

IND-29

**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Y DEL AMBIENTE
INVESTIGACIONES FORESTALES**

**EFFECTO DE ALGUNOS REGULADORES
DE CRECIMIENTO SOBRE PLANTULAS
DE ARRAYAN**

No. 45



I N D E R E N A

**INSTITUTO NACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES Y DEL AMBIENTE**

SUBGERENCIA DE BOSQUES

DIVISION DE FOMENTO ESTACION FORESTAL LA FLORIDA

Santafé de Bogotá, D.C. – Colombia – 1992
Apartado Aéreo 13458 – Santafé de Bogotá – Colombia
Teléfonos: 4304018 – 4304029 Fax 4304018

El Plan de Acción Forestal para Colombia PAFC, persigue la ejecución de actividades que permiten la generación de conocimientos para el manejo de los ecosistemas forestales productivos y protectores y las bases ecológicas y tecnológicas requeridas para propiciar el desarrollo industrial y social del país basado en el bosque y los estudios que permitan la recuperación y conservación de las cuencas hidrográficas y el aprovechamiento de los sistemas forestales.

En desarrollo del PAFC dentro del INDERENA, con la implementación del Plan Nacional de Investigaciones Forestales PLANIF, pretende adelantar la investigación tendiente al conocimiento y manejo de nuestros bosques, originando innovaciones y tecnologías de apoyo a la reforestación, involucrando las áreas de enfermedades, plagas, daños abióticos, fisiología en semillas, viveros y plantaciones, incluyendo el mejoramiento genético, la agroforestería y los usos del bosque diferentes de la madera.

La Estación Forestal La Florida, lidera, coordina y ejecuta proyectos del PLANIF en INDERENA a nivel nacional, cuyos resultados concretos son plasmados en esta serie de publicaciones.

**EFFECTO DE ALGUNOS REGULADORES DE
CRECIMIENTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DE PLANTULAS DE ARRAYAN
(*Myrcianthes Leucoxylo*)**

Autores

AMPARO RAMIREZ DEL CASTILLO

Bióloga Msc

ENRIQUE TRUJILLO NAVARRETE

Ingeniero Forestal Msc

Introducción

En Colombia, el conocimiento de especies forestales referido a procesos fisiológicos de plantas y cultivos no ha sido objeto de programas de investigación, que a corto o largo plazo hayan contemplado el manejo de fenómenos de crecimiento, ni el estímulo de procesos de desarrollo en plántulas aisladas o en competencia.

La investigación en el área de la fisiología forestal se reduce a algunos ensayos importantes en semillas, propagación vegetativa y nutrición mineral con énfasis en especies exóticas.

En contraposición a lo que se ha investigado en especies agrícolas, en forestales no se ha evaluado el posible efecto de reguladores hormonales de uso común. El uso de sustancias hormonales naturales o sintéticas hace parte de los métodos de nuevas tecnologías que permiten modificar y estimular tasas de crecimiento o manipular procesos de desarrollo. Se desconoce aún la respuesta en plántulas de especies forestales de lento crecimiento o reguladores hormonales. Puede suponerse con cierta seguridad que adoptar nuevas tecnologías a nivel de vivero, que incluyan la manipulación de sustancias como las mencionadas redundaría en un incremento en la producción de plántulas uniformes, acelerando tal vez procesos de producción sin detrimento de características de calidad.

En la presente investigación se sugirió la siguiente hipótesis: los reguladores de crecimiento exógenos afectarían una serie de procesos metabólicos cuya consecuencia podría ser un desarrollo precoz en una etapa temprana de éste y/o una distribución modificada de asimilados en la planta. El objetivo principal fue analizar y evaluar los efectos fisiológicos del AIA (ácido indol acético), AIB (ácido indol butírico), BAP (benzil amino purina), K (kinetina) AG3 (giberelina), MH30 (hidrazia maleica) y alar sobre el crecimiento y desarrollo de una especie de lento crecimiento como el arrayán (*Eugenia rhopaloides*). Se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento en altura de plántulas bajo el efecto de los reguladores de crecimiento empleados en diferentes dosis.
- Evaluar y comparar la ganancia y distribución de materia seca en plántulas de *Myrciatis Leucoxyta* bajo el efecto de diferentes reguladores.
- Analizar los parámetros directos tales como peso seco, área foliar y altura en una especie de lento crecimiento, para obtener un análisis de crecimiento en una etapa temprana de desarrollo.
- Comparar el tipo de desarrollo de las plántulas bajo la influencia de diferentes reguladores probados en diferentes dosis.

Justificación y antecedentes

Actualmente el proceso de producción en vivero para algunas especies es muy lento y su crecimiento muy heterogéneo; estos factores son causa de un incremento en los costos de

producción. Se justifica por lo tanto, aplicar métodos propios de tecnologías modernas para mejorar las técnicas de producción tradicionales y la calidad de las plantas en crecimiento.

El arrayán (*Myrcianthes Leucoxyia*) es una especie perteneciente a la familia Myr-

de ambientes húmedos propios del bosque nublado. Se asocia con especies como encenillos y trompetos, es semiheliófila con buena regeneración natural. Es un arbusto frondoso de 5 a 6 metros de altura. Copa cónica, follaje abundante, flexible y compacta, presenta hojas simples, opuestas de haz verde oscuro brillante y yemas rojizas; sus flores de olor agradable se agrupan en racimos auxiliares de caliz verde pálido, corola blanca con tintes vináceos y estambres blancos. Sus frutos son drupas redondeadas como sus semillas. Es de tronco recto, de corteza gris blanquesina delgada y ritidoma liso.

Es una especie recomendada para conservación de suelos y cañadas, así como para ornamentación. Su madera tiene diferentes usos industriales (Plata, 1984; Pérez, 1976).

Actualmente el proceso de producción de esta especie en vivero es muy lento, ya que se requiere un período mínimo de año y medio para obtener plántulas óptimas para ser entregadas al usuario. Esta desventaja incide en la calidad de plántulas disponibles y en un incremento en los costos de producción.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el vivero de la Estación Forestal La Florida, localizada a 2550 m.s.n.m. con temperatura promedio de 12.9o C, precipitación anual de 748 mm, humedad relativa de 72%, brillo solar de 4.3 horas/día.

