

IND-22

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

INVESTIGACIONES FORESTALES

**EFFECTO DE REGULADORES HORMONALES
SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN
PLANTULAS DE VIVERO EN ESPECIES
FORESTALES.**

No.46



Plan de Acción Forestal para Colombia PAFC
Programa Plan Nacional de Investigaciones Forestales PLANIF

INDERENA

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

*Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación*

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 REGULADORES HORMONALES
SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN
PLANTULAS DE VIVERO EN ESPECIES
FORESTALES**

*Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación*

Autores

ENRIQUE TRUJILLO NAVARRETE

Ingeniero Forestal Msc.

GERARDO PINTO PINTO

Ingeniero Forestal

INTRODUCCION

El empleo de reguladores hormonales exógenos ha tenido éxito en la modificación de distintos procesos fisiológicos en multitud de especies agrícolas obteniendo incrementos en las tasas de crecimiento, mayor y mejor fructificación y altos porcentajes de germinación.

No obstante los trabajos de este tipo en el campo forestal son escasos y en el caso específico de viveros es necesario implementar nuevas tecnologías para conseguir un material homogéneo, de buena calidad y en menor tiempo. Se ha demostrado que mediante el uso de reguladores hormonales exógenos es posible acelerar el crecimiento de plántulas debido principalmente a que estas sustancias tienen la capacidad de inducir la elaboración de enzimas que debilitan las paredes celulares provocando la expansión del citoplasma. Este hecho sirve de referencia para adelantar ensayos con especies forestales a nivel de vivero buscando el mejoramiento de la calidad del material producido así como la disminución del período de permanencia en el mismo, reduciendo de este modo considerablemente los costos.

A este respecto se cuenta con un trabajo que se llevó a cabo en la Estación Forestal "La Florida", del INDERENA cuyo objetivo fue analizar y evaluar los efectos fisiológicos de reguladores de crecimiento en plántulas de *Eugenia rhopaloides* y *Tabebuia rosea*. Esta investigación generó información valiosa respecto a cuales sustancias y en que rangos de concentración permitieron un desarrollo precoz reflejado en incrementos significantes de altura, biomasa, número de hojas y área foliar.

Este trabajo es una continuación de esa línea de investigación y busca profundizar en el conocimiento del efecto de tales sustancias así como pulir algunas técnicas relacionadas con su manejo y forma de aplicación. Las especies seleccionadas son de reconocida importancia en el campo forestal y presentan una demanda alta, lo que constituye un estímulo para mejorar sus técnicas de manejo.

El objetivo general fue establecer el efecto de algunos reguladores de crecimiento exógenos en la asimilación de estructuras en plántulas de vivero.

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Determinar los tratamientos que mostraron las mejores respuestas respecto a mayores alturas, áreas foliares, número de hojas y valores de biomasa.
- Obtener un análisis de crecimiento mediante el cálculo de los índices correspondientes.
- Establecer la relación entre la aplicación exógena del regulador y la respectiva distribución de biomasa.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Definición

Riveros (1991) afirma: un regulador es una sustancia orgánica diferente a las nutritivas que, en cantidades mínimas, estimula, inhibe ó modifica cualitativamente el desarrollo.

Importancia de los reguladores endógenos

Una de las formas como las plantas regulan su desarrollo y se ajustan a los cambios ambientales es por medio de la producción de reguladores químicos que dirigen a las células a funcionar en una dirección determinada (Riveros 1991).

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS REGULADORES Y MECANISMOS DE ACCIÓN

Auxinas

Tanto Weaver (1976) como Riveros (1991) mencionan la importancia de este grupo de reguladores en el estímulo del alargamiento de coleóptilos por expansión longitudinal de las células.

Heyn (1931) citado por Weaver señala como mecanismo de acción de la auxina el incremento de la flexibilidad de las paredes que disminuyen la presión de esta alrededor de la célula y la presión de turgencia causada por las fuerzas osmóticas en la savia vacuolar, haciendo que el agua entre a las células y provocando su expansión.

