374 gl: 510

Edad	Medias	n	
2y3	47,72	156	A
3	48,88	185	B
2	49,66	172	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable altura (cms) en racimos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	513	0,04	0,04	6,60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4911,68	2	2455,84	11,57	<0,0001
Edad	4911,68	2	2455,84	11,57	<0,0001
Error	108227,89	510	212,21		
Total	113139,57	512			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=3,75875**

Error: 212,2116 gl: 510

Edad	Medias	n	
2y3	216,76	156	A
2	220,73	172	B
3	224,38	185	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A3. Análisis de varianza para el número de hojas iniciales en racimos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas Inicio	513	0,02	0,01	8,97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,80	2	4,90	4,54	0,0111
Edad	9,80	2	4,90	4,54	0,0111
Error	550,76	510	1,08		
Total	560,56	512			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,26814**

Error: 1,0799 gl: 510

Edad	Medias	n		
2y3	11,40	156	A	
3	11,58	185	A	B
2	11,75	172		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A4. Análisis de varianza para el número de hojas finales en racimos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas Final	513	0,18	0,18	13,89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	94,23	2	47,12	56,19	<0,0001
Edad	94,23	2	47,12	56,19	<0,0001
Error	427,62	510	0,84		
Total	521,85	512			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,23627**

Error: 0,8385 gl: 510

Edad	Medias	n		
2y3	6,03	156	A	
3	6,60	185		B
2	7,10	172		C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable circunferencia (cms) en racimos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Circunferencia	209	0,02	0,01	5,45

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,44	2	16,22	2,05	0,1313
Edad	32,44	2	16,22	2,05	0,1313
Error	1629,60	206	7,91		
Total	1662,04	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=1,14851**

Error: 7,9107 gl: 206

Edad	Medias	n	
2y3	51,27	91	A
3	51,52	62	A
2	52,23	56	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable altura (cms) en racimos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	209	0,01	3,4E-03	5,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	479,11	2	239,55	1,36	0,2597
Edad	479,11	2	239,55	1,36	0,2597
Error	36358,45	206	176,50		
Total	36837,56	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=5,42495**

Error: 176,4973 gl: 206

Edad	Medias	n	
2y3	230,49	91	A
2	233,21	56	A
3	233,79	62	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A7. Análisis de varianza para el número de hojas iniciales en racimos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas Iniciales	209	4,1E-03	0,00	8,89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,97	2	0,48	0,43	0,6524
Edad	0,97	2	0,48	0,43	0,6524
Error	232,56	206	1,13		
Total	233,52	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,43387**

Error: 1,1289 gl: 206

Edad	Medias	n	
2	11,86	56	A
3	11,94	62	A
2y3	12,02	91	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A8. Análisis de varianza para el número de hojas finales en racimos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hojas Finales	209	0,17	0,16	14,78

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,02	2	19,01	20,85	<0,0001
Edad	38,02	2	19,01	20,85	<0,0001
Error	187,88	206	0,91		
Total	225,90	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,38997**

Error: 0,9120 gl: 206

Edad	Medias	n	
2y3	5,98	91	A
3	6,76	62	B
2	6,91	56	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Cuadro A9. Análisis de varianza para peso (kg) del fruto en racimos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso	513	0,02	0,00	14,85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	127,13	14	9,08	0,91	0,5527
Edad	69,28	2	34,64	3,45	0,0323
Tratamiento	14,43	4	3,61	0,36	0,8373
Edad*Tratamiento	43,42	8	5,43	0,54	0,8255
Error	4993,42	498	10,03		
Total	5120,55	512			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=0,81727**

Error: 10,0269 gl: 498

Edad	Medias	n	
2y3	20,97	154	A
3	21,14	186	A B
2	21,82	173	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=1,23137**

Error: 10,0269 gl: 498

Tratamiento	Medias	n	
1,00	21,13	106	A
5,00	21,15	107	A
4,00	21,31	95	A
2,00	21,38	100	A
3,00	21,60	105	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=2,67807**