El ensayo se inició con plántulas de 11 meses obtenidas de semillas procedentes de la Sabana de Boaojá. las plántulas fueron transplantadas a bolsas de 12 x 20 cm con un

Cuadro No. 1

Reguladores y concentraciones de los mismos utilizados en 19 tratamientos

Tratamiento No.	Reguladores	Concentración
T1	ácido indol acético	50 ppm
T2	ácido indol acético	300 ppm
T3	ácido indol acético	1000 ppm
T4	ácido indol butírico	50 ppm
T5	ácido indol butírico	300 ppm
T6	ácido indol butírico	1000 ppm*
T7	ácido giberético	50 ppm
T8	ácido giberético	300 ppm
T9	ácido giberético	1000 ppm*
T10	Kinetina	50 ppm
T11	Kinetina	300 ppm
T12	Kinetina	1000 ppm
T13	bencil amino purina	50 ppm
T14	alar	50 ppm*
T15	alar	300 ppm*
T16	alar	1000 ppm*
T17	MH30	50 ppm*
T18	MH30	300 ppm*
T19	Testigo	

* Tratamientos con una segunda aplicación a los dos meses de iniciado el ensayo.

TCR: Tasa de Crecimiento Relativo

Incremento en peso seco (W) con un intervalo de (T) con relación a un peso inicial.

Se calcula con base en peso seco

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1)$$

RAF: Relación Existente entre Area Foliar (AF) expuesta por la planta y la biomasa total de la planta (W).

$$RAF: \text{Valor Instantaneo} = \frac{AF}{W}$$

RWF: Relación de Peso Foliar. Índice de la producción de tejido foliar /W total.

TAN: Medida de la eficiencia de una planta o una población como sistema asimilatorio igual ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo.

$$TAN = \frac{(W_2 - W_1)}{T_2 - T_1} * \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(AF_2 - AF_1)}$$

W y AF = Relación ined. inicial

IAF = Relación entre área foliar y área de suelo ocupada por el cultivo.

$$IAF = \frac{AF}{AS}$$

TCC = Ganancia W de una comunidad de plantas.

DAF= Duración del Area Foliar

Valor integrado de IAF sobre un período de tiempo igual a la persistencia del área foliar durante todo el período del cultivo.

$$DAF = (IAF1 + IAF2) (T2 - T1)/2$$

CGR = Ganancia W para una población de plantas.

Relacionando medidas

Para una planta sin competencia.

$$TCR = NAR * LAR = TAN * RAF$$

TCC = Tasa de crecimiento del cultivo igual análisis integrado de crecimiento.

$$TCC = TCR * Biomasa$$

Resultados y Discusión

Con base en los datos obtenidos en cinco muestreos, se discute primero el efecto de cada uno de los tratamientos sobre altura, número de hojas, área foliar, peso total, peso seco de la parte aérea y peso seco ganado en raíz, durante el tiempo del ensayo.

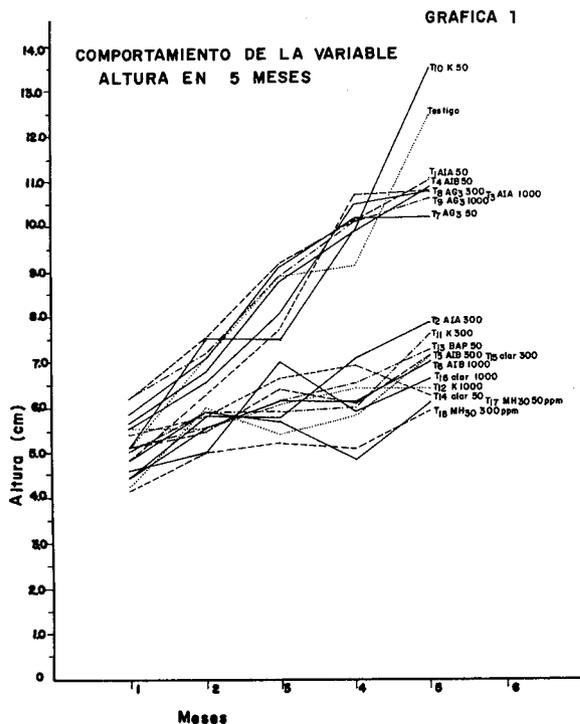
Altura

Para el parámetro altura se registran los datos de cinco meses, habiendo obtenido el dato mes a mes.

En la Gráfica No.1 se registran los datos obtenidos; según esta gráfica, las plántulas a las cuales se les suministró AG3 (50,300.1000 ppm), AIA (50,100 ppm), IBA (50 ppm) Y K (50 ppm) y el tratamiento Testigo mostraron desde las evaluaciones iniciales mayores alturas comparando con las alturas alcanzadas en plántulas bajo tratamiento con BAP, IBA y Kinetina en concentraciones mayores, MH30 y Alar.

Los tratamientos con MH30 registraron el menor crecimiento de altura, en diferencias notables con respecto al Testigo, como se puede apreciar en la gráfica.

En un análisis general al final, después de cinco meses, solo el tratamiento con K, 50 ppm (Promedio 13.4 cm) registró alturas superiores al testigo (promedio 12.4 cm).



Analizando estadísticamente mes a mes el crecimiento en altura se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Esta diferencia no está basada en el contraste de alturas alcanzadas entre Testigo Vs. Otros tratamientos.

Al final del quinto mes, se observó un incremento continuo. En los promedios de los tratamientos anteriormente esbozados en el análisis de varianza para este mes, se presentaron diferencias altamente significativas en las comparaciones múltiples.

Se pudo establecer que en lo referente a las auxinas, el AIA es más estimulante que AIB, y a su vez, en una concentración menor (50 ppm) ejerce un mayor efecto sobre el crecimiento en altura que concentraciones mayores (Ver Fotografía No. 1).

Estas concentraciones no promueven notablemente el crecimiento longitudinal; podría suponerse que ocurriría un desbalance respecto a auxinas endógenas y otras hormonas. Es posible que el AIA en bajas concentraciones ocasione un efecto sinérgico con la auxina endógena, alcanzando los niveles óptimos de AIA para alargamiento de tallo (Hess, 1980) propiciando el inicio de procesos como expresión de genes relacionados con la síntesis de ARN y proteínas en tejidos en crecimiento (Barcelo, 1983) y aquellos procesos relacionados

en la dilatación plástica de la pared. Según Hess (1980) concentraciones altas de AIA actúan como inhibidores y no promueven la división celular que podría conseguirse con una combinación de AIA y citoquinina.