Se ha encontrado que la primera respuesta a las auxinas no es el crecimiento sino algún proceso que afecta posteriormente a dicho crecimiento (Galston y Davies 1969, citados por Weaver). Al respecto Riveros indica que muchos de los efectos de la aplicación de reguladores son debidos a:

- 1- El cambio del balance entre hormonas ocasionado por el aumento de la cantidad de una hormona.
- 2- La inhibición de su síntesis
- 3- El estímulo en su producción
- 4- La Inhibición de su traslado
- 5- El estímulo de su destrucción
- 6- La interferencia con la acción de otras hormonas

Giberelinas

El efecto más sobresaliente luego de asperjar plantas con giberelinas es la estimulación del crecimiento en los internodos más jóvenes y frecuentemente el incremento en longitud de los internodos individuales, mientras el número de internodos permanece sin cambios (Weaver 1976)

Una teoría convincente acerca del mecanismo de acción de este tipo de reguladores explican que las giberelinas pueden provocar la expansión mediante la inducción de enzimas que debilitan las paredes celulares (Macleod y Millas 1962) citados por Weaver. Kuraishi y Muir, 1963), señalan además que las giberelinas pueden transportar a las auxinas

a su lugar de acción en las plantas.

Otro mecanismo puede consistir en que las giberelinas estimulan la expansión celular debido a la hidrólisis del almidón resultante de la producción de amilasa generada por las giberelinas, pudiendo incrementar la concentración de azúcares y elevando así la presión osmótica en la savia celular, de modo que el agua entra a la célula y tiende a expandirla. Weaver 1976

Citoquininas

Weaver menciona dos efectos sorprendentes de esos reguladores: provocar la división celular y regular la diferenciación en los tejidos cortados. Señala además que se requiere citoquinina tanto en la iniciación como en la continuación de la división celular. Se ha encontrado que en ensayos de bioanálisis deben agregarse auxinas al medio basal, debido a que estas hormonas ejercen una acción sinérgica en la inducción de la división celular y el crecimiento no diferenciado de los cultivos de tejidos.

En cuanto a la diferenciación, interactúan con las auxinas para mostrar expresiones diferentes de crecimiento. Skoog y Miller (1957) encontraron que los cultivos de médula de tabaco requieren tanto citoquininas como auxinas para su crecimiento activo. Los resultados sugieren firmemente que las citoquininas pueden resultar importantes en el control de la forma de las plantas, así como en la división celular.

Según Letham, 1969 las citoquininas inducen la elongación de algunas hojas y la elongación de segmentos de tallos etiolados. Argumenta que estas respuestas se deben, en gran parte, a la expansión celular.

Aunque el mecanismo de acción de las citoquininas se desconoce, se sabe que estas pueden incorporarse a ácidos nucleicos en las células (Hall 1968, Kovoort y Klambt 1968) citados por Weaver.

Interacción de las hormonas

Al respecto Weaver analiza: cada hormona produce respuestas fisiológicas que a menudo se yuxtaponen. Es posible que las hormonas no actúen solas sino que interactúan. La respuesta de una planta a menudo se debe a un balance entre promotores e inhibidores.

Regulación hormonal del desarrollo de las plantas

La acción combinada de hormonas controlan el proceso de crecimiento de las plantas.

Los niveles variables de hormonas e inhibidores que regulan el crecimiento controlan la división y expansión celular. La iluminación y la temperatura modifican el crecimiento al cambiar la proporción de las diferentes hormonas presentes en los tejidos y además afectan la síntesis, transporte e inactivación de las hormonas.

Niveles relativos de hormonas promotoras

Las cantidades relativas de hormonas promotoras presentes parecen controlar el crecimiento de las plantas. La dominancia apical de los brotes crecientes se mantiene gracias al desplazamiento descendente de la auxina producida en las yemas apicales, lo

que impide que crezcan yemas laterales.

