

**CITOQUININA Y GIBERELINAS INCREMENTAN EL CRECIMIENTO DE
PLANTAS JÓVENES DE ACHACHAIRÚ (*Garcinia gardneriana*)**

Por

Nalia Janeth Gonzales Centeno

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado

MAESTRO EN CIENCIAS

en

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2014

Aprobado por:

Rosa N. Chávez Jáuregui, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Linda Wessel-Beaver, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

M. Julio Barragán Arce Ph.D.
Co-presidente, Comité Graduado

Fecha

Feiko H. Ferwerda, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Duane A. Kolterman, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph. D.
Director de Departamento

Fecha

ABSTRACT

Achachairú (*Garcinia gardneriana*) is an exotic fruit tree of South American origin that is characterized by having a slow vegetative development. From seed, there is an average delay of 7 to 8 years before fruit production. The use of growth regulators might be a means of accelerating the growth of young plants. In this study, the effects of 6-benziladenine (BA) and the gibberellins GA₃ and GA₄₊₇ were evaluated. The growth regulators (GR) were applied alone or in combination at low and high doses in three-month old achachairú seedlings. Applications of GR were continued every two weeks for 5 months. The use of gibberellins alone was more effective than BA alone. Plants treated only with gibberellins initiated their first flush in less time, had a great number of flushes, had more and longer internodes, were taller, and had thicker stems. There were few differences between plants treated with GA₃ or GA₄₊₇. The low dose of GA₄₊₇ and the high dose of GA₃ + GA₄₊₇ + BA were more effective than other treatments, beginning as early as 28 days after the first application. Plants with these treatments had a greater number of leaves per flush, total number of leaves, number of branches, plant height, internode length and branch length, and a shorter time to branching. In a second experiment seeds of achachairú, with and without the testa removed, were treated with 0, 250 or 500 m/L of GA₃. Plant height, stem diameter, internode length and number of leaves were greater in plants from seeds with the testa removed. Plant height and internode length was greater in plants from seeds treated with the high dose of GA₃. In general, the application of gibberellins, either to seeds or to seedlings, shows promise as a technique for accelerating early growth in achachairú.

RESUMEN

El achachairú (*Garcinia gardneriana*) es un frutal exótico de origen sudamericano que se caracteriza por tener un desarrollo vegetativo lento. A partir de semilla, en promedio tarda 7 - 8 años para entrar a la etapa de producción. Una de las alternativas para acelerar el crecimiento de plantas jóvenes es el uso de reguladores de crecimiento (RC). En este estudio se evaluaron los efectos de 6-benciladenina (BA) y las giberelinas GA₃ y GA₄₊₇, aplicados solos o en combinación, a dosis baja y alta, en plantas de achachairú de tres meses de edad. Los RC se aplicaron cada dos semanas durante cinco meses. El uso de giberelinas solas fue más efectivo que BA sola. Con la aplicación de giberelinas, se observó una apertura de hojas en menor tiempo, mayor número de entrenudos y apertura de hojas, plantas más altas, mayor diámetro de tallo y longitud de entrenudos más largos. No hubo mucha diferencia en el crecimiento entre plantas tratadas con GA₃ o GA₄₊₇. La dosis baja de GA₄₊₇ y dosis alta de GA₃ + GA₄₊₇ + BA fueron más efectivos que los demás tratamientos empezando a los 28 días después de la primera aplicación. Plantas con esos tratamientos mostraron mayor incremento en el número de hojas por apertura, el número total de hojas inducidas, el número de ramas, la altura de planta, el largo de entrenudos y el largo de ramas, mientras que, el tiempo a la apertura de ramas fue menor. En un segundo experimento, se realizó pretratamiento de semillas de achachairú con y sin testa y luego tratadas con 0, 250 y 500 mg/L de GA₃. La altura, diámetro de tallos, longitud de entrenudos y número de hojas fue mayor en plantas de semilla sin testa. La altura de planta y la longitud de entrenudos resultaron ser mayores en semillas tratadas con la dosis alta de GA₃. En general, el uso de giberelinas, ya sea en semillas o plántulas, se muestra prometedor como una técnica para acelerar el crecimiento temprano en achachairú.

DEDICATORIA

A mis Padres Adalberto Gonzales Valencia y Maximina Centeno Jara por el sacrificio, esfuerzo y apoyo incondicional durante mi desarrollo personal y profesional. Quienes con humildad y sencillez me enseñaron valores morales y éticos, pilares que han guiado mi vida e hicieron de mí una mejor persona.

A Joaquín M. Valencia Bravo por ser un excelente compañero de vida, quien estuvo a mi lado en los momentos difíciles durante el desarrollo de mis estudios de maestría, brindándome apoyo emocional e incondicional.

Para ellos, con mucho cariño les dedico este trabajo.

Nalia Janeth Gonzales Centeno.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de realizar este estudio y ser mi apoyo espiritual en todo momento.

Al presidente de mi comité, Dr. Feiko Ferwerda por haber aceptado ser mi mentor en esta investigación. Le agradezco por el apoyo brindado en todo momento, por sus consejos atinados, por inspirarme seguridad y confianza.

A mi co-presidente, Dr. M. Julio Barragán Arce, gracias por la confianza depositada y darme la oportunidad de realizar esta investigación. Por sus consejos y la aportación brindada durante el desarrollo de mi investigación.

A la Dra. Linda Beaver, por ser parte de mi comité, mi eterno agradecimiento por su apoyo proporcionado en esta investigación, por el empeño y dedicación puesta en las correcciones que han permitido una mejor presentación de esta tesis. Gracias por sus consejos y ayuda brindada en los momentos de dificultad.

A la Dra. Rosa Chávez por su apoyo y colaboración en esta investigación.

Al representante de Estudio Graduados, Dr. Duane A. Kolterman gracias por las correcciones realizadas a esta tesis.

Al proyecto H - 94 Z - USDA por financiar este proyecto de investigación.

A la Universidad de Puerto Rico por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar estudios de maestría.

A la MSc. María del Rocío Suárez por su colaboración, por darme las facilidades de uso del laboratorio, por sus consejos, sugerencias y brindarme su amistad.

Al ex director del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Dr. Hipólito O'Farrill-Nieves por el apoyo que me brindó y sus palabras alentadoras.

Al Sr. Felipe Osborne, por su gran colaboración en esta investigación.

Al administrador de la finca Alzamora, Sr. José A. Muñoz por brindarnos su apoyo y facilidades para el desarrollo de esta investigación.

Al personal del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales en especial a la Sra. Floripe Cancel, Sra. Norma García, Sra. Evelyn Roselló y Sra. Gloria Aguilar.

A Isabella Barragán y Camila Barragán por su ayuda brindada en la instalación de los experimentos.

A mis compañeros Leonardo Marrero, Jesús Espinosa, Virgilio Olivera, Dayanna Estades por brindarme su amistad y su apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT	II
RESUMEN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Descripción de la planta.....	3
2.1.1. Taxonomía y botánica	3
2.1.2. Agroecología.....	4
2.2. Reguladores de crecimiento.....	4
2.2.1. Auxinas	4
2.2.2. Giberelinas	5
2.2.3. Citoquinina.....	6
2.2.4. Aplicaciones de reguladores de crecimientos en plantas.....	6
3. EXPERIMENTO 1.....	11
3.1. Objetivo.....	11
3.2. Materiales y métodos	12
3.2.1. Material vegetal.....	12
3.2.2. Tratamientos y diseño experimental.....	12
3.2.3. Evaluaciones	16
3.2.4. Análisis estadístico de datos	17
3.3. Resultados	18
3.3.1. Días a la apertura de hojas	18
3.3.2. Número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas.....	20
3.3.3. Altura de planta.....	24
3.3.4. Diámetro de tallo.....	30
3.3.5. Longitud de entrenudos	33
3.3.6. Número de entrenudos.....	37
3.3.7. Días a la apertura de ramas	40
3.3.8. Largo de ramas.....	42
3.3.9. Número de ramas	46
3.4. Discusión	49

4. EXPERIMENTO 2.....	52
4.1. Objetivo.....	52
4.2. Materiales y métodos.....	53
4.2.1. Material vegetal.....	53
4.2.2. Tratamiento y diseño experimental.....	53
4.2.3. Evaluaciones.....	54
4.2.4. Análisis estadístico de datos.....	55
4.3. Resultados.....	55
4.3.1. Porcentaje de emergencia.....	55
4.3.2. Altura de plántula.....	55
4.3.3. Diámetro de tallo.....	56
4.3.4. Longitud de entrenudo.....	56
4.3.5. Número de entrenudo.....	56
4.3.6. Número de hojas.....	57
4.4. Discusión.....	59
5. CONCLUSIONES.....	60
6. LITERATURA CITADA.....	62
7. APÉNDICE.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Reguladores de crecimiento asperjados a plantas de achachairú (mg/L)	14
Tabla 2. Medias de días a la apertura de hojas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ y GA ₄₊₇ aplicados solos o combinados.....	19
Tabla 3. Contrastes comparando medias de días a la apertura de hojas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ y GA ₄₊₇ aplicados solos o combinados	20
Tabla 4. Medias de número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	22
Tabla 5. Contrastes comparando medias de número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	23
Tabla 6. Medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	26
Tabla 7. Contrastes comparando medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	27
Tabla 8. Medias de diámetro de tallo, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	31
Tabla 9. Contrastes comparando medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	32
Tabla 10. Medias de longitud de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	35
Tabla 11. Contrastes comparando medias de longitud de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	36

Tabla 12. Medias de número de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	38
Tabla 13. Contrastes comparando medias de número de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	39
Tabla 14. Medias de días a la apertura de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ y GA ₄₊₇ aplicados solos o combinados.....	41
Tabla 15. Contrastes comparando medias de días a la apertura de ramas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ y GA ₄₊₇ aplicados solos o combinados.....	42
Tabla 16. Medias de longitud de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación.....	44
Tabla 17. Contrastes comparando medias de longitud de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	45
Tabla 18. Contrastes comparando medias de número de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	47
Tabla 19. Contrastes comparando medias de número de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA ₃ , GA ₄₊₇ aplicados solos o en combinación	48
Tabla 20. Tratamiento con diferentes dosis de GA ₃ en semillas de achachairú con y sin testa	54
Tabla 21. Efecto de dosis de GA ₃ y semilla con y sin testa sobre el porcentaje de germinación, altura de plántula, diámetro, longitud de entrenudo, número de entrenudo y número de hojas de plántulas de achachairú	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del experimento. Cada unidad experimental consistió de dos plantas de achachairú.....	15
Figura 2. Efecto de BA, GA ₃ , GA ₄₊₇ y GA ₃ + BA a dosis baja y alta en plantas de achachairú.....	28
Figura 3. Efecto de GA ₄₊₇ + BA, y GA ₃ + GA ₄₊₇ , GA ₃ + GA ₄₊₇ + BA a dosis baja y alta en plantas de achachairú.....	29

1. INTRODUCCIÓN

La *Garcinia gardneriana* es una planta que pertenece a la familia Clusiaceae. Comúnmente es conocida como achachairú (Bolivia) y achacha (Australia) (Lim, 2012). Es originaria de Bolivia. Está distribuida en todo el oriente boliviano, Brasil, Guyana, Panamá y el Caribe y Australia (Lim, 2012). Actualmente es más cultivada en Bolivia y su comercialización es a nivel nacional.

Esta planta se caracteriza por presentar semillas monoembrionarias y poliembrionarias con una fruta de pulpa agridulce que le hace particular. Fructifica en menos tiempo que el mangostán (*Garcinia mangostana* L.) y es una planta con un tamaño aproximado de 8-10 m de altura y un diámetro de tronco de 26-35 cm cuando llega a su estado adulto. La propagación de las plantas es por semillas, trabajos anteriores indican que su propagación por injerto no tuvieron éxito (Ardaya, 2009).

La desventaja que tienen muchos cultivos frutícolas es el largo tiempo que tardan en empezar a producir frutos. El mangostán es una planta que pertenece al mismo género de achachairú y fructifica aproximadamente entre los 10 - 15 años (Salakpetch, 2000). Ardaya (2009) menciona que las plantas de achachairú que reciben buen manejo de riego y fertilización pueden iniciar su floración a los 4 ó 5 años. Esto quiere decir que estaría produciendo frutos a los 5 ó 6 años. Este tiempo también es largo si se desea producir para la comercialización. Se conoce que la causante de este problema es el tiempo prolongado de la dormancia de yemas en esta planta al igual que otras garcinias como el mangostán. El uso de reguladores de crecimiento probablemente puede solucionar el problema del tiempo prolongado a la florecida. Actualmente no existen estudios de hormonas sobre la florecida en achachairú.

Zimmermann (1971) indica que la tasa de crecimiento de las plantas parece estar correlacionadas negativamente con la longitud del período de juvenilidad. Haciendo uso de este principio, Salakpetch (2000) estudió el impacto de varias hormonas en el crecimiento y desarrollo de plantas de mangostán. Estudios de Salakpetch (2000) en mangostán, Canli y Orham (2009) en manzana, pera y cerezo, Naeem et al. (2004) en lenteja y Little y MacDonald (2003) en pino han demostrado que plantas asperjadas con ácido giberélico (GA₃), giberelina A₄₊₇ (GA₄₊₇) y 6-benciladenina (BA) tienen un mejor desarrollo en

comparación a plantas que no reciben ningún tratamiento. Los resultados mostraron un aumento de longitud de entrenudos, número de brotes y el rompimiento de dormancia en mangostán. Se han observado que estas variables son diferentes en algunas plantas dentro de una misma especie, los cuales son atribuidas a muchos factores tanto ambientales como el estado en la que se encuentra una planta. Debido a los resultados anteriores es importante hacer un estudio de aplicaciones de hormonas en plantas de achachairú, para estudiar su posible efecto sobre el crecimiento y desarrollo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción de la planta

2.1.1. Taxonomía y botánica

La planta de achachairú (*Garcinia gardneriana*) pertenece a la familia Clusiaceae. La mayoría de las especies comestibles de esta familia son del género *Garcinia* con más de 250 especies (Stevens, 2007 y Sweeney, 2008, citado por Lim, 2012). Ardaya (2009) presentó la siguiente descripción botánica: *esta planta se caracteriza por presentar una dominancia apical y un desarrollo lento hasta alcanzar su madurez (7 - 8 años para iniciar su fructificación). A la madurez pueden llegar a medir de 8 - 10 metros de altura con una forma piramidal o cónica. El tallo es monopodial, columnar y cilíndrico con un diámetro que puede llegar hasta 35 cm, el color de tallo es verde oscuro (fase vegetativa) y marrón oscuro (fase adulta). Las hojas son opuestas, decusadas con formas elípticas y oblongas de ápice y la base agudo, y el margen es entero. Las hojas jóvenes son de color rosado, verde amarillo a marrón y las hojas maduras son verdes. Las flores son hermafroditas y masculinas (andromonoica), encontrándose en una proporción aproximada de 200:1. Los frutos son bayas de forma globosa con epicarpo coriáceo y liso de color amarillo a anaranjado. Un mesocarpio comestible que tienen sabor agridulce le hace peculiar a esta planta. Sus semillas son monoembrionicas y poliembrionicas. En la mayoría de los casos hay tres semillas presentes en un fruto: uno o dos son semillas atrofiadas o una grande y las otras pequeñas y poco viables. La floración es una vez por año. Su inicio varía de un lugar a otro. En Bolivia la floración es en los meses de agosto y septiembre, la cosecha entre noviembre y febrero (Ardaya, 2009). En Puerto Rico la cosecha se inicia en el mes de agosto (comunicación personal con el Sr. Felipe Osborne).*

2.1.2. Agroecología

En Bolivia, la planta de achachairú se encuentra como especie silvestre en la zona de bosque subtropical y tropical húmedo. Se desarrolla a una altitud de 180 a 600 m con temperaturas promedio de 23 - 26 °C y una precipitación anual de 1,400 mm y 2,000 mm (Ardaya, 2009). En el Caribe se desarrollan a una altitud de 150 a 600 m con una precipitación promedio anual de 1,400 a 2,500 mm y un pH del suelo de 4.7 - 6.6 (Lim, 2012).

2.2. Reguladores de crecimiento

2.2.1. Auxinas

La auxina fue la primera hormona vegetal en ser descubierta (Taiz y Zeiger, 2006; Moore, 1979). A finales del siglo XIX se iniciaron los estudios en fenómenos de crecimiento vegetal (Taiz y Zeiger, 2006). Charles Darwin y su hijo Francis realizaron estudios relacionados al fototropismo (Galun, 2010; Taiz y Zeiger, 2006; MacMillan, 1980). Ellos demostraron que el ápice de coleótilo del alpiste (*Phalaris canariensis*) desarrollaban en respuesta a la luz, ya que al ser iluminados de un lado, los coleótilos empezaron a mostrar una curvatura, por lo que concluyeron que el ápice de los coleótilos poseían un tipo de señal de crecimiento (Taiz y Zeiger, 2006; Moore, 1979). En 1926, Went realizó un experimento con coleótilos decapitados de avena (*Avena sativa*). Los ápices separados de los coleótilos fueron colocados en bloques de agar y los bloques de agar sin el ápice fueron colocados en los coleótilos decapitados. El resultado de este fue la elongación del coleótilo. A la sustancia que produjo este efecto Went la llamó auxina (Taiz y Zeiger, 2006). Químicamente fue identificada como ácido indol - 3- acético (IAA) (Galun, 2010). El IAA es la forma más predominante en las plantas (MacMillan, 1980; Taiz y Zeiger, 2006). Las auxinas participan en muchos procesos fisiológicos como: elongación y curvatura en coleótilos, promueven la rizogénesis, inhiben el desarrollo de yemas axilares y previene la abscisión de frutos (Kefeli y Kalevitch, 2003).