Con el ácido indol-butírico se presentó la misma tendencia registrada por AIA; concentraciones menores (50 ppm) promueven más el crecimiento que concentraciones de 300 y 1000 ppm.

Entre las diferentes concentraciones de AG3 no hubo diferencias significativas, por lo tanto puede asumirse de acuerdo con Hess (1980) que incluso utilizando dosis altas no se obtiene ninguna acción inhibitoria sobre el alargamiento. Aunque no hubo diferencia con el Testigo aparentemente se presentó mayor elongación con tratamientos a base de AG3, como se puede apreciar en la Fotografía No.2.

Comparando los datos de altura obtenidos con reguladores de tipo alar y MH30 respecto a los obtenidos con citoquininas se logró observar el efecto inhibitorio ejercido por los primeros.

Entre las citoquininas hubo diferencias altamente significativas; en promedio con kinetina se lograron alturas de 9.19 cm, mientras que con BAP sólo se obtuvo un promedio de 7.36 cm.

La kinetina en 50 ppm fue entre todos los reguladores suministrados, aquel que promovió más la altura de plántula (Ver Fotografía No.3). En esta concentración se logró una altura superior a la altura registrada por el Testigo a los cinco meses de transplantadas las plántulas (Ver Gráfica No.1). Es posible que en esta concentración se promoviera un balance hormonal que estimulara procesos de división celular especialmente; Además de procesos de alargamiento (Hess, 1980) así como activación de yemas y división celular en éstas, se presume que niveles de 300 ppm y 1000 ppm de K pueden resultar inhibitorios, ya que el promedio de crecimiento en éstos fue de 7.0 cm mientras que una concentración de 50 ppm dió como resultado un promedio de 13.46 cm en altura. Este efecto inhibitorio de los niveles mencionados podría revertirse si se da un ensanchamiento de las células, ocasionando un aumento de las secciones y como consecuencia un aumento del peso fresco y del peso seco sin que exista alargamiento; ésto podría aclararse al analizar la distribución de peso seco en la parte aérea y en raíces, ya que también en raíces se ha probado un estímulo en la formación de raíces laterales en concentraciones que pueden inhibir crecimiento de raíz principal (Barcelo, 1983).

Se podría afirmar que la aplicación foliar de citoquininas en esta especie, si es aceptada por la planta y movillizada tal vez de una manera más eficiente a través del floema cuando se suministra en una solución de baja concentración; una posible acumulación en hojas podría traducirse en peso seco en la parte aérea, principalmente en hojas y ejercer así un efecto localizado; más adelante se discute si el efecto de concentraciones altas aplicadas exógenamente se traduce en expansión foliar (área foliar) o en incremento en el número de hojas.

Respecto a la acción ejercida por inhibidores se encontró que en cualquier nivel de alar o MH30 entre las concentraciones probadas, el crecimiento en altura se inhibió en forma notoria, siendo mayor el efecto inhibitorio con MH30.

Estos fitorreguladores superan en esta especie cualquier nivel de promotores endógenos, ya que respecto al Testigo se inhibió en un 50% el crecimiento en altura (Ver Fotografía No.4). Se supone pues que la hidrazida maléica (MH30) tiene efectos antiauxínicos, aparente-

Fotografía No.1

Efecto de AIA aplicado en diferentes concentraciones.



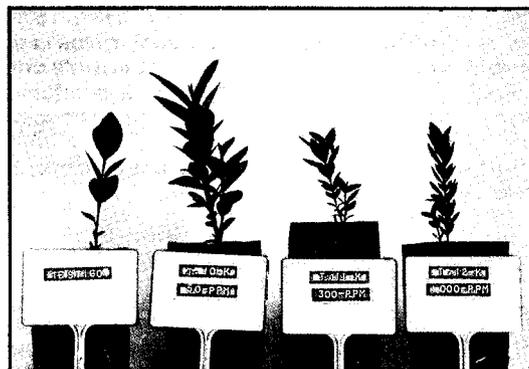
Fotografía No.2

Efecto del AG3 en diferentes concentraciones.



Fotografía No.3

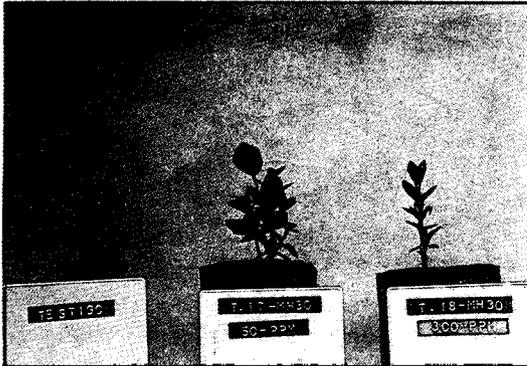
Efecto de la Kinetina suministrada en diferentes concentraciones.



mente por alterar el floema se suspende la translocación de azúcares desde las hojas. Esta posible acumulación de azúcares podría traducirse en disminución de peso seco en raíces.

Fotografía No.4

Efecto de MH30 aplicado foliarmente en dos concentraciones.



Fotografía No. 5

Efecto del alar



El efecto del alar con el cual también se redujo el crecimiento en un 50% respecto al Testigo responde a un carácter antigiberélico, del cual se sospecha inhibe la síntesis de giberelina. Este efecto de acortamiento de entrenudos se ha reportado en café por ejemplo (Valencia, 1982), tanto en ramas como en tallos. No se ha reportado si el acortamiento de entrenudos favorece un incremento de biomasa en hojas o raíces por modificación de área foliar.