A menudo la giberelina y auxina actúan de forma sinérgica en acelerar el crecimiento. Generalmente la presencia de giberelinas aumenta el nivel de auxinas posiblemente por un mecanismo de ahorro de estas.

Según Galston y Davies 1969 se ha encontrado también que los niveles de auxina y giberelina influyen en el desarrollo del sistema vascular secundario.

Experiencias en el campo forestal

Las primeras investigaciones con reguladores de crecimiento se llevaron a cabo con especies de coníferas pertenecientes a las familias Cupressaceae y Pinaceae. El regulador que ofrece mejores posibilidades en cuanto a inducción de desarrollo precoz ha sido el ácido giberélico. En su estado endógeno se ha demostrado que está estrechamente relacionado con multitud de aspectos del crecimiento y desarrollo de especies forestales, incluyendo las coníferas. Estos procesos incluyen crecimientos en pesos, en diámetro, control de la forma de los árboles y germinación de la semilla. (Pharis y Kuo 1976).

En cuanto a los resultados de la aplicación exógena, trabajos de Little y Loach 1975, indican que los métodos de humectación del suelo y "Spray" foliar con AG3 resultan prácticos para acelerar el crecimiento temprano de *Abies balsamea* reduciendo así el tiempo requerido para obtener plántulas listas para llevar a campo.

Los reguladores hormonales también han tenido múltiples aplicaciones en otros procesos fisiológicos de las plantas como floración, fructificación, desarrollo de conos y semillas principalmente en coníferas.

Experiencias en Colombia

Se han llevado a cabo estudios a nivel de tesis de grado que buscan establecer el efecto fisiológicos como control de la germinación, desarrollo floral, desarrollo foliar, uniformidad de floración y rendimiento y calidad de semillas en especies de interés agronómico.

Un trabajo de investigación más específico del campo forestal fue planeado y desarrollado por Ramírez A y Trujillo 1991. Se buscó determinar el efecto de varios reguladores e inhibidores sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Eugenia rhopaloides* mediante la evaluación de seis variables: altura de la parte aérea, peso seco total, peso seco de la raíz, peso seco de la parte aérea, número de hojas y área foliar, encontrándose que los mayores valores para cada uno de estos parámetros correspondían a diferentes reguladores en distintas concentraciones.

Es así como para la variable altura los tratamientos con ácidos giberélico en concentraciones de 50, 300 y 1000 ppm, lo mismo que el AIA, 1000 ppm y kinetina 50 ppm mostraron desde las evaluaciones iniciales mayores alturas de las plántulas en comparación con las alturas alcanzadas bajo los demás tratamientos incluido el testigo.

Se puede establecer que en lo referente a las auxinas, el AIA es más estimulante que el AIB y a su vez en una concentración menor (50 ppm) ejerce un mayor efecto sobre el crecimiento en altura que con concentraciones mayores, confirmando lo dicho por Weaver.

En cuanto a la variable número de hojas al final del ensayo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero comparando con el testigo (27,7 cm.) en promedio las auxinas, el AG3 y la kinetina 50 ppm promovieron un incremento en el número de hojas.

Solo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable área foliar hasta el cuarto muestreo, siendo la respuesta de la planta diferente a las dos auxinas utilizadas. Mayores concentraciones de AIA, estimulan una mayor área foliar mientras el AIB, es más activo a bajas concentraciones al igual que el AG.

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 AIA, 1000 ppm.

El promedio alcanzado por AG3 superó a K, BAP, MH30 y Alar. Es de anotar que AIA 50 ppm y K 50 ppm superaron el promedio obtenido por el tratamiento testigo.

Teniendo en cuenta los resultados del último muestreo se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. En este análisis se determinó que el tratamiento testigo mostró el mayor valor de peso seco acumulado en raíz.