Error: 10,0269 gl: 498

Edad	Tratamiento	Medias	n	
3	2,00	20,53	37	A
2y3	5,00	20,53	32	A
2y3	1,00	20,66	32	A
3	1,00	20,85	34	A
2y3	4,00	20,86	28	A
2y3	3,00	21,18	32	A
3	4,00	21,30	36	A
3	5,00	21,36	38	A
2	5,00	21,55	37	A
2y3	2,00	21,65	30	A
3	3,00	21,68	41	A
2	4,00	21,77	31	A
2	1,00	21,88	40	A
2	3,00	21,95	32	A
2	2,00	21,97	33	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Cuadro A10. Análisis de varianza para peso (kg) del fruto en racimos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso	209	0,05	0,00	13,40

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	111,68	14	7,98	0,71	0,7660
Edad	5,07	2	2,54	0,22	0,7990
Tratamiento	65,46	4	16,37	1,45	0,2190
Edad*Tratamiento	41,15	8	5,14	0,46	0,8858
Error	2189,23	194	11,28		
Total	2300,91	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=1,37220**

Error: 11,2847 gl: 194

Edad	Medias	n	
2y3	24,94	91	A
3	25,08	63	A
2	25,33	55	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=2,04884**

Error: 11,2847 gl: 194

Tratamiento	Medias	n	
4,00	24,42	46	A
3,00	24,57	40	A
1,00	24,99	41	A
2,00	25,74	45	A
5,00	25,86	37	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=4,54213**

Error: 11,2847 gl: 194

Edad	Tratamiento	Medias	n	
2y3	4,00	23,50	22	A
3	3,00	24,13	13	A
2	3,00	24,41	9	A
2y3	1,00	24,67	17	A
3	4,00	24,76	12	A
3	1,00	24,83	9	A
2	4,00	25,00	12	A
2y3	3,00	25,18	18	A
3	2,00	25,30	15	A
2	5,00	25,42	6	A
2	1,00	25,48	15	A
2y3	2,00	25,57	17	A
2y3	5,00	25,77	17	A
2	2,00	26,35	13	A
3	5,00	26,39	14	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Cuadro A11. Análisis de varianza para la sumatoria de longitud (cms) de los dedos  
centrales en frutos con ocho manos.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria	510	0,04	0,02	4,94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1744,92	14	124,64	1,56	0,0853
Edad	1014,47	2	507,23	6,37	0,0019
Tratamiento	142,99	4	35,75	0,45	0,7734
Edad*Tratamiento	587,46	8	73,43	0,92	0,4981
Error	39445,77	495	79,69		
Total	41190,69	509			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=2,31038**

Error: 79,6884 gl: 495

Edad	Medias	n	
3	178,85	184	A
2y3	180,53	154	A B
2	182,31	172	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=3,48374**

Error: 79,6884 gl: 495

Tratamiento	Medias	n	
1,00	179,85	102	A
2,00	180,24	96	A
3,00	180,77	109	A
4,00	180,86	93	A
5,00	181,10	110	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=7,57132**

Error: 79,6884 gl: 495

Edad	Tratamiento	Medias	n	
3	1,00	176,72	37	A
3	2,00	176,85	36	A
3	3,00	179,38	37	A
2y3	1,00	179,51	32	A
2y3	4,00	180,01	27	A
3	4,00	180,32	34	A
2y3	5,00	180,54	33	A
2y3	3,00	180,56	33	A
3	5,00	180,97	40	A
2	5,00	181,80	37	A
2	2,00	181,83	31	A
2y3	2,00	182,03	29	A
2	4,00	182,25	32	A
2	3,00	182,36	39	A
2	1,00	183,33	33	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Cuadro A12. Análisis de varianza para la sumatoria de longitud (cms) de los dedos centrales en frutos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria	209	0,12	0,06	4,35

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2130,44	14	152,17	1,94	0,0244
Edad	429,56	2	214,78	2,74	0,0672
Tratamiento	1030,25	4	257,56	3,28	0,0124
Edad*Tratamiento	670,63	8	83,83	1,07	0,3865
Error	15214,40	194	78,42		
Total	17344,84	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=3,61620**

Error: 78,4248 gl: 194

Edad	Medias	n	
3	201,59	62	A
2	204,10	56	A
2y3	204,61	91	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=5,40050**