2.2.2. Giberelinas

Las giberelinas (GA) son hormonas que fueron encontrados por primera vez en el hongo *Gibberella fujikuroi* (Davies, 2010; Galun, 2010), conocido comúnmente por agricultores asiáticos como Bakaname o planta loca del arroz (Taiz y Zeiger, 2006). En la década de 1930 científicos japoneses lograron cristalizar un compuesto fúngico al que llamaron giberelina A y giberelina B, información que se conoció muchos años más tarde (Taiz y Zeiger, 2006; Hedden y Thomas, 2006). A mediados de 1950 en Gran Bretaña e Illinois encontraron las estructuras purificadas del cultivo fúngico al que llamaron "ácido giberélico" (Taiz y Zeiger, 2006). Ese mismo año en Japón lograron aislar 3 giberelinas a partir de la giberelina A original, conocidas como: GA₁, GA₂ y GA₃ (ácido giberélico) (Takahashi et al. 1955 citado por Arteca 2010). MacMillam y Takahashi (1968) establecieron una nomenclatura para las giberelinas (GA₁,...,GA_x), donde x representa un número asignado siguiendo el orden de su descubrimiento. Hasta el 2002 se contaban 126 formas de giberelinas. Después se adquirieron nuevas formas llegando hasta casi 200 formas (Galun, 2010).

En la mayoría de tejidos vegetativos, las giberelinas se encuentran a una concentración de 0.1 – 100 ng/g de peso fresco (Hedden y Phillips, 2000). GA₃ es la más disponible en el mercado por ser relativamente menos costosa en su purificación. GA₄₊₇ es una mezcla de dos giberelinas A₄ y A₇. Los hongos que la producen la sintetizan ambas juntas y su separación produce un mayor costo. A finales de 1970 la combinación de GA₄₊₇ + BA fue la primera en ser registrado para su uso en cultivos agrícolas (Carey, 2008). La principal propiedad de las giberelinas es la de estimular la elongación de brotes y tallos de las plantas en rosetas y enanas (Kefeli y Kalevitch, 2003) debido al aumento de la división celular y la elongación de las células. También promueven la germinación de semillas e inducen la floración (Taiz y Zeiger, 2006). Aplicaciones de giberelinas en guisantes enanos (*Pisum sativum*) y maíz enano (*Zea mays*) lograron alargar los tallos, mientras que en plantas genéticamente altas no tuvieron efecto.

2.2.3. Citoquinina

Las citoquininas son hormonas que se encargan de regular la división y desarrollo de células, interviniendo en la regulación de la dominancia apical y el retardo de la senescencia (Taiz y Zeiger, 2006; Davies, 2010). Además promueven el desarrollo de yemas florales aún si la planta está en dormancia (Kefeli y Kalevitch, 2003). En 1913, el fisiólogo vegetal Haberland reportó sobre una sustancia soluble en agua que podía estimular la división celular en tejido herido de tubérculo de papa (Taiz y Zeiger, 2006; Moore, 1979; Davies, 1987). Después de muchos años de estudios, en los años 1950 se descubre la citoquinina (Taiz y Zeiger, 2006). Dentro de este grupo se encuentran la quinetina, trans-zeatina, N⁶-isopentenil adenina y N⁶-bencil adenina (BA) (Hooykaas et al., 1999). La quinetina (6-furfurilaminopurina) fue la primera en ser identificada como una citoquinina (Miller et al., 1955). Fue descubierta cuando se realizó un autoclavado de ADN del esperma de arenque (*Clupea* spp.) (Galun, 2010; Taiz y Zeiger, 2006; Moore, 1979). Se observó que esta quinetina producía división celular en un cultivo de tejido de tabaco (*Nicotiana tabacum*) pero solo en presencia de la auxina. (Taiz y Zeiger, 2006). En los años 1960, se descubrió otra sustancia que fue aislada a partir de extracto del endospermo inmaduro del maíz (*Zea mays*), al que llamaron zeatina (Letham, 1963). La zeatina es otra citoquinina considerada como la primera sustancia natural que se había obtenido, cuya estructura molecular era similar al de la quinetina y tenían el mismo efecto biológico (Taiz y Zeiger, 2006). Más tarde se descubrieron otras zeatinas en muchas plantas y bacterias.

2.2.4. Aplicaciones de reguladores de crecimientos en plantas

Algunas plantas presentan dormancia prolongada en cierta etapa de su desarrollo debido a factores externos como temperaturas extremas, déficit de humedad o porque es una característica propia de la misma planta. Por ejemplo la planta de mangostán (*Garcinia mangostana* L) presenta un crecimiento muy lento durante los primeros 3 años de edad, incrementándose recién entre el quinto y octavo año (Salakpetch, 2000).

Wiebel et al. (1992) realizaron aplicación de GA₃, GA₄, GA₄₊₇, BA, NAA (ácido naftalen acético, es un tipo de auxina - otra clase de regulador de crecimiento) y una

combinación de GA₄₊₇ + BA, a yemas en dormancia de plantas de mangostán. Todas las giberelinas lograron romper la dormancia, pero GA₄₊₇ + BA fue el más efectivo, por promover el rompimiento de todas las yemas la misma semana en que fue aplicado. BA fue efectivo solo en plantas menores de 1 año. GA₃ a dosis alta aumentó el largo de entrenudos. El área foliar fue menor en todos los tratamientos respecto al control. Similar experimento fue realizado por Salakpetch (2000) en plantas de mangostán, utilizando GA₄₊₇, BA, GA₄₊₇ + BA, tiourea + dextrosa y un control. Los tratamientos con GA₄₊₇ + BA a dosis alta y GA₄₊₇ incrementaron significativamente el número de "flushes" (aperturas de nuevas hojas). En presencia de BA y en combinación con GA₄₊₇ el número de hojas por cada flush inducido fue mayor, pero el área foliar fue reducido en comparación a tiourea + dextrosa y control. Este último resultado concuerda con lo mencionado por Wiebel et al. (1992). Respecto al inicio de la emergencia de hojas no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero si fueron más prolongados a los citados por Wiebel et al. (1992).

La combinación de GA₄₊₇ y BA es muy utilizada para inducir la elongación de frutos en manzana. En plantas jóvenes, GA₄₊₇ + BA produce un incremento en el tamaño de ramas laterales, mayor ángulo de ramas y una elongación de brotes (Davies, 1987). El uso independiente de BA y GA₄₊₇ en dos clones de jujuba no tiene efecto significativo sobre longitud de brotes, número total de nudos y número de nudos por ramas. BA tiene efecto significativo sobre el total de flores en ambos clones (Prat et al., 2008). Sin embargo en plántulas de carambola (*Averrhoa carambola*) GA₄₊₇ produce mayor altura de planta, mayor diámetro de tronco y mayor longitud de entrenudo comparadas con control (Marler y Mickelbart, 1992). Además las plántulas alcanzaron su tamaño injertable a los 47 días frente a 93 días en el caso del control.

La mezcla de AG₄₊₇ es bastante usada en la producción de coníferas en América del Norte, Europa y Nueva Zelanda (Pharis y Rood, 1990). Muñoz et al. (2012) reportaron los efectos de AG₄₊₇ y el anillado de tronco en plantas de *Pseudotsuga menziesii*. Las aplicaciones de AG₄₊₇ aumentaron la longitud total y la tasa máxima de crecimiento de los brotes. El uso de dosis bajas de AG₄₊₇ aceleró la velocidad de crecimiento respecto a plantas que no recibieron AG₄₊₇ y plantas que fueron anilladas. Cada giberelina en particular tiene efectos diferentes sobre una misma especie. Little y MacDonald. (2003) observaron los efectos de seis giberelinas (GA₁, GA₃, GA₄, GA₅, GA₉ y GA₂₀) y dos auxinas (IAA y ácido naftalenacético (NAA)) en dos especies de pino (*Pinus sylvestris* L. y *Picea glauca* (Moench)

Voss). Sus resultados indican que GA₁, GA₃ y GA₄ promueven el alargamiento de los brotes en ambas especies. El desarrollo de yemas terminales en pino silvestre fue producido por GA₁, GA₃ y GA₄, mientras que en *Picea glauca* similar efecto fue producido por GA₃, GA₄ y GA₉.

Los reguladores de crecimiento tienen efectos sobre el crecimiento de la planta que pueden variar de una especie a otra, dentro de la misma especie, época en la que son utilizados, la concentración, formas de aplicación, ambiente en la que se desarrollan y la edad de la planta. Canli y Orham (2009) utilizaron GA₃ en plántulas de pera (*Pyrus comminus*), manzana (*Malus domestica*) y cerezo (*Prunus avium*) cultivadas en condiciones de campo abierto y túneles de plástico. En campo abierto, GA₃ aumentó significativamente la altura de planta de pera y cerezo. El diámetro de tallo solo fue significativo en plantas de pera; en cerezo se observó una disminución respecto a control. Las plantas de manzana no presentaron diferencias significativas ni en diámetro ni en altura respecto al control. En ambiente con túneles de plástico, la altura y diámetro de tallo de plantas de pera y cerezo fueron mayores. Diferentes resultados fueron encontrados por Mostafa y Saleh (2006) en plantas de manzano (*Malus domestica*) que fueron tratadas con GA₃ a 250 ppm. Las aspersiones foliares con GA₃ incrementaron significativamente el largo de brotes, diámetro de brotes, número de hojas, área total de hojas desarrolladas en tallos nuevos, y apertura de yemas laterales frente al control.

Las giberelinas promueven la elongación de tallos y división celular. En algunas plantas se observaron ambos efectos (Arteca, 2010). En dos cultivares de fresas tratadas con 150 ppm de GA₃ se observó un incremento en el número de hojas, longitud de peciolo, número de frutos y número de estolones. Con 0, 100 y 150 ppm hubo un aumento en el peso del fruto (Lolaei et al., 2013). En plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) GA₃ tuvo efecto significativo solo en la altura de planta (Vello et al., 2012). En otro experimento realizado en plantas de caqui (*Diospyros kaki* L.), GA₃ no tuvo efectos significativos sobre el crecimiento de plantas, pero en adición a Sitofex (citoquinina sintética derivada de fenilurea) produjo un aumento de longitud de brotes y diámetro de brotes (Fathi et al., 2011). GA₃ y N (nitrógeno) en plantas de araucaria (*Araucaria heterophylla*) aumentaron el crecimiento de las plantas comparadas con control (Gul et al., 2006). Pero GA₃ con su dosis alta promovió la máxima altura de planta, diámetro de tallo (thickness), longitud de las ramas laterales, longitud de entrenudos, longitud de raíz y diámetro de raíz, y la sobrevivencia de plantas fue

mayor (Gul et al., 2006). Sridhar (2006) encontró similares resultados, haciendo una comparación entre NAA, cytocecel, ether y GA₃ en plantas de jazmín (*Jasminum auriculatum* Vahl). Plantas tratadas con GA₃ presentaron mayor longitud del tallo, número y largo de entrenudos, largo y ancho de hojas, área total de hojas y una reducción en el número de hojas respecto a los demás tratamientos.

Las giberelinas estimulan la elongación de brotes (Takahashi et al., 1991; Galun, 2010) mediante dos procesos, la expansión celular y elongación celular (Takahashi et al., 1991). Las giberelinas no afectan el número de entrenudos (Kefeli y Kalevitch, 2003). Yaqoob et al. (2001) y Naeem et al. (2004) realizaron aplicaciones de hormonas de crecimiento a brotes de garbanzo (*Phaseolus aureus* L.) y lenteja (*Lens culinaris* Medik) respectivamente. GA₃ solo y en combinación con IAA (ácido indol-3-acético) y quinetina fue efectivo al incrementar la longitud de entrenudos, número de entrenudos, número de hojas y también promovieron el inicio temprano de floración respecto al control. El uso de GA₃ en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) antes del trasplante, produjo un aumento en altura de planta y número de ramas respecto al control. (Naeem et al., 2001). Similar resultado se observó en tres variedades de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) cultivadas en seco (Yakubu et al., 2013). En plantas de pepino (*Cucumis sativus* L. 'Tempo') GA₃ tuvo efecto sólo en el número de hojas, mientras que BA + GA₄₊₇ aumentó el tamaño de hojas, número de flores, número de frutos y rendimiento de frutos comparados con control (Batlang et al., 2006).

Diferentes formas de aplicación con GA₃ en plantas de okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) produjeron un incremento en altura de planta y número de hojas (Unamba et al. 2009; Ayyub et al. 2013; Shahid et al. 2013), mayor elongación de entrenudos y una disminución del tamaño de peciolo (Unamba et al., 2009). Con mayor número de aspersiones también se observó el aumento en longitud de vainas, y las semillas cosechadas presentaron un 99% de germinación (Ayyub et al. 2013). Algunas giberelinas combinadas con otros reguladores de crecimiento mejoran los efectos en el crecimiento de la planta. Shahid et al. (2013) observaron que la altura de planta, número de ramas, número de hojas, longitud y número de vainas en plantas de okra se incrementaron en adición de NAA que GA₃ solo. Se ha demostrado que GA₃ también provee tolerancia al medio salino en plantas de okra cuando estas fueron tratadas con NaCl (Mary y Merina, 2012). Además resulta en un incremento en longitud de tallos, raíces y área foliar.

Desde 1977, BA + GA₄₊₇ fue utilizada en la agricultura comercial (Pharis y Rood, 1990). BA es utilizado principalmente para promover las yemas laterales en plantas ornamentales. Soad et al. (2010) evaluaron los efectos de BA y GA₃ en plantas de croton (*Codiaeum variegatum*). GA₃ a 200 ppm tuvo mayor efecto sobre altura de planta, número de hojas, longitud de raíz y área foliar. Plantas tratadas con BA a 150 ppm presentaron más ramas y mayor diámetro de tallo. Se ha reportado que el uso de BA en dosis altas puede producir fitotoxicidad en la planta. Burke (2011) indicó que el uso de 30,40 y 50 µmol/mol de BA en plantas de algodón (*Gossypium hirsutum* L. y *Gossypium barbadense* L.) causan fitotoxicidad en hojas. La cantidad de 25 µmol/mol resultó ser óptimo por producir un incremento en el diámetro del hipocotilo, proliferación de raíces laterales y romper la dormancia apical.

En la literatura revisada se observa el uso de los reguladores de crecimiento en plantas de frutales como el de mangostán, manzana, pera, árboles forestales y algunas hortalizas. Pero no se han encontrado referencias relacionadas al uso de reguladores de crecimiento en plantas de achachairú. Se ha demostrado que la respuesta de las plantas puede variar grandemente dentro de una misma especie en presencia de un regulador de crecimiento. Por este motivo en el presente experimento se espera encontrar el tratamiento adecuado para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas de achachairú.

3. EXPERIMENTO 1

3.1. Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de GA₃, GA₄₊₇, BA aplicados solos o combinados en el crecimiento de plantas de achachairú (*Garcinia gardneriana*) de tres meses de edad durante cinco meses.

3.2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales de la Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. Este invernadero cuenta con un sistema automatizado de riego por aspersión y ventiladores. Para la preparación de los tratamientos se hizo uso del laboratorio de cultivo de tejidos.

3.2.1. Material vegetal

El experimento se inició con la cosecha de los frutos de achachairú en agosto del 2012 (finca machabuco, Mayagüez, Puerto Rico). Las semillas se sembraron el 22 de septiembre del mismo año en envases pequeños de polietileno (15 cm x 7 cm). Se usó una mezcla de tierra, arena y Sunshine "professional growing mix" (Sun Gro Horticulture, Canadá) a una proporción de 3:2:1 respectivamente. Las plantas se dejaron crecer en el invernadero y cuando tuvieron dos hojas desarrolladas, fueron transferidas a bolsas negras de polietileno (15 cm diámetro y 30 cm de profundidad) conteniendo sustrato en una proporción 3:3:2:1 de tierra, compost, arena y Sunshine "professional growing mix" respectivamente. Al mes después del trasplante se colocó un sarán de 47% de sombra. Los riegos se realizaron mediante un sistema automatizado (aspersión). La frecuencia de riego en la etapa de plántula fue diaria, por un tiempo de 5 minutos; después del trasplante el riego se prolongó a 10 minutos por día.