AG3 300 ppm y K 50 ppm al favorecer un mejor desarrollo de la 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.

Sobre los promedio de peso seco de la parte aérea obtenidos en el último muestreo se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El promedio obtenido por el tratamiento testigo fué superado por el tratamiento AG3 300 ppm y K 50 ppm.

MATERIALES Y METODOLOGIA

MATERIALES

Material vegetal

Se emplearon plántulas que se encontraban en el stock del vivero ya fuese en germinadores o trasplantadas en bolsa de tamaño pequeño en las siguientes cantidades por especie:

- 1.170 plántulas de *Atrus jorullensis*
- 1.170 plántulas de *Scallonia paniculata*
- 1.170 plántulas de *Cupressus lusitanica*
- 1.170 plántulas de *Laphoensta spectosa*
- 1.170 plántulas de *Cedrela montana*

Para la obtención de plántulas de *Cordia gerascanthus* el Banco de Semillas suministró 60 g. para su posterior germinación y trasplante.

Insumos

En las labores de trasplante, fertilización y embolsado en laboratorio se requirió del siguiente material:

- 7.020 bolsas negras de polietileno de 20 x 12 cm.

- 1.170 bolsas de papel para un kilogramo.
- 7 m³ de tierra negra cernida.
- 4 Kg de abono fosfórico mezclado con cal en proporción 1:1.
- 50 g de Urea.

Reactivos químicos

Se emplearon en su forma pura las siguientes cantidades:

- 450 mg de ácido indol acético (AIA)
- 60 mg de ácido indol butírico (AIB)
- 225 mg de ácido Giberélico (AG)
- 825 mg de kinetina
- 1 L. de alcohol etílico
- 10 L. de agua destilada

Los accesorios para aplicación de las soluciones consistieron en una cámara en lámina metálica forrada en plástico y cuatro atomizadores caseros graduables. Esta operación se llevó a cabo empleando como equipo de protección careta y guantes de caucho. Las

se desarrollaron en los laboratorios de semillas y fisiología los cuales cuentan con todo el equipo y cristalería necesarios.

METODOLOGIA

Sitio para montaje de los ensayos

El material para experimentación se localizó en el costado suroccidental del Vivero Forestal de la Estación "La Florida" del INDERENA, el cual está ubicado a 2.550 m.s.n.m. tiene una temperatura promedio de 12.9°C, precipitación media anual de 748 mm, humedad relativa del 72% y un brillo solar de 4,3 horas/día.

En el caso de la especie *Cordia gerascanthus* el material se ubicó en las eras laterales del invernadero anexo al vivero, el cual tiene una temperatura promedio de 24°C y una humedad relativa del 80%.

OBTENCION DE PLANTULAS

Todo el material fué aportado por el vivero de la Estación Forestal La Florida y la información correspondiente a fechas de siembra y trasplante se presentan en el cuadro 1.

ACTIVIDADES PREVIAS A LA APLICACION DE REGULADORES

Escogidas las plántulas para los ensayos se llevaron a bolsas de tamaño homogéneo utilizando bolsas negras de polietileno de 12 x 20 cm. EL sustrato empleado consistió en tierra negra cernida revuelta con una mezcla de cal y abono fosfórico. Esta última se preparó en una proporción 1:1 y con un contenido de elementos del abono fosfórico como sigue:

- Calcio 48%
- Fósforo 10%
- Magnesio 1%
- Manganeso 1%

El riego se hizo de manera periódica teniendo cuidado que el material siempre estuviese con condiciones óptimas de humedad. Este aspecto se tuvo en cuenta durante todo el tiempo de duración del ensayo.