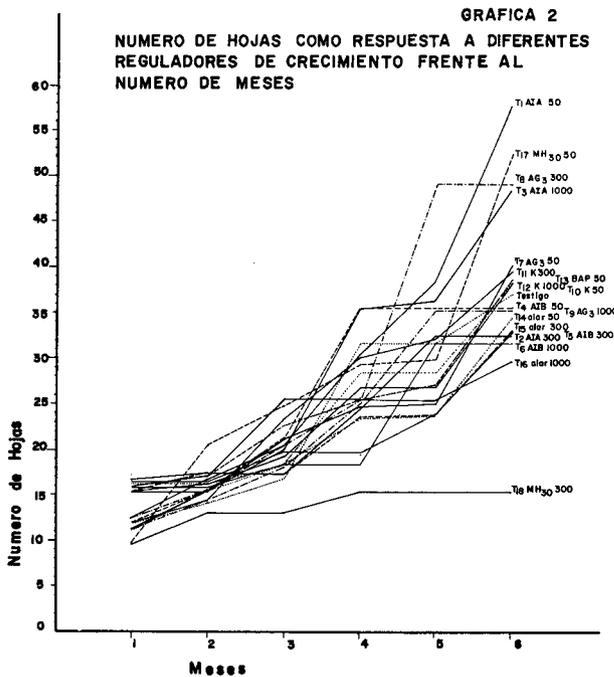
En general, se puede observar un ligero incremento del crecimiento en altura con la utilización de Kinetina en una concentración de 50 ppm.

Número de hojas

Según los análisis estadísticos, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para la variable número de hojas, después de un mes de aplicados los regulares (ver gráfica No.2); con la aplicación de éstos se logró un incremento inicial en el

número de hojas, respecto al promedio registrado por el Testigo. A los dos o tres meses de iniciado el ensayo (muestréos 2 y 3) no se encontraron diferencias entre tratamientos.

En el cuarto muestreo el ácido indol acético favoreció la diferenciación de mayor número de hojas, con respecto al AIB. Las citoquininas favorecen la aparición de mayor número de hojas respecto al alar y MH30; éste último en 50 ppm resulta menos inhibitorio que en 300 ppm. En el quinto muestreo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos pero comparando con el Testigo (27.7 promedio de número de hojas), las auxinas, el AG3 y la kinetina en 50 ppm promovieron un incremento en el número de hojas; con AIA, 50 ppm, se obtuvo un promedio de 38.3 y con K, 50 ppm un promedio de 29.6 cm. Respecto al MH30, 50 ppm, no tuvo un efecto antiauxínico ya que en ésta se obtuvo un promedio similar al Testigo (29.8) pero con 300 ppm si se redujo significativamente el número de hojas; en esta concentración si se puede considerar como un retardante de crecimiento (Ver Fotografía No.4).



Area foliar

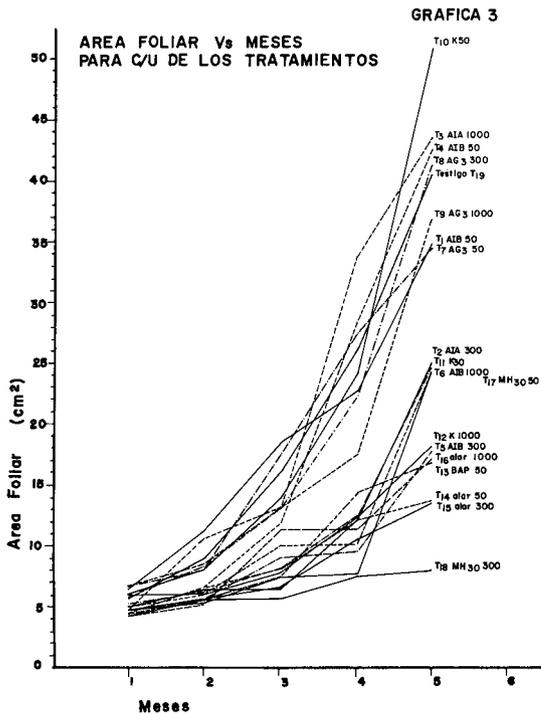
En los primeros meses del ensayo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, solo se encontraron diferencias significativas en área foliar hasta el cuarto muestreo. En éste se encontró nuevamente que de las auxinas probadas, el AIA ejerce mayor estímulo que el AIB.

En este caso la respuesta de la planta es diferente ante las dos auxinas; mientras mayores concentraciones de AIA estimulan una mayor área foliar, lo que supone un efecto sinérgico marcado con el AIA endógeno, el IBA es más activo en bajas concentraciones, resultando aparentemente tóxico en concentraciones mayores, ya que reduce notablemente la expansión foliar.

Las citoquininas tienen efecto contrastante con alar y MH30 pero en citoquininas la K 50 ppm tiene un comportamiento más estimulante.

Hacia el quinto mes, el patrón de respuesta continúa siendo el mismo para las dos auxinas, el IBA en concentración baja (50 ppm) favorece un mayor incremento del área foliar (42.46 cm² en promedio) que en concentraciones más altas (300 y 1000 ppm); en éstas se reportan en promedio un área foliar de 21.13 cm², diferencia altamente significativa (Ver Gráfica

No.3). Dentro de las respuestas provocadas por diferentes niveles de AG3 no se encontraron diferencias significativas, pero el efecto se considera relativamente estimulante (podría favorecer ensanchamiento celular) con base en respuestas como la del Testigo. Las citoquininas, concretamente la kinetina, favorecen claramente la expansión foliar. Existen diferencias altamente significativas y contrastantes entre alar y MH30. Así mismo, entre las citoquininas probadas la kinetina es mucho más efectiva que BAP (31.01 cm² Vs. 16.9 cm²) y aquella en 50 ppm es mucho más estimulante (50.08 cm² en promedio) sobre el área foliar que concentraciones de 300 y 1000 ppm (promedio 21.48 cm²) lo que supone un

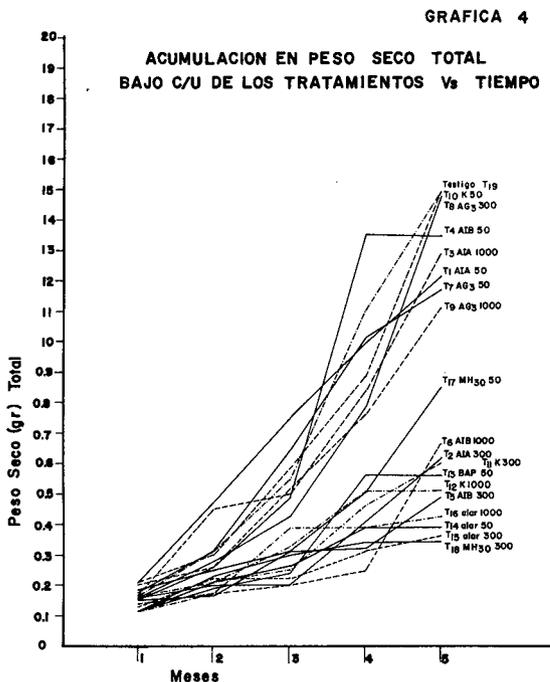


requerimiento relativamente bajo de kinetina para lograr un balance hormonal que resulte estimulante para iniciar procesos de citoquinesis (Clavijo, 1989); en el análisis de crecimiento se podrá relacionar incrementos de área foliar con eficiencia fotosintética. Entre MH30 y alar no hubo diferencias significativas y su efecto como inhibidores es claro (Ver Gráfico No.2); los promedios de área foliar fueron inferiores al Testigo, especialmente con MH30 300 ppm.