3.2.2. Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos constaron de aplicaciones individuales de giberelinas (GA_3 , GA_{4+7}) (Toku-E company, Bellingham, WA, USA) y una citoquinina 6-benciladenina (BA) (Sigma - Aldrich, St. Louis, MO, USA) a diferentes dosis y una combinación de las dos hormonas (tabla 1). Para la elección de la dosis y las hormonas se tomaron en cuenta los estudios realizado por Salakpetch (2000) y Wiebel (1992) en el cultivo de mangostán (*Garcinia mangostana* L.). Los tratamientos elegidos fueron arreglados en un diseño de bloques

completos al azar (DBCA) con cinco repeticiones. La selección de las plantas para asignar a los bloques se realizó un mes antes de aplicar los tratamientos. Se seleccionaron 150 plántulas de achachairú de dos meses de edad, tomando en cuenta el número de hojas (4 - 8 hojas) y una altura mínima de 14 cm. Estas se distribuyeron en bloques de acuerdo al número de hojas y el tamaño. Un total de 30 plantas de crecimiento parecido fue asignado a cada bloque. Dentro de cada bloque se utilizaron dos plantas por tratamiento. El primer bloque tuvo plantas de 8 hojas desarrolladas, el segundo bloque tuvo plantas de 8 hojas (el último par sin completar su desarrollo), el tercer bloque tuvo plantas con 6 hojas desarrolladas, el cuarto bloque tuvo plantas con 6 (último par sin completar su desarrollo), y el quinto bloque tuvo plantas de 4 hojas (4 desarrolladas y un brote). La aleatorización de los 15 tratamientos se especifica en la Figura 1. Antes de aplicar los tratamientos a las plantas, se prepararon las soluciones madres de giberelinas y citoquinina a una concentración de 7,000 y 1,000 mg/L respectivamente. Los tratamientos se aplicaron directamente sobre las yemas apicales con un aspersor manual cada dos semanas durante los meses de mayo - septiembre del 2013. La fertilización se realizó cada dos semanas. Se utilizó un fertilizante soluble a una concentración de 250 ppm, cuya formulación fue de: 20N - 20P₂ O₅ - 20K₂O - 0.05Mg - 0.06S - 0.02B - 0.05Cu - 0.10Fe - 0.05Mn - 0.0005Mo - 0.05Zn.

Tabla 1. Reguladores de crecimiento asperjados a plantas de achachairú (mg/L)

Código	Tratamiento	Dosis (mg/L)
T - 1	6 - benciladenina (BA)	100
T - 2	6 - benciladenina (BA)	200
T - 3	Giberelina A ₃ (GA ₃)	500
T - 4	Giberelina A ₃ (GA ₃)	1000
T - 5	Giberelina A ₄₊₇ (GA ₄₊₇)	500
T - 6	Giberelina A ₄₊₇ (GA ₄₊₇)	1000
T - 7	GA ₃ + BA	500 + 100
T - 8	GA ₃ + BA	1000 + 200
T - 9	GA ₄₊₇ + BA	500 + 100
T - 10	GA ₄₊₇ + BA	1000 + 200
T - 11	GA ₃ + GA ₄₊₇	500 + 500
T - 12	GA ₃ + GA ₄₊₇	1000 + 1000
T - 13	GA ₃ + GA ₄₊₇ + BA	500 + 500 + 100
T - 14	GA ₃ + GA ₄₊₇ + BA	1000 + 1000 + 200
T - 15	Control (agua destilada)	-

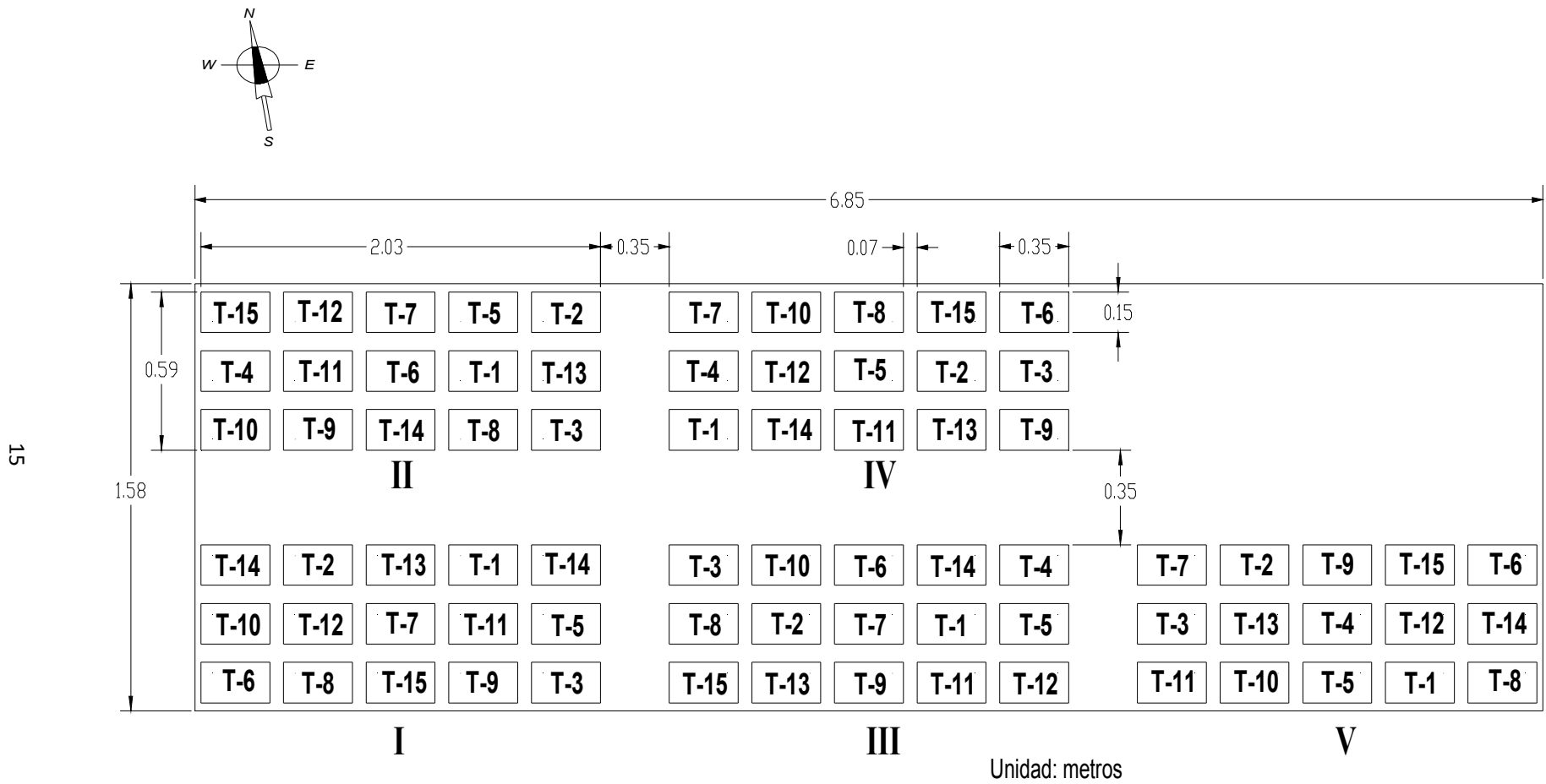


Figura 1. Croquis del experimento. Cada unidad experimental consistió de dos plantas de achachairú.

3.2.3. Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron dos días antes de cada aplicación de los tratamientos (cada 14 días). Se evaluaron las siguientes variables cuantitativas: apertura de nuevas hojas después de aplicar los tratamientos, número de veces que se produjo la apertura de hojas (flushes), número de hojas por apertura, número total de hojas inducidas (hojas producidas por efecto de los reguladores de crecimiento), altura de planta, diámetro de tallo, longitud de entrenudo, número de hojas, número de entrenudos, largo de ramas, diámetro de ramas y número de ramas. Las mediciones de estas variables se hicieron a partir de las nuevas hojas que salieron después de la aplicación de los tratamientos (entrenudos que fueron marcados con una cinta roja).

La apertura de hojas fue evaluada por observación visual todos los días desde que fueron aplicados los tratamientos. La medición de la altura de planta se hizo con una cinta métrica desde la base (el punto más cercano al cuello) hasta el último nudo de la planta. El diámetro de tallo se midió con un calíper en la parte media del primer entrenudo; estas mediciones se realizaron siempre en el mismo lugar que fueron previamente marcadas con una tinta. La longitud de los entrenudos fueron medidas individualmente y se consideraron a partir de 0.5 cm de longitud. En la medición de las ramas se consideraron aquellas del primer orden y que tuvieran una longitud mínima de 1 cm. La medición se realizó desde el punto de inserción al tallo principal hasta el último nudo.

Durante el experimento se presentaron plagas que se citan a continuación en orden de afección a la planta: ácaros, áfidos (*Myzus persicae*), chinches harinosos y queresas "*Scale insects*". Los ácaros fueron los que más causaron daños a las plantas. La presencia de estos ácaros se inició en el mes de julio. Para su control se utilizó un producto orgánico a base extracto de Neem, a una concentración de 1:100 acaricida y agua respectivamente. Este acaricida se aplicó cada 7 días hasta finalizado el experimento (16 de septiembre). Las otras plagas se presentaron ocasionalmente, su presencia no siendo mayor a tres plantas por experimento. El control se realizó manualmente y con aspersión de agua y jabón.

3.2.4. Análisis estadístico de datos

Los datos se analizaron por medio de modelos lineales generales y mixtos usando InfoStat con R. Las mediciones tomadas cada mes se consideraron como medidas repetidas. Para la comparación de las medias e interacciones se utilizaron contrastes ortogonales.

El análisis de los datos se inició ajustando modelos con distintas estructuras de covarianza, combinando estructuras de correlación residual, heteroscedasticidad residual y efectos aleatorios. Para la elección del modelo se tomó en cuenta el criterio de información bayesiana (BIC), se eligieron los modelos que mejor describieron los datos considerando el valor más bajo de BIC en cada una de las variables evaluadas.

Para encontrar el mejor modelo se empezó ajustando un modelo sencillo con pocos parámetros (parsimonioso) hasta llegar a un modelo sin estructura (menos parsimonioso) (Tabla 2). En todos los modelos se declararon como efectos fijos a bloque, tratamiento, tiempo y la interacción de tratamiento x tiempo. Para el modelo 1, en la correlación de errores se consideró errores independientes y varianzas homogéneas. El modelo 2 tuvo la misma estructura que el primero pero con varianzas heterogéneas (VarIdent) y en criterio de agrupamiento se consideró tiempo. Para el modelo 3, en correlación de errores se declaró simetría compuesta y en criterio de agrupamiento se consideró parcela, que indica que los datos provenientes de una misma parcela tienen una correlación y varianza constante en el tiempo. El modelo 4, tuvo la misma estructura que el tercero, pero se consideró varianzas heterogéneas en el tiempo. El modelo 5, en correlación de errores se eligió estructura autorregresiva de orden 1, que hace una descripción de los datos considerando el orden en que fueron tomas. Además se consideró varianzas residuales homogéneas en el tiempo. El modelo 6 tuvo la misma estructura que el modelo anterior, pero con varianzas residuales heterogéneas en el tiempo. El modelo 7 tuvo la misma estructura que el quinto, pero en este caso se adicionó el efecto aleatorio de parcela. En el modelo 8 se declararon en correlación de errores a "autorregresiva continuo de orden 1" con varianzas residuales heterogéneas en el tiempo y en efecto aleatorio a parcela. En el modelo 9 se consideró una correlación sin estructura para los datos de una misma parcela y varianzas heterogéneas. La

altura de planta fue analizada con el modelo 8, el diámetro de tallo con el modelo 5 y las demás variables con el modelo 6 (Apéndice - Tablas 1-5).

3.3. Resultados

3.3.1. Días a la apertura de hojas

En general, las plantas que recibieron un tratamiento con reguladores de crecimiento (RC) emitieron sus nuevas hojas a los 9.6 días después de la primera aplicación del RC (Tablas 2 y 3). La apertura de hojas en las plantas control tardó 16.2 días, significativamente más tiempo que las plantas con RC. Con el uso de un solo RC (BA, GA₃ y GA₄₊₇) la apertura de hojas tardó 10.4 días. Por el contrario, con el uso de combinaciones de dos o tres RC la apertura de hojas tardó 9.1 días. Plantas tratadas con GA₄₊₇ + BA exhibieron una apertura en un promedio de 8.2 días después de ser tratadas, mientras que GA₃ en combinación con BA no fue tan efectivo, resultando en una apertura de hojas 10.0 días después del tratamiento. Las plantas tratadas con giberelinas (GA₃ y GA₄₊₇) exhibieron una apertura de hojas más rápida (9.4 días) que la de BA (12.3 días). La mayoría de los contrastes de tratamiento no fueron significativos, no hubo una diferencia en días hasta la apertura de hojas al comparar dos combinaciones versus tres combinaciones de RC, tampoco se encontró diferencia entre GA₃ versus GA₄₊₇. La dosis (baja versus alta) del RC no tuvo un efecto significativo sobre la apertura de hojas, aunque la tendencia con el uso de dosis alta fue en acelerar la apertura de hojas.

Tabla 2. Medias de días a la apertura de hojas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃ y GA₄₊₇ aplicados solos o combinados

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Apertura de hojas (días ²)	
T1	BA (100)	13.1	d
T2	BA (200)	11.4	cd
T3	GA ₃ (500)	9.7	bc
T4	GA ₃ (1000)	8.9	ab
T5	GA ₄₊₇ (500)	9.4	abc
T6	GA ₄₊₇ (1000)	9.6	bc
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	10.8	bc
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	9.2	abc
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	9.0	ab
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	7.3	a
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	10.2	bc
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	8.9	ab
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	8.9	ab
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	8.6	ab
T15	Control (agua destilada)	16.2	e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher.

¹ Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L.

² Días desde la primera aplicación de RC.

Tabla 3. Contrastes comparando medias de días a la apertura de hojas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃ y GA₄₊₇ aplicados solos o combinados

Contrastes de tratamientos		Apertura de hojas (días ¹)	
Grupo 1 ²	vs. Grupo 2 ²	Grupo 1	vs. Grupo 2
Tratados con RC	Control (agua destilada)	9.6	16.2 **
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)	Combinaciones de dos, tres RC	10.4	9.1 **
Combinación de dos RC	Combinación de tres RC	9.2	8.8
GA ₃ + BA	GA ₄₊₇ + BA	10.0	8.2 *
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA	GA ₃ + GA ₄₊₇	9.1	9.6
BA	GA ₃ , GA ₄₊₇	12.3	9.4 **
GA ₃	GA ₄₊₇	9.3	9.5
BA (100)	BA (200)	13.1	11.4
GA ₃ (500)	GA ₃ (1000)	9.7	8.9
GA ₄₊₇ (500)	GA ₄₊₇ (1000)	9.4	9.6
GA ₃ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + BA (200)	10.8	9.2
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	9.0	7.3
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	10.2	8.9
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	8.9	8.6

* , ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Días desde la primera aplicación de RC.

² Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

3.3.2. Número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas

Las plantas que recibieron un tratamiento de RC produjeron un total de 7.0 aperturas de hojas después que fueron tratadas con RC (Tablas 4 y 5). Las plantas control ocasionaron 5.1 aperturas de hojas, siendo significativamente menor al número de aperturas con RC. El número de apertura de hojas fue menor cuando las plantas se trataron con un solo RC (BA, GA₃ o GA₄₊₇), con un promedio de 6.6 aperturas. Cuando se combinaron dos o tres RC se obtuvieron

7.3 aperturas de hojas, promedio significativamente menor al resultado obtenido con un solo RC. Con BA solo, se produjo 6.0 aperturas, promedio que fue significativamente menor a 7.0 aperturas producidos por GA₃ y GA₄₊₇. Entre el uso de dosis baja y alta de los RC no hubo efecto significativo sobre el número de apertura de hojas, sin embargo con la dosis alta hubo una tendencia a desarrollar mayor número de aperturas.

Las giberelinas en presencia de BA (GA₃ + BA o GA₄₊₇ + BA) produjeron 7.6 hojas por cada apertura de hojas, mientras que plantas tratadas con GA₃ + GA₄₊₇ (sin BA) solamente produjo 6.2 hojas por apertura (Tablas 4 y 5). Plantas tratadas con solo BA tuvieron 8.6 hojas, significativamente mayor que las plantas tratadas con las giberelinas (GA₃ o GA₄₊₇) que tuvieron solamente 6.0 hojas por cada apertura. Respecto al uso de dosis, BA a dosis alta obtuvo 9.7 hojas por apertura, mientras que a dosis baja hubo una producción de 7.5 hojas en cada apertura.

Las plantas tratadas con RC promovieron la producción de mayor número total de hojas, exhibiendo un promedio de 48.6 hojas, significativamente superior a 31.8 hojas registradas por las plantas control (Tablas 4 y 5). El uso individual de GA₃, GA₄₊₇ o BA fue menos efectivo, llegando a producir un total de 44 hojas, en comparación a 51.6 hojas producidas en plantas tratadas con combinaciones de dos o tres RC. Cuando las giberelinas se combinaron con BA (GA₃ + BA o GA₄₊₇ + BA) el total de hojas (56.3) fue mayor al total de hojas inducidas por ambas giberelinas (GA₃ + GA₄₊₇) (43.7 hojas). El tratamiento con solo BA promovió un total de 51.1 hojas, con el uso de GA₃ o GA₄₊₇ se alcanzó a producir 41.5 hojas en total. De los dos tratamientos con solo giberelina, GA₃ fue bueno al aumentar el número total de hojas. GA₄₊₇ solo no fue eficiente en inducir el mayor número total de hojas.