Antes de aplicar las soluciones hormonales se verificó que las plántulas tuviesen un tamaño medianamente homogéneo y que su aspecto externo fuera de sanidad y vitalidad. Por esta razón el material correspondiente a la especie *Cupressus lusitanica* se fertilizó foliarmente con una solución de urea (5 g/L) ya que presentaba amarillamiento. Veinte días después se aplicaron las soluciones hormonales a esta especie.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Atendiendo que las condiciones del sitio del montaje son constantes se planeó un diseño completamente al azar con 13 tratamientos cada uno con 3 repeticiones. El análisis estadístico se llevó a cabo sobre la información resultante en el último muestreo tomando cada una de las variables por separado.

Para diferencias significativas entre tratamientos se empleó el método de comparaciones múltiples de Duncan con un nivel de significancia del 5%.

El diseño constó de las siguientes características:

1. Tratamientos definidos: se presentan en el cuadro No. 2.
2. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones.
3. El número inicial de plántulas por repetición es 30, ubicadas en dos líneas de 15 unidades cada una.
4. Se llevó a cabo un muestreo cada mes tomando cinco plántulas por cada repetición de cada uno de los tratamientos y registrando los datos de las siguientes variables: altura de la parte aérea, número de hojas, peso seco de raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco total.

CUADRO No. 2

DENOMINACION DEL TRATAMIENTO		REGULADOR UTILIZADO	CONCENTRACION(ppm)
1	TAIA 50	Acido Indol Acético (AIA)	50
2	TAIA 250	Acido Indol Acético (AIA)	250
3	TAIA 450	Acido Indol Acético (AIA)	450
4	TAIB 40	Acido Indol Butírico (AIB)	40
5	TAIB 50	Acido Indol Butírico (AIB)	50
6	TAIB 60	Acido Indol Butírico (AIB)	60
7	TAG	Acido Giberélico (AG)	50
8	TAG	Acido Giberélico (AG)	150
9	TAG 250	Acido Giberélico (AG)	250
10	TK 40	Kinetina (K)	40
11	TK 50	Kinetina (K)	50
12	TK 60	Kinetina (K)	60
13	TESTIGO		

PREPARACION Y APLICACION DE SOLUCIONES HORMONALES.

Para A.I.A., A.I.B. y K se empleó como solvente una solución de KOH 0.1 N. preparada con agua destilada. En el caso de AG el reactivo se disolvió en 3 ml de alcohol etílico y luego se completó el volumen requerido con agua destilada. El cálculo del volumen de solución necesario para aplicar al material vegetal se realizó de la siguiente manera:

- Mediante ensayos previos con agua se estableció para cada especie y para cada época de aplicación el número de atomizadas que humedecía totalmente la superficie superior de las hojas. Ver cuadro 3.

CUADRO No. 3

ESPECIE	NUMERO DE APLICACION	NUMERO DE ATOMIZADAS POR REPETICION
Alnus jorullensis	1	16
	2	18
Scallonia paniculata	1	10
	2	12
Cupressus lusitanica	1	12
	2	12
Laphoensia speciosa	1	12
	2	12
Cedrela montana	1	12
Cordia gerascanthus	1	12

Esta operación se llevó a cabo con ayuda de una cámara de lámina cubierta con plástico para evitar la volatilización de la nube de agua y así mismo cubrir sólo las plántulas de cada repetición en cada uno de los tratamientos.

2. Se calibraron los atomizadores dejando la boquilla en una posición fija y registrando el volumen aportado en cada atomizada. Se utilizaron cuatro atomizadores, uno para cada regulador hormonal ensayado. Para cada uno se adelantaron 3 lecturas y se promediaron encontrándose los siguientes datos para 50 atomizadas con agua:

	Atomizador 1 AIA(mi)	Atomizador 2 AIB(mi)	Atomizador 3 K (ml)	Atomizador 4 AG (ml)
	68	40	65	55
	78	41	60	55
	77	42	66	51
Promedio ml/ato- mizador	74	41	64	54
	1,48	0,82	1,28	1,08

Los volúmenes de solución hormonal requeridos para cada especie así como la cantidad de reactivos hormonales se presentan en los cuadros 4 y 5 respectivamente.