Peso seco total

En acumulación de materia seca se encontraron diferencias significativas desde el primer muestreo, durante todo el período del ensayo se encontraron diferencias altamente significativas entre auxinas siendo mayores los promedios obtenidos con AIA 50 y 1000 ppm.

En el quinto mes, con base en la información estadística se pudo concluir que el efecto ocasionado por las auxinas no es notoriamente diferente, según los datos estadísticos encontrados con base en los análisis de contraste ortogonales; según la gráfica No.4, con auxinas no se logra una mayor eficiencia acumulativa respecto al promedio obtenido en el tratamiento Testigo; vale la pena anotar que entre AIA 300 y 1000 ppm si se observó que con la concentración más alta de AIA se encontraron diferencias respecto al tratamiento con AIA 300 ppm. Se encontró que el AIA 1000 ppm puede promover hasta el doble de la



acumulación lograda con AIA 300 ppm. También se puede concluir con base en la Gráfica No.4 que el AIB 50 ppm supera estadísticamente el efecto promovido por concentraciones mayores, pero no es superior al Testigo.

Los tratamientos con citoquininas fueron estadísticamente superiores en acumulación de materia seca a aquellos en los que se empleó MH30 y alar; hubiera podido esperarse que si éstos últimos inhiben procesos de crecimiento en altura pudieran estimular una mayor asimilación en plantas bajas, pero se encontró que claramente inhiben procesos metabólicos (Ver Gráfica No.4) reduciendo las tasas de asimilación. Como se probó estadísticamente la kinetina estimula una mayor asimilación comparando el efecto de ésta con BAP 50 ppm como se puede ver en la gráfica; con K 50 ppm se logró la mayor acumulación de materia seca pero no se superó la obtenida en el tratamiento Testigo. Claramente se puede deducir que MH30 en mayor concentración inhibe los procesos metabólicos, mientras que MH30 en 50 ppm reduce en menos de 50% los procesos de asimilación; como se puede observar en la Fotografía No.4, no resulta ser totalmente inhibitorio para el desarrollo de algunas yemas; podría suponerse que según los efectos del MH30 la mayor acumulación de materia seca se redujera a la parte aérea por modificarse procesos de translocación.

Peso seco de raíz

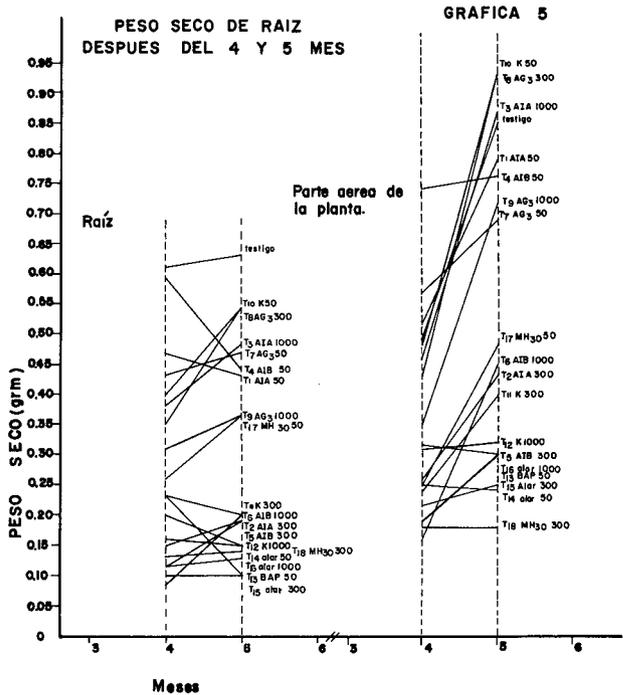
Teniendo en cuenta los resultados del último muestreo, a los cinco meses, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. En el análisis de las diferencias se encontró que el tratamiento testigo mostró mayor valor de peso seco acumulado en raíz, respecto al promedio de los restantes diez y ocho tratamientos. Así mismo, se encontraron diferencias entre los promedios de T2, AIA 300 ppm (0.192 grs) y el T3 AIA 1000 ppm (0.481 g.) mientras que comparando los promedios de peso seco obtenidos con AIB se encontró que con diferencias significativas el AIB en 50 ppm favorece la acumulación de materia seca en raíz frente a concentraciones mayores; el promedio obtenido en éste tratamiento no superó el efecto logrado en T3 AIA 1000 ppm. La especie responde mejor al AIA que al AIB aunque no se supere el promedio obtenido en el Testigo. De las citoquininas, la K 50 ppm mostró los mejores resultados entre los reguladores probados siendo con ésta similares al Testigo. BAP, Alar, MH30 y niveles altos de K y AIB condujeron a un decremento en la acumulación de peso seco de raíz, pero así mismo la mayoría de éstos mostraron su efecto inhibitorio en el metabolismo de la planta ya que la acumulación de materia seca en la parte aérea también fue igualmente baja (ver gráfica No.5).

Se puede concluir que los niveles óptimos de auxinas para raíz muestran una respuesta diferencial: los niveles de AIA exigidos son mayores, respecto a los niveles exigidos de AIB, así pues las curvas de óptimos serían muy diferentes para cada una de las dos auxinas; podría pensarse que en acumulación de asimilados con los niveles endógenos del testigo existe un equilibrio que favorece esta variable y que este balance se modifica diferencialmente con los reguladores probados; esto, analizando el comportamiento de transporte de asimilados para raíz aisladamente sin tener en cuenta posibles modificaciones en la parte aérea de la planta. AG3 300 ppm y K 50 ppm al favorecer un mejor desarrollo de raíz (división y alargamiento de células) dan una mayor capacidad de acumulación en el sistema radicular de la planta, sin superar el balance hormonal sugerido por el Testigo.