Muchas de las comparaciones entre tratamientos para número de aperturas, número de hojas por apertura y número total de hojas no fueron significativas, incluyendo la comparación de dos RC combinados versus tres RC combinados, y varias de las comparaciones de dosis baja versus dosis alta (Tabla 5).

Tabla 4. Medias de número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Número de aperturas de hojas	Número de hojas por apertura	Número total de hojas inducidas
T1	BA (100)	5.8 d	7.5 bcde	43.6 ef
T2	BA (200)	6.1 cd	9.7 a	58.6 ab
T3	GA ₃ (500)	7.0 ab	6.3 def	44.2 def
T4	GA ₃ (1000)	7.2 a	6.6 bcdef	47.4 cdef
T5	GA ₄₊₇ (500)	6.5 bc	7.5 bcde	48.6 bcdef
T6	GA ₄₊₇ (1000)	7.1 ab	3.7 g	25.8 h
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	7.4 a	7.4 bcde	54.0 bcd
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	7.6 a	8.0 b	60.4 a
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	7.4 a	7.7 bcd	56.8 abc
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	7.3 a	7.4 bcde	53.8 abcde
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	7.0 ab	5.9 f	41.0 fg
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	7.2 a	6.5 cdef	46.4 def
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	7.1 ab	5.7 f	40.4 fg
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	7.6 a	7.8 bc	59.6 a
T15	Control (agua destilada)	5.1 e	6.2 ef	31.8 gh

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher.

¹ Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 5. Contrastes comparando medias de número de apertura de hojas, número de hojas por apertura y total de hojas inducidas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Número de apertura de hojas		Número de hojas por apertura		Número total de hojas inducidas	
Grupo 1 ¹	vs. Grupo 2 ¹						
Tratados con RC	Control (agua destilada)	7.0 ²	5.1 ³ **	7.0 ²	6.2 ³	48.6 ²	31.8 ³ **
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)	Combinaciones de dos, tres RC	6.6	7.3 **	6.9	7.0	44.7	51.6 **
Combinación de dos RC	Combinación de tres RC	7.3	7.4	7.1	6.7	52.1	50.0
GA ₃ + BA	GA ₄₊₇ + BA	7.5	7.4	7.7	7.6	57.2	55.3
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA	GA ₃ + GA ₄₊₇	7.4	7.1	7.6	6.2 **	56.3	43.7 **
BA	GA ₃ , GA ₄₊₇	6.0	7.0 **	8.6	6.0 **	51.1	41.5 **
GA ₃	GA ₄₊₇	7.1	6.8	6.5	5.6	45.8	37.2 *
BA (100)	BA (200)	5.8	6.1	7.5	9.7 **	43.6	58.6 **
GA ₃ (500)	GA ₃ (1000)	7.0	7.2	6.3	6.6	44.2	47.4
GA ₄₊₇ (500)	GA ₄₊₇ (1000)	6.5	7.1	7.5	3.7 **	48.6	25.8 **
GA ₃ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + BA (200)	7.4	7.6	7.4	8.0	54.0	60.4
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	7.4	7.3	7.7	7.4	56.8	53.8
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	7.0	7.2	5.9	6.5	41.0	46.4
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	7.1	7.6	5.7	7.8 **	40.4	59.6 **

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.3.3. Altura de planta

Al comparar los valores del criterio de información bayesiana (BIC) para las estructuras ajustadas, el modelo 8 presentó el valor más bajo, $BIC = 2219.87$. En este modelo se consideró bloque, tratamiento, tiempo y tratamiento x tiempo como efectos fijos y parcela como efecto aleatorio. En el modelo se usó autorregresivo de orden 1 (corCAR1) en correlación, considerando parcela en criterio de agrupamiento. En heteroscedasticidad se eligió varianzas residuales diferentes (VarIdent) teniendo como criterio de agrupamiento a tiempo. Con el modelo seleccionado se realizaron las pruebas de hipótesis marginales, encontrándose una interacción altamente significativa entre tratamiento y tiempo. Esto quiere decir los efectos relativos de los RC variaron dependiendo del número de días después de la aplicación de RC.

En comparación con las plantas control, las plantas que recibieron un tratamiento de RC mostraron significativamente mayor altura de planta en todas las fechas evaluadas (Tabla 6 y 7). A los 140 días las plantas tratadas alcanzaron 53.3 cm mientras que las plantas control solamente midieron 35.8 cm. Plantas tratadas con solo un RC (BA, GA₃ o GA₄₊₇) midieron 49.5 cm a los 140 días, significativamente menor que plantas tratadas con combinaciones de dos o tres RC que midieron 56.1 cm. A los 140 días, las plantas tratadas con 2 RC alcanzaron 54.1 cm de altura, promoviendo ineficazmente el incremento de altura en comparación a los 62.1 cm logrados con la aplicación de 3 RC. La aplicación de GA₃ + BA y GA₄₊₇ + BA permitieron obtener alturas de hasta 51.4 cm registrada a los 140 días, siendo esta significativamente inferior a la altura de 59.6 cm con el uso de GA₄₊₇ + GA₃. Por otro lado, con el uso de giberelinas (GA₃ o GA₄₊₇) las alturas de plantas fueron significativamente mayores desde los 56 días alcanzando una altura de 55.3 cm a los 140 días en comparación a 37.8 cm obtenidas con BA solo. Las aspersiones con GA₄₊₇ a dosis baja tuvieron mayor efecto sobre la altura de planta desde los 56 días, alcanzando 61.4 cm a los 140 días. Con la dosis alta de GA₄₊₇ las plantas midieron solamente 49.8 cm a los 140 días. Plantas tratadas con GA₃ + GA₄₊₇ a dosis baja midieron 52.1 cm a los 140 días, significativamente menores que 67 cm conseguidos con la dosis alta. Durante todo el experimento la combinación de tres RC (GA₃ + GA₄₊₇ + BA) a dosis alta produjo mayor

incremento en la altura de planta, terminando con una altura de 75.6 cm a los 140 días en comparación con la altura promedio de 48.5 cm exhibido con dosis baja.

Tabla 6. Medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Altura de planta (cm)									
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)									
		28		56		84		112		140	
T1	BA (100)	18.2	st	21.7	p-t	26.4	n-t	30.7	j-t	36.0	f-q
T2	BA (200)	19.0	q-t	22.9	p-t	30.0	l-t	34.9	g-r	39.6	e-p
T3	GA ₃ (500)	20.0	q-t	29.6	m-t	41.2	e-o	49.0	b-l	53.1	a-j
T4	GA ₃ (1000)	21.8	p-t	31.5	j-t	44.4	d-n	52.6	a-j	56.9	a-g
T5	GA ₄₊₇ (500)	20.0	q-t	33.8	i-r	47.8	b-m	57.3	a-f	61.4	a-g
T6	GA ₄₊₇ (1000)	19.2	q-t	23.9	o-t	29.7	l-t	39.5	e-p	49.8	b-l
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	19.7	q-t	25.4	o-t	30.1	k-t	38.9	e-p	45.7	b-n
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	20.0	q-t	28.4	n-t	38.7	f-p	48.7	b-l	56.1	a-h
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	18.6	r-t	26.9	n-t	36.5	f-p	45.4	c-n	50.2	b-l
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	21.1	p-t	31.4	j-t	41.4	e-o	49.4	b-l	53.5	a-i
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	18.7	r-t	26.7	n-t	34.7	h-r	45.3	c-n	52.1	a-k
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	20.2	q-t	32.7	i-r	51.2	b-k	62.6	a-d	67.0	a-c
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	19.4	q-t	26.2	n-t	31.7	i-t	38.5	f-p	48.5	b-m
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	22.5	p-t	38.4	f-p	54.7	a-h	67.6	ab	75.6	a
T15	Control (agua destilada)	17.2	t	20.7	p-t	25.9	n-t	32.6	i-r	35.8	f-r

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-c corresponde a las letras abc.

¹Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 7. Contrastes comparando medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Altura de planta (cm)											
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)											
Grupo 1 ¹	vs.	Grupo 2 ¹		28		56		84		112		140	
Tratados con RC		Control (agua destilada)		19.9 ²	17.2 ³ *	28.5 ²	20.7 ³ **	38.5 ²	25.9 ³ **	47.2 ²	32.6 ³ **	53.3 ²	35.8 ³ **
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)		Combinaciones de dos, tres RC		19.7	20.0	27.2	29.5	36.6	39.9	44.0	49.6 **	49.5	56.1 **
Con dos RC		Con tres RC		19.7	20.9	28.6	32.3	38.8	43.2	48.4	53.0	54.1	62.1 *
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA		GA ₃ + GA ₄₊₇		19.8	19.4	28.0	29.7	36.7	42.9 *	45.6	54.0 **	51.4	59.6 *
GA ₃ + BA		GA ₄₊₇ + BA		19.8	19.8	26.9	29.1	34.4	39.0	43.8	47.4	50.9	51.8
BA		GA ₃ y GA ₄₊₇		18.6	20.2	22.3	29.7 **	28.2	40.8 **	32.8	49.6 **	37.8	55.3 **
GA ₃		GA ₄₊₇		20.9	19.6	30.6	28.9	42.8	38.7	50.8	48.4	55.0	55.6
BA (100)		BA (200)		18.2	19.0	21.7	22.9	26.4	30.0	30.7	34.9	36.0	39.6
GA ₃ (500)		GA ₃ (1000)		20.0	21.8	29.6	31.5	41.2	44.4	49.0	52.6	53.1	56.9
GA ₄₊₇ (500)		GA ₄₊₇ (1000)		20.0	19.2	33.8	23.9 **	47.8	29.7 **	57.3	39.5 **	61.4	49.8 *
GA ₃ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + BA (200)		19.7	20.0	25.4	28.4	30.1	38.7	38.9	48.7	45.7	56.1
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)		18.6	21.1	26.9	31.4	36.5	41.4	45.4	49.4	50.2	53.5
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)		18.7	20.2	26.7	32.7	34.7	51.2 **	45.3	62.6 **	52.1	67.0 **
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)		19.4	22.5 *	26.2	38.4 **	31.7	54.7 **	38.5	67.6 **	48.5	75.6 **

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

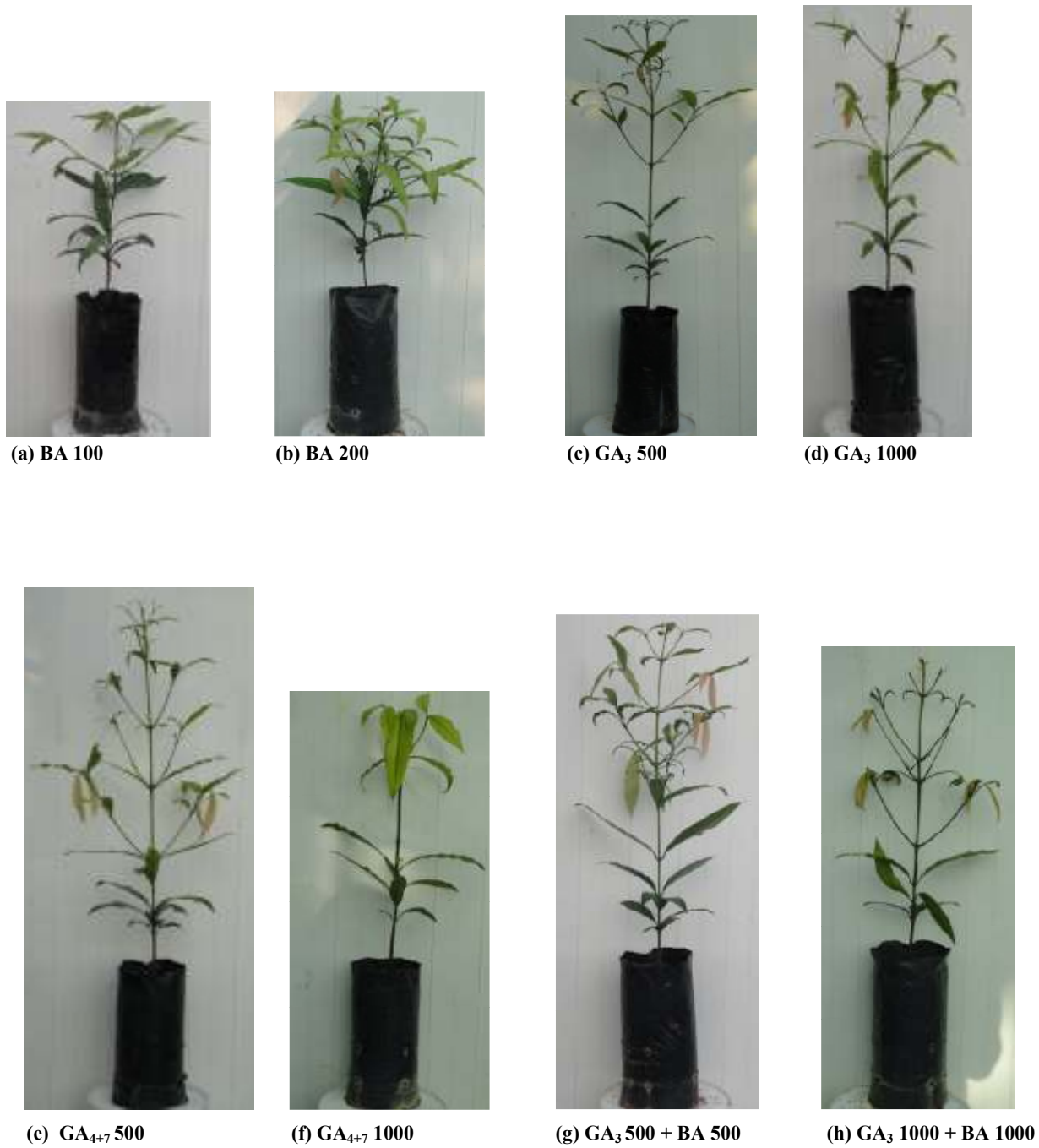


Figura 2. Efecto de BA, GA₃, GA₄₊₇ y GA₃ + BA a dosis baja y alta en plantas de achachairú.



(a) GA_{4+7} 500 + BA 100



(b) GA_{4+7} 1000 + BA 200



(c) GA_3 500 + GA_{4+7} 500



(d) GA_3 1000 + GA_{4+7} 1000



(e) GA_3 500 + GA_{4+7} 500 + BA 100



(f) GA_3 1000 + GA_{4+7} + BA 200



(g) Control

Figura 3. Efecto de GA_{4+7} + BA, y GA_3 + GA_{4+7} , GA_3 + GA_{4+7} + BA a dosis baja y alta en plantas de achachairú.

3.3.4. Diámetro de tallo

De los 9 modelos ajustados, el modelo 5 con un BIC = 569.73 fue el que presentó el valor más bajo. En este modelo se eligió autorregresivo de orden 1 (corCAR1) en correlación y se consideró parcela en criterio de agrupamiento. Con el modelo seleccionado se realizaron las pruebas de hipótesis marginales. El resultado de esta prueba indicó la presencia de una interacción significativa entre tratamiento y tiempo. Teniendo en cuenta ambos factores se procedió a realizar el análisis de los datos.

Los efectos de los tratamientos sobre el diámetro de tallo no fueron tan marcados como los efectos sobre la altura (Tablas 6, 7, 8 y 9). Desde los 56 días, el uso de las giberelinas (GA₃ o GA₄₊₇) resultó en tallos de un diámetro significativamente más grande que con el uso de BA solo. A los 140 días los tallos con GA₃ o GA₄₊₇ promediaron 6.6 mm, mientras que los tallos de BA solo midieron 6.1 mm. Comenzando a los 84 días después de la aplicación de RC, las plantas tratadas con RC presentaron diámetro de tallos mayores que las plantas control. A los 140 días, el diámetro de tallo con RC fue 6.6 mm mientras que plantas control midieron 6.2 mm. El uso de GA₄₊₇ resultó en tallos más grandes en comparación al uso de GA₃. Se obtuvo un promedio de 7.1 mm y 6.6 mm de diámetro de tallo para GA₄₊₇ y GA₃ respectivamente a los 140 días después de la aplicación de RC. A los 112 y 140 días, las plantas tratadas con GA₃ + GA₄₊₇ dieron un promedio de 6.4 y 6.9 mm de diámetro de tallo, siendo significativamente mayor al promedio de 5.9 y 6.4 mm correspondientes a las plantas tratadas con GA₃ + BA y GA₄₊₇ + BA. La dosis baja versus alta del RC no tuvo efecto significativo en el diámetro de tallo a excepción de la dosis alta de GA₄₊₇ + BA. Sin embargo la tendencia en el aumento del diámetro de tallo fue mayor en presencia de la dosis alta del RC.