Error: 78,4248 gl: 194

Tratamiento	Medias	n		
1,00	201,29	41	A	
3,00	201,81	42	A	
4,00	201,83	47	A	
2,00	204,35	42	A	B
5,00	207,88	37		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=11,94216**

Error: 78,4248 gl: 194

Edad	Tratamiento	Medias	n		
3	1,00	197,05	9	A	
3	3,00	198,58	15	A	
2	4,00	200,09	12	A	B
2y3	4,00	201,37	22	A	B
2	3,00	202,02	9	A	B
3	2,00	202,41	12	A	B
2	1,00	202,47	15	A	B
3	4,00	204,05	13	A	B
2y3	1,00	204,36	17	A	B
2y3	3,00	204,85	18	A	B
2	2,00	205,10	13	A	B
2y3	2,00	205,53	17	A	B
3	5,00	205,88	13	A	B
2y3	5,00	206,94	17	A	B
2	5,00	210,83	7		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Cuadro A13. Análisis de varianza para la sumatoria de calibre (1/32 pulgada) de los dedos centrales en frutos con ocho manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria	510	0,02	0,00	3,82

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2040,12	14	145,72	0,87	0,5925
Edad	934,31	2	467,15	2,79	0,0625
Tratamiento	506,75	4	126,69	0,76	0,5543
Edad*Tratamiento	599,07	8	74,88	0,45	0,8926
Error	82951,18	495	167,58		
Total	84991,30	509			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=3,35038**

Error: 167,5781 gl: 495

Edad	Medias	n	
3	337,60	184	A
2y3	339,23	154	A
2	340,94	172	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=5,05192**

Error: 167,5781 gl: 495

Tratamiento	Medias	n	
4,00	337,76	93	A
5,00	338,60	110	A
2,00	339,47	96	A
1,00	339,84	102	A
3,00	340,61	109	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=10,97950**

Error: 167,5781 gl: 495

Edad	Tratamiento	Medias	n	
3	2,00	335,35	36	A
2y3	4,00	336,70	27	A
3	5,00	337,55	40	A
3	4,00	337,86	34	A
3	1,00	337,95	37	A
2y3	5,00	338,61	33	A
2	4,00	338,72	32	A
3	3,00	339,31	37	A
2y3	3,00	339,44	33	A
2	5,00	339,66	37	A
2y3	1,00	339,88	32	A
2	2,00	341,51	31	A
2y3	2,00	341,55	29	A
2	1,00	341,71	33	A
2	3,00	343,09	39	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Cuadro A14. Análisis de varianza para la sumatoria de calibre (1/32 pulgada) de los dedos centrales en frutos con nueve manos.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria	209	0,06	0,00	3,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2299,33	14	164,24	0,83	0,6373
Edad	173,56	2	86,78	0,44	0,6460
Tratamiento	598,39	4	149,60	0,75	0,5559
Edad*Tratamiento	1527,38	8	190,92	0,96	0,4659
Error	38443,45	194	198,16		
Total	40742,78	208			

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=5,74826**

Error: 198,1621 gl: 194

Edad	Medias	n	
2	376,84	56	A
3	377,74	62	A
2y3	378,94	91	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=8,58455**

Error: 198,1621 gl: 194

Tratamiento	Medias	n	
4,00	375,29	47	A
3,00	377,03	42	A
1,00	377,94	41	A
5,00	379,25	37	A
2,00	379,67	42	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Test: Tukey Alfa:=0,05 DMS:=18,98308**

Error: 198,1621 gl: 194

Edad	Tratamiento	Medias	n	
2y3	4,00	371,41	22	A
3	3,00	373,54	15	A
2	4,00	374,00	12	A
2	5,00	376,00	7	A
2	1,00	376,07	15	A
2	3,00	377,33	9	A
3	5,00	377,33	13	A
3	1,00	377,75	9	A
2y3	2,00	378,65	17	A
3	2,00	379,60	12	A
2y3	1,00	380,00	17	A
2y3	3,00	380,23	18	A
3	4,00	380,46	13	A
2	2,00	380,78	13	A
2y3	5,00	384,41	17	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)