Peso seco de la parte aérea

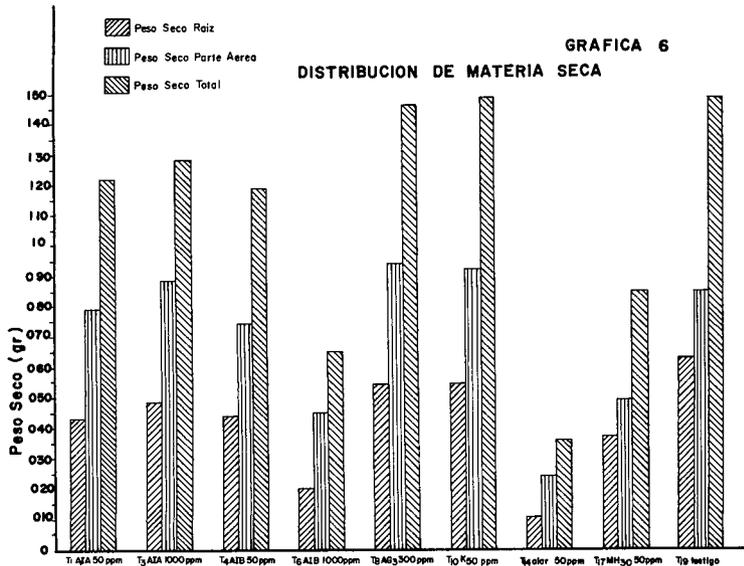
Sobre los promedios de peso seco obtenidos en el último muestreo se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

El análisis estadístico demostró que las respuestas entre los diferentes reguladores probados fueron claramente diferentes. Aunque con el tratamiento testigo se encontrara una diferencia altamente significativa, el promedio obtenido en éste (0.85 g) fue superado por los tratamientos T8 - AG3 300 ppm, (0.93 g) y T10 - K 50 ppm (0.93 g).



aérea de la planta superiores al Testigo; Puede suponerse que el transporte de asimilados fue favorecido indirectamente por AG3 300 ppm y K 50 ppm ya que tasas de citoquinisis, alargamiento celular, estímulo de nuevos brotes, diferenciación de tejidos y un amplio rango de actividades morfogénicas han podido ser estimuladas. Se puede concluir que respuestas de este tipo se consiguieron con niveles relativamente bajos de estas hormonas y que la aplicación foliar de las hormonas si garantizó una toma y translocación de éstas en la planta. Se puede deducir así mismo que alar y MH30, se comportan evidentemente como retardantes ya que no se obtuvo compensación en los promedios de pesos seco obtenidos; también para esta especie se comportan como retardantes de crecimiento con efectos antiberéuticos y antiauxínicos. Como se ha sugerido en café, por ejemplo, (Valencia, 1982) acortamiento de entrenudos promovidos por alar podrían implicar un incremento de biomasa pero en esta especie esta compensación no se obtuvo y este compuesto se comportó definitivamente como un inhibidor (Clavijo, 1989). La biomasa notoriamente respecto al Testigo y a los mejores tratamientos (ver gráfica No.5).

Podría suponerse un daño en el floema (Melgarejo S.F.) y un efecto inhibitor sobre el desarrollo de brotes. Al ocasionarse un daño en el floema hubiera sido posible esperar un incremento de asimilados en la parte aérea, localizado en hojas y una reducción notable en la raíz; se pudo comprobar que su efecto inhibitorio es igualmente acentuado en ambas partes de la planta ya que impide la iniciación foliar; como se observa, la aplicación foliar (posiblemente favorecida por la humedad relativa) fue aceptada por la planta y en la concentración más alta, ésta pudo consecuentemente incrementar su acumulación en yemas axilares y afectar la actividad meristemática.



En algunos casos se aprecia en la fotografía que presenta el efecto del MH30 (ver fotografía No.4) con la concentración más baja (50 ppm) se presentó la estimulación de brotes laterales, lo cual puede explicarse porque el inhibidor ha podido afectar la yema terminal (efecto antiauxínico) de modo que los brotes laterales inician un crecimiento que no parece propio de la especie, ésto daría árboles ramificados posteriormente. Este efecto ha sido reportado como benéfico en plantas ornamentales leñosas, (Weaver, 1976) pero se encontró que la acumulación de materia es igualmente baja.

Los patrones de distribución de materia seca para aquellos tratamientos contrastantes se pueden apreciar en la Gráfica No. 6.

Análisis de crecimiento

Una mayor comprensión del comportamiento de las plantas bajo cada uno de los tratamientos de los fitoreguladores utilizados, se puede conseguir con un análisis de crecimiento. Teniendo en cuenta que los factores abióticos fueron comunes y relativamente constantes, el análisis de las principales medidas como son, tasa de crecimiento relativo (TCR), Relación de área foliar (RAF), tasa de asimilación neta (TAN) índice de área foliar (IAF), duración de área foliar (DAF) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC) permite evaluar el comportamiento de una población de plantas bajo los diferentes tipos de reguladores probados.

Se probaron los reguladores bajo diez y nueve (19) tratamientos y se presenta el análisis integral de crecimiento con base en medidas directas y derivadas, discriminando los resultados de acuerdo a cada una de las clases de los reguladores empleados. Ya que este ensayo se llevó a cabo en plántulas aisladas y por lo tanto no estando en competencia, esto permite conocer mejor el comportamiento de una planta individual bajo cada uno de los tratamientos, para proyectar la respuesta de una población en cultivo o en condiciones de competencia; según Gardner et. al, (1985) el análisis no es completo mientras no se evalúe tanto la planta individual como la comunidad de plantas.