Tabla 8. Medias de diámetro de tallo, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Diámetro de tallo (mm)									
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)									
		28		56		84		112		140	
T1	BA (100)	3.8	y	4.1	u-y	4.9	n-x	5.5	i-p	6.1	c-l
T2	BA (200)	3.9	y	4.4	t-y	5.0	n-w	5.6	h-n	6.1	c-l
T3	GA ₃ (500)	4.1	xy	4.5	t-y	5.2	l-t	5.9	d-m	6.5	a-h
T4	GA ₃ (1000)	4.1	w-y	4.5	t-y	5.5	j-p	6.2	a-k	6.7	a-d
T5	GA ₄₊₇ (500)	4.2	u-y	4.7	o-y	5.7	g-n	6.4	a-j	7.0	a-c
T6	GA ₄₊₇ (1000)	4.2	u-y	4.7	p-y	5.8	d-n	6.6	a-f	7.2	a
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	4.1	w-y	4.5	r-y	5.4	k-s	5.8	d-n	6.5	a-i
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	4.2	u-y	4.6	p-y	5.5	k-q	6.1	c-l	6.5	a-h
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	4.0	xy	4.4	t-y	5.2	l-t	5.6	h-o	6.0	d-l
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	4.0	y	4.5	s-y	5.5	j-p	6.2	b-k	6.6	a-f
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	3.9	y	4.4	t-y	5.5	k-r	6.2	b-k	6.7	a-d
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	4.1	w-y	4.6	q-y	5.7	e-n	6.6	a-g	7.1	ab
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	3.9	y	4.3	t-y	5.4	k-s	6.2	b-k	6.6	a-e
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	4.1	xy	4.6	q-y	5.5	j-p	6.0	d-l	6.6	a-g
T15	Control (agua destilada)	4.0	y	4.4	t-y	5.1	m-u	5.7	f-n	6.2	b-k

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-d corresponde a las letras abcd

¹Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 9. Contrastes comparando medias de altura de planta, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Diámetro de tallo (mm)											
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)											
Grupo 1 ¹	vs.	Grupo 2 ¹		28		56		84		112		140	
Tratados con RC		Control (agua destilada)		4.0 ²	4.0 ³	4.5 ²	4.4 ³	5.4 ²	5.1 ³ *	6.1 ²	5.7 ³ *	6.6 ²	6.2 ³ *
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)		Combinaciones de dos, tres RC		4.0	4.0	4.5	4.5	5.4	5.5	6.1	6.1	6.6	6.6
Combinacion de dos RC		Combinacion de tres RC		4.0	4.0	4.5	4.4	5.5	5.5	6.1	6.1	6.6	6.6
GA ₃ + BA		GA ₄₊₇ + BA		4.1	4.0	4.6	4.5	5.5	5.4	6.0	5.9	6.5	6.3
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA		GA ₃ + GA ₄₊₇		4.1	4.0	4.5	4.5	5.4	5.6	5.9	6.4 *	6.4	6.9 *
BA		GA ₃ y GA ₄₊₇		3.9	4.1	4.3	4.6 *	5.0	5.6 **	5.6	6.3 **	6.1	6.8 **
GA ₃		GA ₄₊₇		4.1	4.2	4.5	4.7	5.4	5.8 *	6.1	6.5 **	6.6	7.1 **
BA (100)		BA (200)		3.8	3.9	4.1	4.4	4.9	5.0	5.6	5.6	6.1	6.1
GA ₃ (500)		GA ₃ (1000)		4.1	4.1	4.5	4.5	5.2	5.5	5.9	6.2	6.5	6.7
GA ₄₊₇ (500)		GA ₄₊₇ (1000)		4.2	4.2	4.7	4.7	5.7	5.8	6.4	6.6	7.0	7.2
GA ₃ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + BA (200)		4.1	4.2	4.5	4.6	5.4	5.5	5.8	6.1	6.5	6.5
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)		4.0	4.0	4.4	4.5	5.2	5.5	5.6	6.2 **	6.0	6.6 **
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)		3.9	4.1	4.4	4.6	5.5	5.7	6.2	6.6	6.7	7.1
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)		3.9	4.1	4.3	4.6	5.4	5.5	6.2	6.0	6.6	6.6

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.3.5. Longitud de entrenudos

El modelo 6 fue el que describió mejor los datos de esta variable con un BIC = 1,538.9. En este modelo se consideró bloque, tratamiento, tiempo y tratamiento x tiempo como efectos fijos. En correlación se eligió la opción correlación autorregresiva de orden 1 (corAR1) teniendo como criterio de agrupamiento a parcela. En heteroscedasticidad se eligió varianzas residuales diferentes (VarIdent) teniendo como criterio de agrupamiento a tiempo. En las pruebas de hipótesis marginales la interacción de tratamiento x tiempo fue significativa, por lo cual, el análisis de datos de longitud de entrenudos, se realizó tomando en cuenta el efecto de los tratamientos y el tiempo.

Los promedios de longitud de entrenudos fueron muy variables en las cinco fechas evaluadas (Tabla 10 y 11). Sus valores no fueron en orden creciente, debido a que en las mediciones realizadas se consideraron entrenudos desde los 0.5 cm de longitud. En al menos una o dos fechas evaluadas hubo tratamientos con entrenudos menores a 1 cm de longitud.

A los 28 días, el uso de RC no tuvo efecto significativo sobre la longitud de entrenudo (Tablas 10 y 11). Desde los 56 días hasta los 140 días las plantas tratadas con RC mostraron un incremento significativo de la longitud de entrenudo. Con el uso del RC la mayor longitud de entrenudo se registró a los 112 días con un promedio 5.8 cm. Las plantas control alcanzaron una longitud máxima de entrenudos de 4.2 cm, significativamente menor a la longitud de entrenudo de RC. Con el uso de GA_3 o GA_{4+7} la longitud de entrenudos aumentó significativamente desde los 56 a los 140 días. A los 112 días los entrenudos alcanzaron su promedio más alto de 6.3 cm. Al contrario, BA no tuvo efecto en aumentar la longitud de entrenudo. Con el uso de giberelinas ($GA_3 + GA_{4+7}$) la mayor longitud de entrenudo fue de 6.7 cm. Por el contrario, cuando las giberelinas se combinaron con BA ($GA_3 + BA$ o $GA_{4+7} + BA$) el promedio de longitud de entrenudo fue de 5.6 cm, promedio significativamente menor al uso de una sola giberelina. Con el uso del tratamiento $GA_{4+7} + BA$ se obtuvo los promedios más altos de longitud de entrenudo, mientras que los entrenudos fueron más pequeños cuando se trataron con $GA_3 + BA$. A los 112 días, el uso de dos o tres RC combinados incrementó significativamente la longitud de entrenudos con un promedio de 6.0 cm. Esto fue en contraste con la longitud de 5.5 cm con el

uso individual de los RC (GA_3 , GA_{4+7} o BA). En general, los entrenudos fueron más pequeños cuando se trataron con BA solo, mientras en presencia de las giberelinas (GA_3 o GA_{4+7}) los entrenudos fueron más largos.

Con la dosis baja de GA_{4+7} hubo una mayor longitud de entrenudo, con la máxima longitud de 8.1 cm a los 112 días. El uso de GA_{4+7} a dosis baja fue ineficiente en incrementar la longitud de entrenudo, con solamente una longitud de 5.0 cm a los 140 días. La combinación de los tres RC a dosis alta mostró un incremento significativo en la longitud de entrenudos respecto a la dosis baja. Este incremento fue a partir de los 56 días hasta los 140 días. Sin embargo la mayor longitud encontrada fue de 9 cm a los 84 días. Con el uso de $GA_3 + GA_{4+7}$, a dosis alta, la longitud de entrenudos fue superior a la longitud correspondiente a dosis baja a partir de los 84 hasta los 140 días.

Tabla 10. Medias de longitud de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Longitud de entrenudos (cm)									
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)									
		28		56		84		112		140	
T1	BA (100)	1.9	e	2.1	de	3.1	c-e	3.2	b-e	3.6	a-e
T2	BA (200)	2.4	de	2.8	c-e	4.0	a-e	4.2	a-e	4.4	a-e
T3	GA ₃ (500)	3.9	a-e	4.9	a-e	6.1	a-e	6.3	a-e	5.7	a-e
T4	GA ₃ (1000)	4.2	a-e	5.3	a-e	6.6	a-e	6.7	a-e	6.3	a-e
T5	GA ₄₊₇ (500)	3.6	a-e	6.5	a-e	7.9	a-c	8.1	ab	7.5	a-d
T6	GA ₄₊₇ (1000)	3.1	b-e	3.0	b-e	3.2	b-e	4.2	a-e	5.0	a-e
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	2.3	de	3.1	b-e	3.6	a-e	4.3	a-e	4.7	a-e
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	3.5	a-e	4.3	a-e	5.1	a-e	5.5	a-e	5.7	a-e
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	1.9	de	4.0	a-e	5.0	a-e	5.7	a-e	5.4	a-e
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	3.0	b-e	6.3	a-e	6.4	a-e	7.0	a-d	6.1	a-e
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	3.5	a-e	4.3	a-e	4.8	a-e	5.2	a-e	5.4	a-e
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	3.9	a-e	6.0	a-e	8.4	ab	8.2	ab	7.8	a-c
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	2.9	b-e	3.9	a-e	4.0	a-e	3.9	a-e	4.8	a-e
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	3.4	b-e	7.8	a-d	9.0	a	8.3	ab	8.9	a
T15	Control (agua destilada)	1.6	e	2.7	c-e	3.4	b-e	4.2	a-e	4.2	a-e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-c corresponde a las letras abc

¹ Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 11. Contrastes comparando medias de longitud de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Longitud de entrenudos (cm) (Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)										
Grupo 1 ¹	vs.	Grupo 2 ¹	28		56		84		112		140	
Tratados con RC		Control (agua destilada)	3.1 ²	1.6 ³	4.6 ²	2.7 ³ *	5.5 ²	3.4 ³ **	5.8 ²	4.2 ³ **	5.8 ²	4.2 ³ **
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)		Combinaciones de dos, tres RC	3.2	3.1	4.1	5.0	5.1	5.8	5.5	6.0 *	5.4	6.1 **
Combinacion de dos RC		Combinacion de tres RC	3.0	3.2	4.7	5.8	5.6	6.5	6.0	6.1	5.9	6.9 **
GA ₃ + BA		GA ₄₊₇ + BA	2.7	3.7	4.4	5.2	5.0	6.6 **	5.6	6.7 *	5.5	6.6 **
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA		GA ₃ + GA ₄₊₇	2.9	2.5	3.7	5.1	4.4	5.7 *	4.9	6.4 **	5.2	5.8
BA		GA ₃ y GA ₄₊₇	2.2	3.7	2.4	4.9 **	3.5	6.0 **	3.7	6.3 **	4.0	6.1 **
GA ₃		GA ₄₊₇	4.0	3.4	5.1	4.7	6.4	5.5	6.5	6.2	6.0	6.3
BA (100)		BA (200)	1.9	2.4	2.1	2.8	3.1	4.0	3.2	4.2	3.6	4.4
GA ₃ (500)		GA ₃ (1000)	3.9	4.2	4.9	5.3	6.1	6.6	6.3	6.7	5.7	6.3
GA ₄₊₇ (500)		GA ₄₊₇ (1000)	3.6	3.1	6.5	3.0 **	7.9	3.2 **	8.1	4.2 **	7.5	5.0 **
GA ₃ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + BA (200)	2.3	3.5	3.1	4.3	3.6	5.1	4.3	5.5	4.7	5.7
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.9	3.0	4.0	6.3	5.0	6.4	5.7	7.0	5.4	6.1
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	3.5	3.9	4.3	6.0	4.8	8.4 **	5.2	8.2 **	5.4	7.8 **
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	2.9	3.4	3.9	7.8 **	4.0	9.0 **	3.9	8.3 **	4.8	8.9 **

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.3.6. Número de entrenudos

Al realizar una comparación de los valores de BIC para las estructuras ajustadas, el menor valor se obtuvo con el modelo 6 (BIC = 849.70). Para este modelo, en correlación se eligió autorregresiva de orden 1 (corAR1), se consideró la variable tiempo como el indicador del orden en que fueron tomadas los datos y se declaró parcela en criterio de agrupamiento. En heteroscedasticidad se eligió varianzas residuales diferentes (VarIdent) teniendo como criterio de agrupamiento a tiempo. Con el anterior modelo descrito se obtuvo la prueba de hipótesis marginales. Se encontró interacción significativa de tratamiento x tiempo, el cual sugirió hacer un análisis de los datos con ambos factores.

Las plantas que fueron tratadas con RC tuvieron promedios de número de entrenudo significativamente mayores a los promedios obtenidos por el control (Tablas 12 y 13). A los 140 días las plantas con RC tuvieron un promedio de 6.5 entrenudos mientras que hubo solamente 4.7 entrenudos en plantas control. Las giberelinas (GA_3 y GA_{4+7}) produjeron plantas con 6.5 entrenudos a los 140 días mientras que plantas con BA solo tuvieron 5.4 entrenudos. Por otro lado, el uso individual de los RC (BA, GA_3 o GA_{4+7}) produjo entrenudos de 5.0 y 6.1 entrenudos, significativamente menos que 5.4 y 6.8 entrenudos promovido por el uso de dos o tres RC registrado a los 112 y 140 días. Solo a los 112 días las plantas tratadas con los tres RC tuvieron un promedio de 5.7 entrenudos, significativamente mayor que el promedio de 5.3 de plantas tratadas con dos RC. El uso de GA_{4+7} en combinación con BA resultó en plantas con 4.9 y 6.5 entrenudos, menos que los 5.6 y 7.1 entrenudos obtenidos con el uso de GA_3 combinado con BA a los 112 y 140 días, respectivamente. A los 84 días se exhibió 3.5 entrenudos en plantas con aplicación de tres RC a dosis baja, siendo inferior a 4.2 entrenudos obtenido con tres RC a dosis alta. Finalmente a los 140 días, las plantas tratadas con GA_{4+7} a dosis baja registraron 6.0 entrenudos, siendo este menor a 6.9 obtenido con la dosis alta. Al finalizar el experimento se pudo observar que la mayor cantidad de entrenudos producidos fue de 7.2, promedio que se obtuvo tanto con $GA_3 + GA_{4+7}$ como con $GA_3 + GA_{4+7} + BA$, ambos tratamientos con su dosis alta.

Tabla 12. Medias de número de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Número de entrenudos (Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)									
		28		56		84		112		140	
T1	BA (100)	1.0	w	2.3	r-w	3.3	m-s	4.5	g-m	5.4	d-i
T2	BA (200)	1.0	w	2.1	s-w	3.2	m-t	4.3	g-n	5.3	d-j
T3	GA ₃ (500)	1.0	w	2.6	q-t	3.8	k-q	5.0	f-k	6.4	a-e
T4	GA ₃ (1000)	1.0	w	2.8	o-t	4.1	i-o	5.5	c-h	6.8	a-c
T5	GA ₄₊₇ (500)	1.1	u-w	2.6	q-t	3.9	k-q	5.1	e-k	6.0	a-f
T6	GA ₄₊₇ (1000)	1.0	w	2.0	s-w	4.1	i-o	5.5	c-h	6.9	ab
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	1.0	w	2.2	r-w	4.1	i-o	5.6	b-g	7.2	a
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	1.0	w	2.7	p-t	4.1	i-o	5.5	c-h	7.0	a-e
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	1.0	w	2.4	r-u	3.8	k-q	4.9	f-k	6.4	a-e
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.0	w	2.4	r-u	3.9	k-q	4.8	f-l	6.5	a-d
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	1.1	u-w	2.4	r-u	3.9	k-q	5.4	d-i	6.8	a-c
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	1.0	w	2.8	o-t	4.0	j-p	5.5	c-h	6.6	a-d
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	1.1	u-w	2.2	r-w	3.5	l-r	5.4	d-i	6.6	a-d
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.0	w	2.8	o-t	4.2	h-n	6.0	a-f	7.2	a
T15	Control (agua destilada)	1.0	w	1.9	t-w	3.0	n-t	4.1	i-o	4.7	f-l

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-d corresponde a las letras abcd

¹Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 13. Contrastes comparando medias de número de entrenudos, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Número de entrenudos (Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)										
Grupo 1 ¹	vs.	Grupo 2 ¹	28		56		84		112		140	
Tratados con RC		Control (agua destilada)	1.0 ²	1.0 ³	2.5 ²	1.9 ³ *	3.9 ²	3.0 ³ **	5.2 ²	4.1 ³ **	6.5 ²	4.7 ³ **
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)		Combinaciones de dos, tres RC	1.0	1.0	2.4	2.5	3.7	3.9	5.0	5.4 *	6.1	6.8 **
Combinacion de dos RC		Combinacion de tres RC	1.0	1.1	2.5	2.5	4.0	3.9	5.3	5.7 *	6.8	6.9
GA ₃ + BA		GA ₄₊₇ + BA	1.0	1.1	2.4	2.6	4.0	4.0	5.2	5.5	6.8	6.7
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA		GA ₃ + GA ₄₊₇	1.0	1.0	2.5	2.4	4.1	3.9	5.6	4.9 *	7.1	6.5 *
BA		GA ₃ y GA ₄₊₇	1.0	1.0	2.2	2.5	3.3	4.0 **	4.4	5.3 **	5.4	6.5 **
GA ₃		GA ₄₊₇	1.0	1.1	2.7	2.3	4.0	4.0	5.3	5.3	6.6	6.5
BA (100)		BA (200)	1.0	1.0	2.3	2.1	3.3	3.2	4.5	4.3	5.4	5.3
GA ₃ (500)		GA ₃ (1000)	1.0	1.0	2.6	2.8	3.8	4.1	5.0	5.5	6.4	6.8
GA ₄₊₇ (500)		GA ₄₊₇ (1000)	1.1	1.0	2.6	2.0	3.9	4.1	5.1	5.5	6.0	6.9 *
GA ₃ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + BA (200)	1.0	1.0	2.2	2.7	4.1	4.1	5.6	5.5	7.2	7.0
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.0	1.0	2.4	2.4	3.8	3.9	4.9	4.8	6.4	6.5
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	1.1	1.0	2.4	2.8	3.9	4.0	5.4	5.5	6.8	6.6
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.1	1.0	2.2	2.8	3.5	4.2 *	5.4	6.0	6.6	7.2

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.3.7. Días a la apertura de ramas

Los reguladores de crecimiento tuvieron efecto significativo en la apertura de las ramas (Tablas 14 y 15). En promedio las plantas que recibieron tratamiento de RC emitieron sus ramas a los 64.3 días después de la primera aplicación. La apertura de ramas en las plantas control tardó 77.6 días, tiempo significativamente mayor que las plantas tratadas con RC. Con el uso de un solo RC (BA, GA₃ o GA₄₊₇) la apertura de ramas tardó 68.2 días. Por el contrario, el uso combinado de dos o tres RC, aceleró el tiempo de apertura a 61.5 días. En plantas con aplicación de GA₃ la apertura de ramas se registró en 62.4 días, mientras que con aplicación de GA₄₊₇ tardó significativamente más, con apertura de ramas a los 74.7 días. Plantas tratadas con BA, a dosis alta, exhibieron apertura de ramas con promedio de 55.2 días, mientras que con BA a dosis baja la apertura de ramas se dio en un tiempo promedio de 79.7 días, presentando una efectividad menor en acelerar la apertura. Plantas tratadas con GA₄₊₇ a dosis baja presentaron una apertura de ramas en un tiempo promedio de 52 días, significativamente menor que los 97.3 días observado en las plantas tratadas con GA₄₊₇ a dosis alta. El tratamiento con combinación de tres RC (BA + GA₃ + GA₄₊₇), a dosis baja, permitió una apertura de ramas en un tiempo promedio de 72.5 días, significativamente mayor que con el uso de los tres RC a dosis alta, con apertura de ramas a los 47.3 días.

Tabla 14. Medias de días a la apertura de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃ y GA₄₊₇ aplicados solos o combinados

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Apertura de ramas (días ²)	
T1	BA (100)	79.7	e
T2	BA (200)	55.2	ab
T3	GA ₃ (500)	64.9	bcde
T4	GA ₃ (1000)	59.9	abcd
T5	GA ₄₊₇ (500)	52.0	ab
T6	GA ₄₊₇ (1000)	97.3	f
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	64.9	bcde
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	60.7	abcd
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	57.7	abcd
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	55.7	abc
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	71.0	cde
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	61.8	abcd
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	72.5	de
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	47.3	a
T15	Control (agua destilada)	77.6	e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher.

¹Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L.

²Días desde la primera aplicación de RC.

Tabla 15. Contrastes comparando medias de días a la apertura de ramas en plantas de achachairú con tres meses de edad tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃ y GA₄₊₇ aplicados solos o combinados

Contrastes de tratamientos		Apertura de ramas (días ¹)	
Grupo 1 ²	vs. Grupo 2 ²	Grupo 1	vs. Grupo 2
Tratados con RC	Control (agua destilada)	64.3	77.6 *
RC solos (BA , GA ₃ , GA ₄₊₇)	Combinación de dos , tres RC	68.2	61.5 *
Con dos RC	Con tres RC	62.0	59.9
GA ₃ + BA , GA ₄₊₇ + BA	GA ₃ + GA ₄₊₇	59.8	66.4
GA ₃ + BA	GA ₄₊₇ + BA	62.8	56.7
BA	GA ₃ , GA ₄₊₇	67.5	68.5
GA ₃	GA ₄₊₇	62.4	74.7 *
BA (100)	BA (200)	79.7	55.2 **
GA ₃ (500)	GA ₃ (1000)	64.9	59.9
GA ₄₊₇ (500)	GA ₄₊₇ (1000)	52.0	97.3 **
GA ₃ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + BA (200)	64.9	60.7
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	57.7	55.7
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	71.0	61.8
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	72.5	47.3 **

* , ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Días desde la primera aplicación de RC.

² Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

3.3.8. Largo de ramas

Al realizar las comparaciones de los valores de BIC para las estructuras ajustadas, el menor valor se obtuvo con el modelo 6 (BIC = 1477.12). En este modelo se consideró a bloque, tratamiento, tiempo y la interacción de tratamiento x tiempo en efecto fijo, en correlación se consideró autorregresiva de orden 1 (corAR1) con la variable tiempo declarada y en criterio de agrupamiento se consideró parcela. A partir del modelo 6 se generaron las hipótesis marginales, en la que se observó una interacción significativa entre tratamiento x tiempo, por lo que, el análisis de los datos se realizó tomando en cuenta el efecto de tratamiento y tiempo.

Para el promedio de longitud de ramas, en cada evaluación realizada, se midieron todas las ramas de cada una de las plantas. Se incluyeron ramas que tuvieran una longitud mínima de 1.0 cm. En la última evaluación realizada se observó que las ramas basales fueron las que tuvieron mayor longitud que las ramas superiores, efecto que se observó casi en todas las plantas tratadas incluidas el control. Además, en presencia de las giberelinas los ángulos de las ramas fueron mayores respecto a un plano horizontal de referencia, mientras que en las plantas tratadas con BA y control los ángulos fueron menores (ramas dispuestas más horizontalmente) y con tallos más flexibles. Por consiguiente, las giberelinas tuvieron esta característica particular lo cual sería beneficioso en el futuro cuando las plantas estén en plena producción. Normalmente las plantas de achachairú desarrollan ramas bastante largas y flexibles, que a veces tienden a tener contacto fácilmente con el suelo cuando estas son cultivadas en un suelo con pendiente. Bajo estas condiciones y desde el punto de vista comercial sería perjudicial para el agricultor.

Las plantas con aplicaciones de 2 RC presentaron una longitud promedio de ramas de 9.0 cm a los 140 días (Tablas 16 y 17). Por el contrario, la aplicación de 3 RC resultó ser más efectivo con 11.1 cm de longitud en la misma cantidad de días. Empezando a los 84 días, plantas tratadas con la dosis baja de BA tuvieron una menor longitud de ramas que plantas tratadas con la dosis alta de BA. A los 140 días la longitud promedio de rama fue de 6.4 cm con la dosis baja de BA, mientras que con la dosis alta la longitud fue de 9.4 cm. Las plantas tratadas con GA₄₊₇ a dosis baja lograron tener longitud de ramas mayores que las plantas tratadas con la dosis alta. A los 140 días hubo una diferencia de 3.4 cm entre las longitudes 10.8 cm versus 7.4 cm. Las combinaciones de GA₃ + GA₄₊₇ a dosis baja aplicados a las plantas resultó en longitudes de ramas más cortas de los 85 días en adelante en comparación con la combinación de GA₃ + GA₄₊₇ a dosis alta. A los 140 días la diferencia fue 8.5 cm versus 10.9 cm respectivamente. La aplicación de los 3 RC a dosis baja arrojó resultados de 0.8, 3.6, 5.1 y 8.9 cm de longitud de ramas, mientras que las longitudes fueron significativamente más larga con aplicaciones de 3 RC a dosis (3.2, 9.9, 11.5 y 13.3 cm).

Tabla 16. Medias de longitud de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Longitud de ramas (cm)							
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)							
		56		84		112		140	
T1	BA (100)	0.4	hi	2.4	e - i	3.8	d - i	6.4	b - h
T2	BA (200)	0.6	g - i	6.7	a - h	8.4	a - e	9.4	a - e
T3	GA ₃ (500)	0.5	hi	5.7	b - i	6.2	b - h	8.6	a - e
T4	GA ₃ (1000)	0.5	hi	7.4	a - f	9.5	a - e	11.0	a - c
T5	GA ₄₊₇ (500)	3.3	e - i	8.8	a - e	8.5	a - e	10.8	a - d
T6	GA ₄₊₇ (1000)	0.0	i	2.5	e - i	4.1	c - i	7.4	a - f
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	1.0	g - i	3.5	e - i	7.3	a - f	8.7	a - e
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	1.0	g - i	6.0	b - i	8.8	a - e	8.8	a - e
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	0.6	g - i	6.0	b - i	7.8	a - e	8.3	a - e
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.6	g - i	6.8	a - g	7.7	a - e	8.8	a - e
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	0.0	i	3.5	e - i	5.6	b - i	8.5	a - e
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	1.0	g - i	7.9	a - e	9.4	a - e	10.9	a - c
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	0.8	g - i	3.6	d - i	5.1	b - i	8.9	a - e
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	3.2	e - i	9.9	a - e	11.5	ab	13.3	a
T15	Control (agua destilada)	1.5	f - i	3.9	c - i	8.5	a - e	8.8	a - e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-c corresponde a las letras abcd

¹ Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 17. Contrastes comparando medias de longitud de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Longitud de ramas (cm)							
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)							
Grupo 1 ¹	vs. Grupo 2 ¹	56		84		112		140	
Tratados con RC	Control (agua destilada)	1.0 ²	1.5 ³	5.8 ²	3.9 ³	7.4 ²	8.5 ³	9.3 ²	8.8 ³
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)	Combinaciones de dos, tres RC	0.9	1.0	5.6	5.9	6.8	7.9	8.9	9.5
Combinacion de dos RC	Combinacion de tres RC	0.7	2.0	5.6	6.7	7.8	8.3	9.0	11.1 *
GA ₃ + BA	GA ₄₊₇ + BA	0.8	0.5	5.6	5.7	7.9	7.5	8.7	9.7
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA	GA ₃ + GA ₄₊₇	1.0	0.6	4.7	6.4	8.1	7.8	8.8	8.6
BA	GA ₃ y GA ₄₊₇	0.5	1.1	4.5	6.1	6.1	7.1	7.9	9.5
GA ₃	GA ₄₊₇	0.5	1.6	6.6	5.7	7.8	6.3	9.8	9.1
BA (100)	BA (200)	0.4	0.6	2.4	6.7 *	3.8	8.4 **	6.4	9.4 *
GA ₃ (500)	GA ₃ (1000)	0.5	0.5	5.7	7.4	6.2	9.5	8.6	11.0
GA ₄₊₇ (500)	GA ₄₊₇ (1000)	3.3	0.0 **	8.8	2.5 **	8.5	4.1 **	10.8	7.4 *
GA ₃ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + BA (200)	1.0	1.0	3.5	6.0	7.3	8.8	8.7	8.8
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.6	0.6	6.0	6.8	7.8	7.7	8.3	8.8
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	0.0	1.0	3.5	7.9 *	5.6	9.4 *	8.5	10.9
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.8	3.2 *	3.6	9.9 **	5.1	11.5 **	8.9	13.3 **

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.3.9. Número de ramas

Al realizar las comparaciones de los valores de BIC para las estructuras ajustadas, con el modelo 6 se obtuvo el menor valor con un BIC = 1114.3. En este modelo los efectos fijos fueron los mismos que para las anteriores variables. En correlación se consideró autorregresiva de orden 1 (corAR1) con la variable tiempo y en criterio de agrupamiento a parcela. En heteroscedasticidad se eligió varianzas residuales diferentes (VarIdent) teniendo como criterio de agrupamiento a tiempo. Con el modelo seleccionado (modelo 6) se obtuvieron las pruebas de hipótesis marginales, en las que se encontró una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo. Por consiguiente, el análisis de los datos se realizó considerando el efecto de ambos factores.

Durante todo el experimento los promedios de todos los reguladores de crecimiento en cuanto a número de ramas no fueron significativamente diferentes del control (Tablas 18 y 19). Esto se debe a que hubo tratamientos que generaron muy pocas ramas (Figuras 2 y 3). Por ejemplo en el caso de la dosis alta de GA₄₊₇, cerca del 50% de las plantas no ramificaron hasta los 112 días, lo cual afectó el promedio general de los tratamientos (Figura 2-f). En plantas tratadas con un solo RC (BA, GA₃ o GA₄₊₇) se observó 2.0, 4.0 y 5.2 ramas, mientras en plantas tratadas con dos o tres RC hubo significativamente mayor número de ramas, 2.8 5.0 y 6.8 a los 84, 112 y 140 días respectivamente. Desde los 84 días el número de ramas en plantas tratadas con RC en combinaciones de GA₃ + BA o GA₄₊₇ + BA fue mayor que el número de ramas con GA₃ + GA₄₊₇. A los 140 días el número promedio de ramas fue aproximadamente 50% mayor con los tratamientos de GA₃ + BA o GA₄₊₇ + BA (7.6 ramas) en comparación con GA₃ + GA₄₊₇ con solamente 5.4 ramas. Aplicaciones de GA₄₊₇, a dosis baja, exhibieron 1.2, 2.6, 5.2 y 6.2 ramas al cabo de 56, 84, 112 y 140 días respectivamente, mientras que con la dosis alta obtuvo cantidades significativamente inferiores de 0.0, 0.7, 1.9 y 3.5 ramas. La combinación de los tres RC, a dosis baja, resultó ser menos efectivo en producir ramas (0.4, 1.6, 3.1 y 5.3 ramas presenciados a los 56, 86, 112 y 140 días respectivamente) en comparación a las plantas tratadas con tres RC a dosis alta, que produjeron mayor número de ramas (1.5, 3.9, 6.5 y 7.9 a los 56, 86, 112 y 140 días respectivamente).

Tabla 18. Contrastes comparando medias de número de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Código	Tratamientos ¹ (mg/L)	Número de ramas							
		(Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)							
		56		84		112		140	
T1	BA (100)	0.1	p	1.3	l-p	3.7	d-m	4.5	b-k
T2	BA (200)	0.5	op	2.5	h-p	4.3	b-l	5.9	a-g
T3	GA ₃ (500)	0.4	op	2.2	i-p	4.2	c-m	5.6	a-i
T4	GA ₃ (1000)	0.4	op	2.6	g-p	4.5	b-l	5.5	a-j
T5	GA ₄₊₇ (500)	1.2	m-p	2.6	g-p	5.2	a-j	6.2	a-f
T6	GA ₄₊₇ (1000)	0.0	p	0.7	m-p	1.9	j-p	3.5	d-n
T7	GA ₃ (500) + BA (100)	0.8	m-p	3.0	e-o	5.3	a-j	7.7	a-c
T8	GA ₃ (1000) + BA (200)	0.6	n-p	3.8	d-m	5.9	a-h	8.3	a
T9	GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	0.6	n-p	2.9	f-o	4.9	a-k	6.7	a-d
T10	GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.8	m-p	3.1	d-o	5.7	a-i	7.7	a-c
T11	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)	0.0	p	1.6	k-p	3.5	d-m	5.5	a-j
T12	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	0.4	op	2.7	f-p	5.1	a-k	5.3	a-j
T13	GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)	0.4	op	1.6	k-p	3.1	d-o	5.3	a-j
T14	GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	1.5	l-p	3.9	d-m	6.5	a-e	7.9	ab
T15	Control (agua destilada)	0.6	n-p	1.9	j-p	3.4	d-n	4.9	a-k

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher con corrección de Bonferroni. El guión indica una serie de letras, por ejemplo, a-c corresponde a las letras abc

¹Valores dentro del paréntesis son las dosis en mg/L.