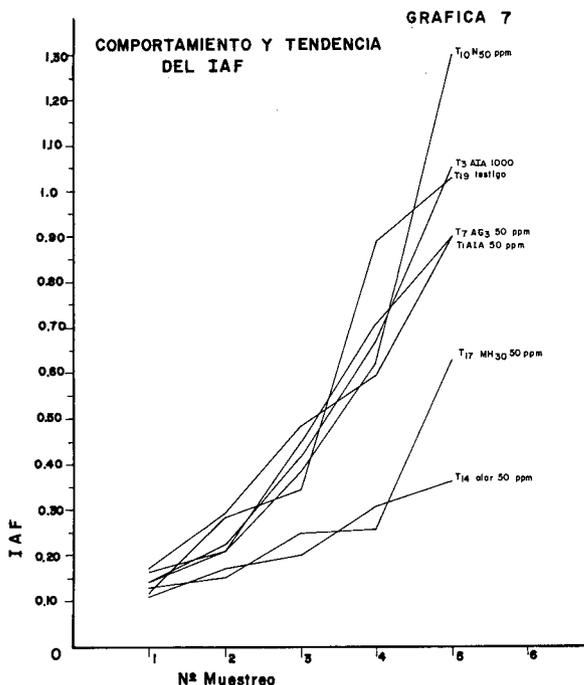
En las gráficas No.7 a 13, se presenta el comportamiento integrado basado en las medidas de análisis indirecto de los diferentes índices de crecimiento utilizados.

En la gráfica No.7, se observa el comportamiento del IAF; claramente se deduce que el testigo supera el efecto del MH30 y alar considerados inhibidores y solamente es superado por los tratamientos K 50 ppm y AIA en 1000 ppm; en la gráfica No.8, el RAF, conserva una superioridad respecto al Testigo y el efecto inhibitorio del MH30, en este caso el RAF aparentemente estimulado por el alar, no tiene una duración en el valor del área foliar ya que su valor es menor respecto a tratamientos aparentemente superiores como el K 50 ppm y al AIA 1000 ppm representados en la gráfica No.9 del DAF.

La tasa de asimilación neta TAN, fué mayor en tratamientos de K 50 ppm, lo que coincide con el índice de tasa de crecimiento relativo TCR, que también fué mayor con el mismo tratamiento. Con la altura y ganancia de peso seco total, TCR y TCC parece ser superior a otros tratamientos.

La ganancia aparentemente obtenida con algunos inhibidores en la parte aérea de la planta, no fué favorecida con la traslocación de asimilados con algunos inhibidores como alar 50 ppm.

La traslocación con K 50 ppm, como se ve en la gráfica No.12, fué mayor, repercutiendo en la traslocación de asimilados mas adecuada respecto al Testigo, tal como se observa en la gráfica No.13, que en forma concluyente presenta una tasa ascendente de



crecimiento respecto a cualquier otro de los tratamientos utilizados superando al Testigo, que aún sin estimular la actividad fotosintética, no beneficia la traslocación de asimilados.

En general, se puede indicar que en esta especie de crecimiento lento el efecto de reguladores de crecimiento reconocidos generalmente como estimulantes, no se observó en los resultados su carácter estimulante.

Dentro de los 19 tratamientos empleados, se puede puntualizar que entre las auxinas empleadas, el AIA, ejerce un mayor efecto que el AIB en las concentraciones probadas.

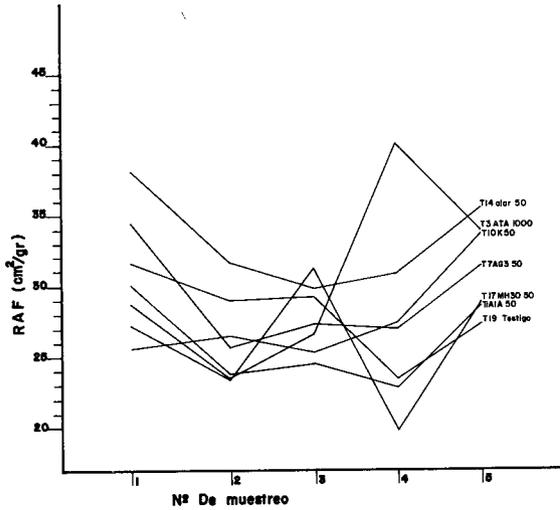
Dentro de las citoquininas, el Arrayán es más sensible al efecto de la Kinetina que el BAP empleado en la misma concentración. La Kinetina favorece el crecimiento del IAF y sostiene un RAF y DAF con incrementos notorios, que estimula la duración del área foliar, lo que se traduce en un índice de TAN sostenido, que corresponde a una mayor altura de la planta, mayor área foliar, peso total mayor, peso seco total mayor, superando al testigo y otra clase de citoquininas.

La planta es más susceptible a las mayores concentraciones de auxinas que a mayores concentraciones de citoquininas; responde mejor a una menor concentración de citoquininas que a una mayor concentración de auxinas.

De la observación de las diferentes gráficas, teniendo en cuenta la tendencia de los índices de análisis de crecimiento integrado, se puede deducir que el mejor tratamiento fue proporcionado por la Kinetina empleada en 50 ppm.