Tabla 19. Contrastes comparando medias de número de ramas, en plantas de achachairú con tres meses de edad, tratadas con reguladores de crecimiento (RC) 6-benciladenina (BA), GA₃, GA₄₊₇ aplicados solos o en combinación

Contrastes de tratamientos		Número de ramas (Días después de la primera aplicación de reguladores de crecimiento)								
Grupo 1 ¹	vs.	Grupo 2 ¹	56		84		112		140	
Tratados con RC		Control (agua destilada)	0.6 ²	0.6 ³	2.5 ²	1.9 ³	4.6 ²	3.4 ³	6.1 ²	4.9 ³
RC solos (BA, GA ₃ , GA ₄₊₇)		Combinaciones de dos, tres RC	0.4	0.6	2.0	2.8 **	4.0	5.0 **	5.2	6.8 **
Combinacion de dos RC		Combinacion de tres RC	0.5	1.0	2.9	2.8	5.1	4.8	6.9	6.6
GA ₃ + BA		GA ₄₊₇ + BA	0.7	0.2	3.2	2.2 *	5.5	4.3 *	7.6	5.4 **
GA ₃ + BA, GA ₄₊₇ + BA		GA ₃ + GA ₄₊₇	0.7	0.7	3.4	3.0	5.6	5.3	8.0	7.2
BA		GA ₃ y GA ₄₊₇	0.3	0.5	1.9	2.0	4.0	4.0	5.2	5.2
GA ₃		GA ₄₊₇	0.4	0.6	2.4	1.7	4.4	3.6	5.6	4.9
BA (100)		BA (200)	0.1	0.5	1.3	2.5	3.7	4.3	4.5	5.9
GA ₃ (500)		GA ₃ (1000)	0.4	0.4	2.2	2.6	4.2	4.5	5.6	5.5
GA ₄₊₇ (500)		GA ₄₊₇ (1000)	1.2	0.0 **	2.6	0.7 *	5.2	1.9 **	6.2	3.5 **
GA ₃ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + BA (200)	0.8	0.6	3.0	3.8	5.3	5.9	7.7	8.3
GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.6	0.8	2.9	3.1	4.9	5.7	6.7	7.7
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000)	0.0	0.4	1.6	2.7	3.5	5.1	5.5	5.3
GA ₃ (500) + GA ₄₊₇ (500) + BA (100)		GA ₃ (1000) + GA ₄₊₇ (1000) + BA (200)	0.4	1.5 *	1.6	3.9 **	3.1	6.5 **	5.3	7.9 **

*, ** = Medias significativamente diferentes al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente.

¹ Tratamientos incluidos en el cálculo de la media del grupo. Valores dentro de paréntesis son las dosis en mg/L. Cuando no aparece una dosis, la dosis alta y baja ha sido promediada.

² Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 1.

³ Medias en la columna son promedios de los tratamientos incluidos en el grupo 2.

3.4. Discusión

En un estudio realizado por Wiebel et al. (1992), plantas de 1 y 3 años de edad presentaron sus nuevas hojas la misma semana en que fueron tratadas con GA₄₊₇ + BA, pero GA₄₊₇ o BA solo no tuvieron efecto significativo en la apertura de las hojas. En otro experimento con plantas de 2 años de edad y los mismos RC, la apertura de las hojas fue después de la semana con intervalos de 10.2 y 12 días (Salakpetch, 2000). Salakpetch (2000) atribuyó la diferencia de resultados a la técnica utilizada para la aplicación de los reguladores de crecimiento. En el estudio de Wiebel et al. (1992), se utilizó una pipeta para aplicar los RC y para facilitar su aplicación, primero separando ligeramente las hojas que cubrían las yemas, dejándolas expuestas y permitiendo que las gotas de la solución llegaran directamente a las yemas. Esto pudo haber permitido que la emergencia de las hojas fuera más rápida. En tanto que, en el estudio de Salakpetch (2000), los reguladores de crecimiento fueron aplicados por medio de un aspersor manual, posiblemente no exponiendo completamente las yemas al RC. En el presente experimento también se utilizó el método de Salakpetch, pero la apertura de las hojas se dió a los 8.2 días (Tabla 3). Cabe resaltar que el efecto de GA₄₊₇ combinado con BA fue mayor en los experimentos mencionados, aunque en el de Salakpetch (2000) no fue significativamente diferente de los demás, pero tuvo un valor mayor. Los resultados obtenidos en el presente experimento fueron similares a los de Wiebel et al. (1992).

Salakpetch (2000) mencionó que la producción de aperturas de hojas, el número de hojas por apertura y el número total de hojas producidas fueron mayores en respuesta al tratamiento con reguladores de crecimiento. En el presente experimento también se encontró esa tendencia en los resultados de los números de aperturas y el número total de hojas producidas (Tabla 5). Sin embargo, para el número de hojas producidas por apertura, no todos los reguladores de crecimiento tuvieron ese efecto. GA₄₊₇ resultó ser ineficiente por producir baja cantidad de hojas en cada apertura, debido a que tuvo escasa ramificación. Este efecto se debió probablemente a la concentración alta (1,000 mg/L) que se utilizó, lo cual no fue favorable para esta planta. Con la dosis alta de los tres RC combinados el número de aperturas fue mayor que los demás tratamientos. BA a dosis alta fue muy eficiente en la producción de hojas por cada apertura

inducida, mientras que el número total de hojas inducidas fueron mayores con GA₄₊₇ + BA y GA₃ + GA₄₊₇ + BA, ambos tratamientos con su dosis alta.

Marler y Mickelbart (1992) utilizaron plántulas de carambola (*Averrhoa carambola*) a las que aplicaron 0, 250, 500 y 750 mg/L de GA₄₊₇ sobre el tronco. La dosis de 500 mg/L fue la más eficiente por aumentar el tamaño de la plántula. En el presente experimento utilizando la misma dosis del experimento anterior también se obtuvo alturas mayores respecto al uso de la dosis alta (Tabla 7). Pero, los promedios de altura de planta fueron significativamente superiores a los demás con los tratamientos de los tres RC combinados (GA₃ + GA₄₊₇ + BA) y la combinación de ambas giberelinas (GA₃ + GA₄₊₇), ambos con su dosis alta. BA solo no fue muy efectivo en aumentar el tamaño de la planta, pero aun así, la altura de planta siempre fue mayor en comparación al control, en las cinco fechas evaluadas.

El incremento en diámetro de tallo fue significativamente mayor en presencia de GA₄₊₇ solo, o combinado con GA₃ y a dosis alta de GA₃ + GA₄₊₇ (Tabla 9). En presencia de BA solo y a dosis baja de GA₄₊₇ + BA los promedios de diámetro de tallo no fueron diferentes del control. Esto significa que BA no fue efectivo en incrementar el grosor del tallo, efecto que se observó durante todo el experimento. Marler y Mickelbart (1992) observaron que GA₄₊₇ a 500 mg/L tuvo mayor efecto en el diámetro de tallo que a 750 mg/L. En el presente experimento los promedios de diámetro de tallo de la dosis alta de GA₄₊₇ fueron mayores que los promedios de la dosis baja, pero no fueron significativamente diferentes entre sí. Estas respuestas probablemente se deban a la característica de la propia especie, ya que los efectos de las giberelinas no siempre son las mismas en las plantas. Al utilizar plantas de pera (*Pyrus comminus*), manzana (*Malus domestica*) y cerezo (*Prunus avium*) para estudiar los efectos de GA₃, Canli y Orham (2009) observaron que solo las plantas de pera tratada con GA₃ tuvieron un promedio de diámetro de tallo significativamente mayor al control.

Con GA₄₊₇ + BA y 1000 mg de GA₄₊₇ la longitud de entrenudos en plantas de mangostán fueron más cortos que los demás tratamientos y el control (Salackpetch, 2000). Con los mismos tratamientos en el presente experimento, también la longitud de entrenudos fue más corta (Tabla 11). Sin embargo, sus promedios no fueron menores a los del control, pero si fueron menores a los demás reguladores de crecimiento, a excepción de BA solo y GA₃ + BA. BA solo produjo entrenudos más cortos que el control en las cinco fechas evaluadas. Los promedios de longitud

de entrenudos fueron significativamente más largos cuando se trataron con la dosis alta de $GA_3 + GA_{4+7} + BA$ o $GA_3 + GA_{4+7}$.

A partir de 84 días, la cantidad de entrenudos producidos fue significativamente mayor en las plantas que recibieron un tratamiento de RC (Tabla 13). Con $GA_3 + BA$ los promedios de número de entrenudos fueron mayores que los demás, mientras que con BA solo la cantidad de entrenudos fue más bajo que los demás tratamientos.

En algunas especies de plantas las citoquininas inducen la formación de ramas pero sus efectos y la concentración varían mucho de acuerdo a la especie (Carey, 2008). En el presente experimento la apertura de ramas se produjo en menos tiempo cuando se trataron con $BA + GA_3 + GA_{4+7}$ a dosis alta (Tabla 15). GA_{4+7} solo a dosis alta fue ineficiente en promover la apertura de ramas, tardando un mayor número de días para la apertura que el control. La giberelina con BA ha sido utilizada en estudios para promover la ramificación en plantas (Carey, 2008). El aumento en la longitud de las ramas fue favorecida cuando se combinaron las giberelinas con BA, pero las ramas fueron aún mayores cuando se combinaron las dosis altas de los tres RC combinados. Al contrario con la dosis baja de BA las ramas fueron más cortas que los demás tratamientos y el control. La cantidad de ramas producidas también fue favorecida por la dosis alta de los tres RC combinados. Sus promedios fueron significativamente superiores a los demás tratamientos en las tres primeras evaluaciones (56, 84 y 112 días). A los 140 días el que tuvo mayor efecto fue $GA_3 + BA$ a dosis alta.

4. EXPERIMENTO 2

4.1. Objetivo

Realizar un pretratamiento de semillas con y sin testa y aplicar GA₃ a diferentes dosis para observar el efecto en la emergencia, crecimiento y desarrollo de plántulas de achachairú.

4.2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Para la preparación de los materiales se hizo uso del laboratorio de Agronomía y Suelos del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales.

4.2.1. Material vegetal

El experimento se inició con la preparación del sustrato conformado por tierra, compost, Sunshine "professional growing mix" (Sun Gro Horticulture, Alberta, Canadá) y arena en una proporción de 2:2:1:1 respectivamente. La mezcla de estos sustratos se usó para llenar bolsas negras de polietileno (15 cm diámetro y 30 cm de profundidad). Para este experimento se utilizó un total de 270 semillas de achachairú (*Garcinia gardneriana*). Las semillas tuvieron un peso promedio de 6.39 g. Un día antes de ser tratadas, las semillas fueron divididas en dos grupos, cada uno con 135 semillas. Las semillas se lavaron con agua destilada y luego se dejaron sumergidas en agua destilada durante 24 horas. A un grupo de semillas se le retiró la testa (cubierta de la semilla) y al otro grupo se lo dejó con su testa. Las plántulas se dejaron crecer bajo un techo con sarán de 70% de sombra.

4.2.2. Tratamiento y diseño experimental

Para el tratamiento de las semillas se utilizó una solución madre de GA₃ que fue preparada a una concentración de 2,000 mg/400 mL, la cual contenía 50% de etanol y 50% de agua destilada. Se utilizaron 6 tratamientos que se obtuvieron de la combinación de GA₃ con 3 dosis (0, 250 y 500 mg/L) y el tratamiento de semillas (con testa y sin testa) (Tabla 20). Se utilizaron seis recipientes de 1,000 mL debidamente rotulados conteniendo agua destilada a los cuales se agregaron las diferentes concentraciones de GA₃ dejando sumergidas las 45 semillas

por cada recipiente durante 24 horas. La siembra se realizó el 10 de marzo del 2014. Cada tratamiento fue colocado en bolsas de polietileno según un arreglo de diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones y 15 semillas por tratamiento.

Tabla 20. Tratamiento con diferentes dosis de GA₃ en semillas de achachairú con y sin testa

Código	Semillas	GA ₃ (mg/L)
T - 1	Con testa	0
T - 2	Con testa	250
T - 3	Con testa	500
T - 4	Sin testa	0
T - 5	Sin testa	250
T - 6	Sin testa	500

4.2.3. Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron desde el momento de la emergencia de la plántula. Se contaron las plantas emergidas por cada tratamiento cada 7 días durante 49 días. A los 142 días después de la primera emergencia (13 septiembre del 2014) se realizó una única medición de la altura de plántula, diámetro de tallo, longitud de entrenudos y se contaron el número total de entrenudos y número de hojas desarrolladas de 10 plántulas por tratamiento (las 5 plantas restantes no se incluyeron porque no lograron desarrollar bien después de la germinación y otras no germinaron). La altura de plántula se midió desde la base del tallo hasta el último nudo del tallo. El diámetro de tallo se midió con un caliper el cual se colocó sobre la parte media del primer entrenudo.

4.2.4. Análisis estadístico de datos

Los datos fueron analizados por medio de un análisis de varianza para un factorial de 3 x 2 en el programa estadístico de InfoStat. Para la comparación de medias se realizó la prueba de LSD de Fisher a un nivel de 0.05.

4.3. Resultados

4.3.1. Porcentaje de emergencia

La interacción entre tratamiento de semillas y GA₃ no resultó significativa en la emergencia de las plántulas (Tabla 21). Tampoco hubo un efecto de tratamiento de semillas. Las semillas que no recibieron GA₃ y las semillas que fueron tratadas con 250 mg/L de GA₃ tuvieron mayor porcentaje de emergencia aunque la diferencia entre estos tratamientos y el tratamiento con 125 mg de GA₃ no fue mucho.

4.3.2. Altura de plántula

Hubo una interacción de tratamiento de semillas x GA₃ (Tabla 21). La interacción fue de tipo ordenada tanto para semillas con testa como sin testa. Con ambos tratamientos de semilla, la altura disminuyó con 250 mg/L y luego aumentó con 500 mg/L de GA₃. El efecto de las semillas sobre la altura de plántula fue mayor cuando se sembraron sin testa. A mayor dosis de GA₃ el incremento de la altura de planta fue significativo, mientras que el uso de la dosis baja tuvo menos efecto que el tratamiento con solo agua destilada.

4.3.3. Diámetro de tallo

Solo el tratamiento de semillas tuvo efecto significativo en el diámetro de tallo (Tabla 21). Las semillas sembradas sin testa tuvieron mayor diámetro de tallo, con un promedio de 3.91 mm fue mayor al promedio de las semillas sembradas con testa, 3.56 mm.

4.3.4. Longitud de entrenudo

Hubo una interacción significativa (Tabla 21). Tanto para semillas con testa como para sin testa hubo un aumento en longitud de entrenudo cuando se aumento la dosis (una interacción ordenada). En general las semillas sin testa tuvieron mayor efecto sobre la longitud de entrenudos. La dosis de GA₃ también tuvo efecto significativo, con 500 mg/L. Hubo mayor incremento en la longitud de entrenudo en comparación al promedio de las semillas tratadas con solo agua destilada.

4.3.5. Número de entrenudo

La interacción entre la semilla y GA₃ no resultó significativa para el número de entrenudo. Pero ambos factores de forma independiente tuvieron efecto significativo en el número de entrenudo (Tabla 21). Las semillas en ausencia de su testa desarrollaron una cantidad mayor de entrenudos que aquellas que fueron sembraron con su testa. La cantidad de entrenudos producidos por el tratamiento con solo agua destilada y 250 mg/L de GA₃ no fueron diferentes entre sí, pero sus promedios fueron superiores a los que recibieron 500 mg/L de GA₃.

4.3.6. Número de hojas

Para el promedio de esta variable se consideraron sólo las hojas desarrolladas. El número de hojas fue influenciado sólo por el uso de semillas con y sin testa (Tabla 21). El tratamiento con GA₃ no tuvo efecto significativo. Además no hubo interacción entre semilla y GA₃. La producción de hojas fue significativamente mayor en aquellas plántulas cuyas semillas fueron sembradas sin su testa, con un promedio de 6.94 hojas por planta. Ninguna de las dosis de GA₃ tuvo una influencia significativa en la producción de hojas.

Tabla 21. Efecto de dosis de GA₃ y semilla con y sin testa sobre el porcentaje de germinación, altura de plántula, diámetro, longitud de entrenudo, número de entrenudo y número de hojas de plántulas de achachairú

Tratamiento	Emergencia (%)	Altura de plantula (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de entrenudo (cm)	Número de entrenudo	Número de hojas
Tratamiento de semillas (S)	ns	*	*	*	*	*
Con testa	95.54	15.32 b	3.56 b	3.01 b	5.13 b	5.92 b
Sin testa	96.29	17.28 a	3.91 a	3.23 a	5.42 a	6.94 a
GA ₃ (mg/L)	*	*	ns	*	*	ns
0	96.65 a	16.10 b	3.78	2.90 c	5.60 a	6.53
125	92.22 b	15.75 b	3.68	3.07 b	5.20 ab	6.38
250	98.88 a	17.05 a	3.73	3.40 a	5.03 b	6.38
S x GA ₃	ns	*	ns	*	ns	ns
Con testa x 0	97.80	15.37 d	3.57	2.80 c	5.50	6.07
Con testa x 250	91.10	15.03 d	3.53	3.07 b	4.97	5.80
Con testa x 500	97.80	15.57 c	3.57	3.17 b	4.93	5.90
Sin testa x 0	95.50	16.83 b	4.00	3.00 bc	5.70	7.00
Sin testa x 250	93.30	16.47 c	3.83	3.07 b	5.43	6.97
Sin testa x 500	100.00	18.53 a	3.90	3.63 a	5.13	6.87

Dentro de una columna y dentro de un efecto principal o interacción significativa, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), de acuerdo a las diferencias mínimas significativas de Fisher.

4.4. Discusión

Las giberelinas exógenas producen un aumento de la división celular y la elongación de las células, y promueven la germinación de semillas e inducen la floración (Taiz y Zeiger, 2006). En un estudio para ver el efecto de GA₃ en plantas de aguacate, realizaron un pre tratamiento de las semillas con diferentes concentraciones de GA₃ (10, 100, 1,000 y 10,000 ppm) (Burns et al., 1966). Con la dosis de 1000 y 10,000 ppm la germinación se produjo en menor tiempo que los demás tratamientos. Además la cantidad de semillas germinadas, la altura de plantas, el diámetro de tallo y la longitud de entrenudos fueron significativamente mayores a los demás tratamientos. En el presente experimento también se observó el mismo efecto. La emergencia de plántulas tuvo el promedio más alto en presencia de 500 mg/L de GA₃ en comparación al uso de 250 mg/L, pero no fue diferente del tratamiento con solo agua destilada. La altura y longitud de entrenudos, también fueron influenciadas por el pretratamiento de semilla y la dosis alta de GA₃ exhibiendo un incremento significativamente superior en las plantas de semillas sin testa. Adefemi (2010), estudió el efecto de concentraciones de 0.04 a 0.10 ppm de GA₃ e IBA como pretratamientos en semillas de *Gmelina arborea*. El uso de los pretratamientos de reguladores de crecimiento tuvo efecto significativo solo en el diámetro de tallo y el porcentaje de germinación. Las semillas que no recibieron un pre-tratamiento (control) produjeron mayor diámetro de tallo en comparación a las semillas tratadas. A una dosis de 0.04 ppm de los reguladores de crecimiento se produjo una mayor germinación de las semillas, mientras que el control fue ineficiente. En resumen, el estudio de Adefemi (2010) mostró que el uso de los reguladores de crecimiento a dosis baja resultó en mayor germinación de las semillas, mientras que en el estudio de Burns et al. (1966) con semillas de aguacate y en el presente experimento se obtuvieron mayor germinación de semillas a alta dosis. Esto confirma que el efecto de los reguladores de crecimiento puede variar de acuerdo a la especie. En el presente experimento también hubo un mayor incremento del diámetro de tallo en plantas que no recibieron ningún tratamiento de GA₃, pero el promedio no fue significativamente diferente de las demás. Las semillas sin testa tuvieron mayor diámetro de tallo. Por otro lado, el número de entrenudos fue significativamente menor al aplicar GA₃ en comparación con plantas no tratadas. Con las semillas sin testa hubo mayor producción de hojas.

5. CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos del experimento 1 se observó que los reguladores de crecimiento si tienen efecto sobre el crecimiento de las plantas de achachairú. Los efectos fueron diferentes de acuerdo al tipo de regulador de crecimiento utilizado, la concentración y las variables estudiadas. En el tiempo a la apertura de hojas, GA₄₊₇ combinado con BA fue el tratamiento que tuvo mayor efecto. Solo tardó 8.2 días entre la aplicación de este tratamiento y la primera apertura de hojas. El número de aperturas fue mayor con la aplicación de los tres reguladores de crecimiento (RC), mientras que BA fue muy eficiente en la producción de hojas por apertura. Por otro lado, el total de hojas inducidas fue mayor cuando se trataron con GA₄₊₇ + BA y GA₃ + GA₄₊₇ + BA, ambos tratamientos con su dosis alta. La altura de planta fue más favorecida con las aplicaciones de GA₃ + GA₄₊₇ + BA y GA₃ + GA₄₊₇, ambos tratamientos con su dosis alta. El uso de BA solo resultó en menor crecimiento en la altura de planta en comparación con los otros RC, pero tuvo mayor efecto que el control, tendencias que se observaron en las cinco fechas evaluadas. El incremento en diámetro de tallo fue significativamente mayor en presencia de GA₄₊₇ solo, o combinado con GA₃ y a dosis alta de GA₃ + GA₄₊₇. Con BA solo y a dosis baja de GA₄₊₇ + BA no hubo un incremento significativo de diámetro de tallo. Con las aspersiones de GA₃ + GA₄₊₇ + BA y GA₃ + GA₄₊₇, ambos a dosis alta, la longitud de entrenudos fue más larga, mientras que con BA solo la longitud y número de entrenudos fueron menores. GA₃ + BA fue muy eficiente en promover el número de entrenudos. La apertura de ramas se produjo en menos tiempo cuando se trató con BA + GA₃ + GA₄₊₇ a dosis alta. GA₄₊₇ no fue efectivo en inducir la apertura de las ramas. La apertura tardó un promedio de 97.3, un periodo inclusive más largo que el control. La longitud de ramas y el número de ramas se incrementaron en respuesta a los tres RC combinados (GA₃ + GA₄₊₇ + BA) con su dosis alta.

En general, con el uso de BA solo, todas las variables evaluadas a excepción de números de hojas por apertura fueron menores respecto a los demás tratamientos, pero cuando este se combinó con las giberelinas mejoraron los promedios de muchas variables. Generalmente los efectos fueron mayores cuando se combinaron los tres reguladores de crecimiento (GA₃ + GA₄₊₇ + BA). La única desventaja que se encontró con este tratamiento fue que el largo y ancho de las

hojas fueron disminuyendo con el tiempo (datos no presentados). Se puede recomendar el uso de giberelinas y BA para reducir el período de crecimiento en plantas de achachairú.

En el experimento 2 el diámetro de tallo, número de entrenudo y número de hojas fueron favorecidas por el pretratamiento de tratamiento de semillas, siendo más efectiva en las plantas de semillas sin testa. La altura de planta y la longitud de entrenudos tuvieron valores más altos en plantas de semillas con y sin testa tratados con la dosis alta de GA₃. En general, en este experimento el uso de semillas sin testa tuvo mayor efecto en las variables evaluadas. Esto sugiere que con un menor costo se podrían mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Cuando se quiera incrementar el tamaño de plántulas de achachairú se recomienda el uso de GA₃, GA₄₊₇ solos o combinados a dosis baja y la combinación de GA₃ + GA₄₊₇ + BA a dosis alta. Para obtener plantas de mayor tamaño y mayor área foliar se puede utilizar GA₃ + BA o GA₄₊₇ + BA, pero GA₃ + BA sería el más recomendable por su menor costo de adquisición. El uso de semillas sin testa es una buena alternativa para mejorar el crecimiento de plántulas de achachairú.

6. LITERATURA CITADA

- Adefemi, O.J. 2010. Effect of plant growth hormones on rapid multiplication of *Gmelina arborea* seedlings using Gmelina seed and stem cuttings. Informe de Proyecto, College of Plant Science and Crop Production, Nigeria, 34 pp.
- Ardaya, B.D. 2009. Cultivo de achachairú-Manual de recomendaciones. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT-Bolivia), 104 pp.
- Arteca, R.N. 2010. Plant growth substances: Principles and applications. Chapman & Hall, New York, 332 pp.
- Ayyub, C.M., A. Manan, M.A. Pervez, M.I. Ashraf, M. Afzal, S. Ahmed Shoab-ur-Rehman, M.M. Jahangir, N. Anwar y M.R. Shaheen. 2013. Foliar feeding with gibberellic acid (GA₃): A strategy for enhanced growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). African Journal of Agricultural, 8(25):3299-3302.
- Batlang, U., V.E. Emongor y F. Pule-Meulenburg. 2006. Effect of benziladenine plus gibberellins and gibberellic acid on yield and yield components of cucumber (*Cucumis sativus* L. 'Tempo'). Journal of Agronomy, 5(3):418-423.
- Burke, J.J. 2011. 6-Benzyladenine enhancement of cotton. Journal of Cotton Science, 15:206-214.
- Burns, R.M., S.M. Mircetich, C.W. Coggins y G.A. Zentmyer. 1966. Gibberellin increases growth of Duke avocado seedlings. California Agriculture, 20(10):6-7.
- Canli, A.F., y H. Orham. 2009. Effects of foliar gibberellic acid applications on vegetative growth of pear, apple and cherry seedlings. International Journal of Natural and Engineering Sciences, 3(1):95-98.
- Carey, D.J. 2008. The effects of benzyladenine on ornamental crops. Tesis M.S. Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, N.C., 405 pp.
- Davies, P.J. 1987. Plant hormones and their role in plant growth and development. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 681 pp.
- Davies, P.J. 2010. Plant hormones. Tercera edición, Springer, New York, 782 pp.
- Fathi M.A., A.I. Mohamed y A. El-Bary A. 2011. Effect of Sitofex (CPPU) and GA₃ spray on fruit set, fruit quality, yield and monetary value of "Costata" Persimmon. Nature and Science, 9(8):40-49.

- Galun, E. 2010. Phytohormones and patterning: The role of hormones in plant architecture. World Scientific Publishing Company, Singapore, 411 pp.
- Gul, H., A.M. Khattak y N. Amin. 2006. Accelerating the growth of *Araucaria heterophylla* seedlings through different gibberellic acid concentrations and nitrogen levels. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2(1):25-29.
- Hedden, P. y S.L. Phillips. 2000. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. *Elsevier Science*, 5(12):523-530.
- Hedden, P. y S.G. Thomas. 2006. Plant hormone signaling. Blackwell Publishing, Harpenden, 348 pp.
- Hooykaas, P.J.J., M.A. Hall y K.R. Libbenga. 1999. Biochemistry and molecular biology of plant hormones. Elsevier Science, Amsterdam, 541 pp.
- Kefeli, V.I. y M.V. Kalevitch. 2003. Natural growth inhibitors and phytohormones in plants and environment. Springer Science+Business Media, Dordrecht, 323 pp.
- Lethan, D. 1963. Zeatin, a factor inducing cell division isolated from *Zea mayz*. *Life Sciences*, 8:569 - 573.
- Lim, T.K. 2012. Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 2: Fruits, Springer, New York, 831 pp.
- Littell, R.C., P.R. Henry y C.B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76:1216-1231.
- Little, C.H.A., y J.E. MacDonald. 2003. Effects of exogenous gibberellin and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. *Tree physiology* 23(2):73-83.
- Lolaei, A., N. Teymouri, R. Bemana, A.K. Pour y S. Aminian. 2013. Effect of gibberellins on vegetative and sexual growth and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. “Selva” and “Queen Elisa”). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(14):1508-1513.
- MacMillan, J. y N. Takahashi. 1968. Proposed procedure for the allocation of trivial names to the gibberellins. *Nature*, 217:170-71.
- MacMillan, J. 1980. Hormonal regulation of development I. Springer-Verlag, Berlin, 684 pp.
- Marler T.E. y M.V. Mickelbart. 1992. Application of GA₄₊₇ to stem enhances carambola seedling growth. *HortScience*, 27(2):122-123.

- Mary, J.S. y J. Merina. 2012. Effects of gibberellic acid on seedling growth, chlorophyll content and carbohydrate metabolism in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) genotypes under saline stress. *Research Journal of Chemical Sciences*, 2(7):72-74.
- Miller, C.O., F. Skoog, M.H.Von Saltza y F. Strong. 1955. Kinetin, a cell division factor from deoxyribonucleic acid, *Journal of the American Chemical Society*, 77:1392-1393.
- Moore, T.C. 1979. *Biochemistry and physiology of plant hormones*. Springer -Verlag, New York, 274 pp.
- Mostafa, E.A.M. y M.M.S. Saleh. 2006. Influence of spraying with gibberellic acid on behaviour of Anna apple trees. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(8):477-483.
- Muñoz, G.L., J.J. Vargas H., H. M. de los Santos P. y J. López U. 2012. Efecto de AG_{4/7} y del anillado en el tronco sobre el crecimiento del brote en *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3):239-249.
- Naeem, N., M. Ishtiaq, P. Khan, N. Mohammad, J. Khan y B. Jamiher. 2001. Effect of gibberellic acid on growth and yield of tomato "Roma". *Journal of Biological Sciences*, 1(6):448-450.
- Naeem, M., I. Bhatti, R.H. Ahmad y M.Y. Ashraf. 2004. Effect of some growth hormones (GA₃, IAA and kinetin) on the morphology and early or delayed initiation of bud of lentil (*Lens culinaris* Medik). *Pakistan Journal of Botany*, 36:801-809.
- Pharis, R.P. y S.B. Rood. 1990. *Plant growth substances 1988*. Springer-Verlag, Berlin, 657 pp.
- Prat, L., C. Botti y T. Fichet. 2008. Effect of plant growth regulators on floral differentiation and seed production in Jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider). *Industrial Crops and Products*, 27:44-49.
- Salakpetch S., 2000. Studies on juvenility of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Tesis Ph.D. Horticulture, University of Hawaii.
- Shahid, M.R., M. Amjad, K. Ziaf, M.M. Jahangir, S. Ahmad, Q. Iqbal y A. Nawaz. 2013. Growth, yield and seed production of okra as influenced by different growth regulators. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 50(3): 387-392.
- Soad, M.M., S. Lobna y M.M. Farahat. 2010. Vegetative growth and chemical constituents of croton plants as affected by foliar application of benzyl adenine and gibberellic acid. *Journal of American Science*, 6(7):126-130.
- Sridhar, P. 2006. Hormonal regulation of growth and yield in Jasmine (*Jasminum auriculatum* Vahl). Thesis M.S. University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka, India. 62 pp.
- Steven, P.F. 2007. *Clusiaceae-guttiferae*. In K. Kubitzki, ed. *The families and genera of vascular plants*, Volume IX, Springer, Berlin, 48-66.

- Sweeney, P.W. 2008. Phylogeny and floral diversity in the genus *Garcinia* (*Clusiaceae*) and relatives. *Journal Plant Science*, 169:1288-1303.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. Third edition, Sinauer Associates, Sunderland 623 pp.
- Takahashi, N., B.O. Phinney y J. MacMillan. 1991. *Giberellins*. Springer-Verlag, Berlin 426 pp.
- Unamba, C.I.N., I.O. Ezeibekwe y F.N. Mbagwu. 2009. Comparative effect of the foliar spray and seed soaking application method of gibberellic acid on the growth of *Abelmoschus esculentus* (Okra Dwarf). *Journal of American Science*, 5(4):133-140.
- Vello, A.C., J.M. De Oliveira, E. Lima y V. De Oliveira. 2012. Effect of gibberellic acid and the biostimulant stimulate on the initial growth of tamarind. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34(1):8-14.
- Wiebel, J., W.J.S. Downton y E.K. Chacko. 1992. Influence of applied plant growth regulators on bud dormancy and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Scientia Horticulturae*, 52(1-2):27-35.
- Yakubu, H., A.U. Izge, M.A. Hussaini, J.M. Jibrin, O.G. Bello y M.S. Isyaku. 2013. Varietal response and gibberellic acid concentrations on yield and yield traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under wet and dry conditions. *Journal of Agricultural Research*, 1(1):1-8.
- Yaqoob Chaudhry N. y U. Khadem Hussain. 2001. Effect of growth hormones i.e., GA₃, IAA and kinetin on the external morphology and flowering of *Phaseolus aureus* L., *Journal of Biological Sciences*, 1(9):801-804.
- Zimmermann, R.H. 1971. flowering in crabapple seedlings: Methods of shortening the juvenile phase. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96:404-411.

7. APÉNDICE

Tabla 1. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos para la altura de planta

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				2497.98
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	2458.16
3		corCompSymm	Parcela			2379.95
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	2325.39
5		corAR1	Parcela			2273.75
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	2227.43
7	Parcela	corAR1	Parcela			2279.44
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	2219.87
9		corSymn				2242.01

Tabla 2. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos para diámetro de tallo

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				753.84
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	765.49
3		corCompSymm	Parcela			656.11
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	655.10
5		corAR1	Parcela			569.73
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	578.64
7	Parcela	corAR1	Parcela			575.42
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	584.33
9		corSymn				620.20

Tabla 3. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos para longitud de entrenado

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				1689.79
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	1675.41
3		corCompSymm	Parcela			1650.21
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	1602.57
5		corAR1	Parcela			1588.22
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1538.90
7	Parcela	corAR1	Parcela			1593.91
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1541.64
9		corSymn				1570.04

Tabla 4. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos para número de entrenados

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				1008.64
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	909.20
3		corCompSymm	Parcela			970.05
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	864.60
5		corAR1	Parcela			940.16
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	849.70
7	Parcela	corAR1	Parcela			945.85
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	
9		corSymn				875.70

Tabla 5. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos para longitud de ramas

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				1549.24
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	1537.84
3		corCompSymm	Parcela			1499.95
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	1484.63
5		corAR1	Parcela			1490.20
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1477.12
7	Parcela	corAR1	Parcela			1495.07
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1478.09
9		corSymn				1491.23

Tabla 6. Elección del mejor modelo haciendo uso del criterio de información bayesiana (BIC) con modelos lineales generales y mixtos

Modelo	Error aleatorio	Correlación	Criterio de agrupamiento	Heteroscedasticidad	Criterio de agrupamiento	BIC
1		Err. Indep				1217.48
2		Err. Indep		VarIdent	Tiempo	1206.68
3		corCompSymm	Parcela			1150.21
4		corCompSymm	Parcela	VarIdent	Tiempo	1137.11
5		corAR1	Parcela			1130.78
6		corAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1114.30
7	Parcela	corAR1	Parcela			1136.18
8	Parcela	corCAR1	Parcela	VarIdent	Tiempo	1119.68
9		corSymn				1134.13