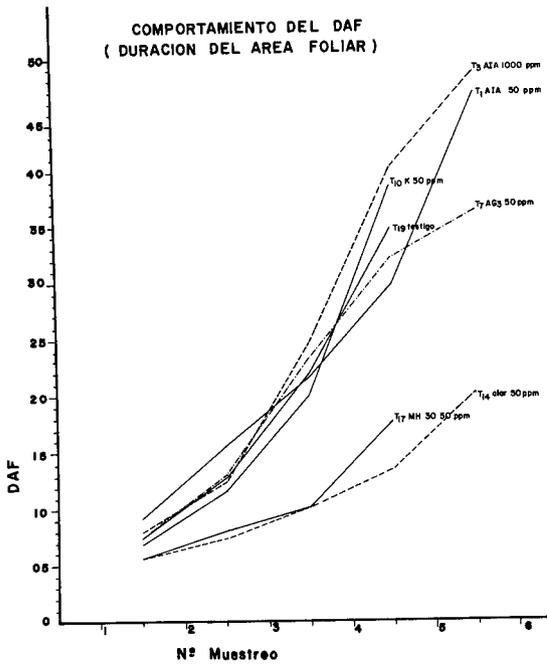
GRAFICA 8

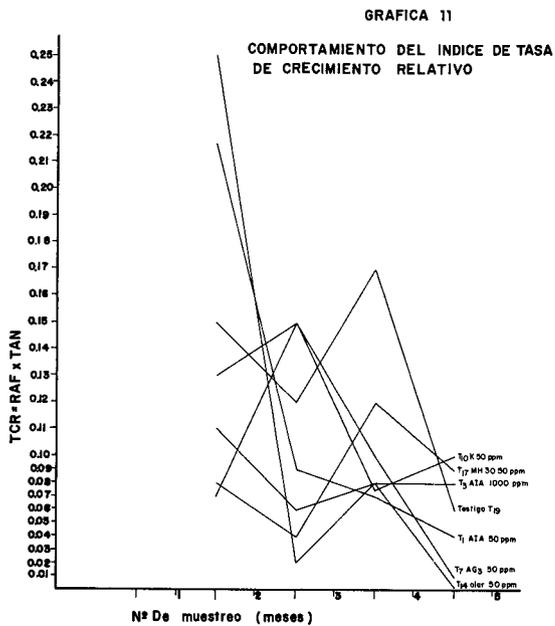
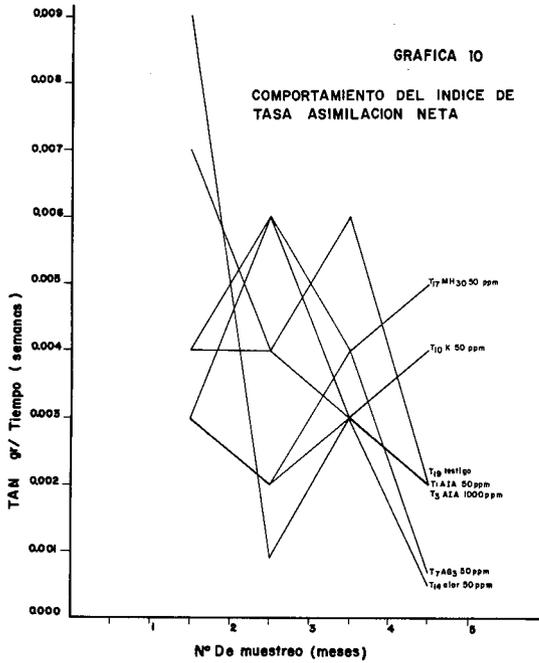
COMPORTAMIENTO DE RAF*
DURANTE 5 MESES DE ENSAYO
(*RELACION DE AREA FOLIAR)



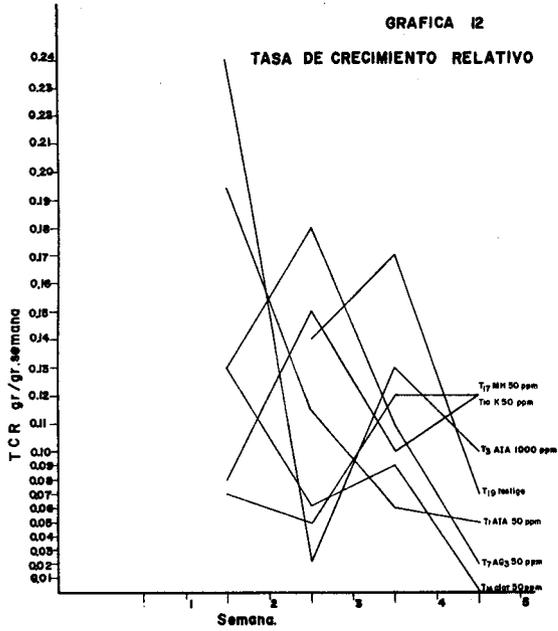
GRAFICA 9

COMPORTAMIENTO DEL DAF
(DURACION DEL AREA FOLIAR)



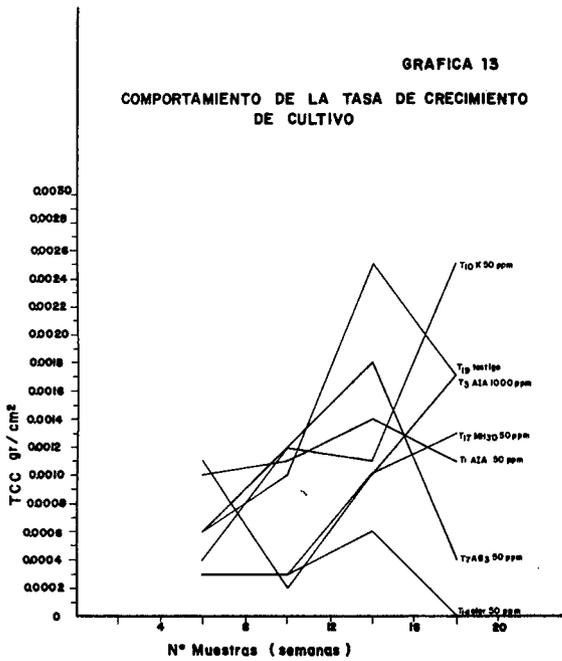


GRAFICA 12



GRAFICA 13

COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE CULTIVO



Conclusiones Generales y Recomendaciones

1. El uso de reguladores de crecimiento, modifica el comportamiento de la especie en estado de plántula.
2. Resulta promisorio el uso de estimulantes hormonales para el manejo de plántulas de Arrayán a nivel de vivero.
3. Debe considerarse el uso de kinetina en concentraciones hasta 50 ppm, para estimular procesos fisiológicos dados a nivel de estudios de plántula.
4. La utilización de giberelina estimula el crecimiento en alturas en plántulas de Arrayán.
5. Debe investigarse la aplicación de giberelina y kinetina de baja concentración en procesos de crecimiento en plántulas de Arrayán.
6. El uso de reguladores, favorece el crecimiento de estado de plántulas de especies que como el arrayán presentan lento desarrollo.
7. El uso de otras hormonas de tipo auximico, incrementa costos de manejo de vivero y debe evaluarse su conveniencia frente a los resultados esperados.
8. Desde el punto de vista fisiológico, la especie es más susceptible a las citoquininas, tipo kinetina que a otras hormonas.
9. Reguladores de crecimiento de carácter antiauxinico y antibiberelico, que aparentemente favorecen el comportamiento del área foliar, no favorecen en forma integral los procesos fisiológicos de la planta.
10. Conviene validar la información generada, utilizando los reguladores de mejor efecto en las concentraciones probadas como las mejores.