CUADRO No. 4

		<i>Alnus jorullensis</i>		<i>Scallonia paniculata</i>		<i>Cupressus lusitanica</i>	
Número atomizadas para 30 plántulas		16	18	10	12	12	
A.I.A	ml 30 plant.	23.68	---	14.8	---	17.76	
	ml 25 plant.	---	26.64	---	17.76	17.76	
	ml. 1ra. aplic.	0.789	---	0.493	---	0.592	
	ml. 2da. aplic.	---	1.066	---	0.710	0.710	
A.I.B	ml 30 plant.	13.20	---	8.20	---	9.84	
	ml 25 plant.	---	14.76	---	9.84	9.84	
	ml. 1ra. aplic.	0.437	---	0.273	---	0.328	
	ml. 2da. aplic.	---	0.590	---	0.328	0.394	
K	ml 30 plant.	20.48	---	12.8	---	15.36	
	ml 25 plant.	---	23.04	---	15.36	15.36	
	ml. 1ra. aplic.	0.683	---	0.427	---	0.512	
	ml. 2da. aplic.	---	0.922	---	0.614	0.614	
AG	ml 30 plant.	17.28	---	10.8	---	12.96	
	ml 25 plant.	---	19.44	---	12.96	12.96	
	ml. 1ra. aplic.	0.576	---	0.360	---	0.432	
	ml. 2da. aplic.	---	0.778	---	0.518	0.518	

		Laphoensia speciosa	Cedrela montana	Cordia gerascanthus
Número atomizadas para 30 plántulas		12	12	12
A.I.A	ml 30 plant.	17.76	17.76	17.76
	ml 25 plant.	17.76	-----	-----
	ml. 1ra. aplic.	0.592	0.592	0.592
	ml. 2da. aplic.	0.710	-----	-----
A.I.B	ml 30 plant.	9.84	9.84	9.84
	ml 25 plant.	9.84	-----	-----
	ml. 1ra. aplic.	0.328	0.328	0.328
	ml. 2da. aplic.	0.394	-----	-----
K	ml 30 plant.	15.36	15.36	15.36
	ml 25 plant.	15.36	-----	-----
	ml. 1ra. aplic.	0.512	0.512	0.512
	ml. 2da. aplic.	0.614	-----	-----
AG	ml 30 plant.	12.96	12.96	12.96
	ml 25 plant.	12.96	-----	-----
	ml. 1ra. aplic.	0.432	0.432	0.432
	ml. 2da. aplic.	0.518	-----	-----

CUADRO No. 5

REGULADOR	CONCENTRAC. ppm	VOLUMEN 1ra. aplicac.	PREPARACION (ml) 2da. aplicación	CANTIDAD 1ra. * aplicac.	CANTIDAD 2da. ** aplicac.
A.I.A	50	250	350	12.5	17.5
	250	250	350	62.5	87.5
	450	250	350	112.5	157.5
A.I.B	40	150	250	6	10
	50	150	250	7.5	12.5
	60	150	250	9	15
AG	50	200	300	10	15
	150	200	300	30	45
	250	200	300	50	75
K	40	250	300	10	12
	50	250	300	12.5	15
	60	250	300	15	18

* Se preparó solución para aplicar a plántulas de cuatro especies.

** Se preparó solución para aplicar a plántulas de seis especies.

Cabe anotar que parte de estos volúmenes se pierde durante la aplicación quedando en las paredes de la cámara ó en la superficie del sustrato en cada bolsa.

Como se aprecia en los cuadros se aplicaron las soluciones hormonales dos veces a las especies *Alnus jorullensis*, *Scallonia paniculata*, *Cupressus lusitanica* y *Laphoensta spectosa* y una vez a los restantes.

RECOPIACION DE DATOS

Las mediciones empezaron en un mes luego de las primeras aplicaciones y se siguieron realizando dejando igual intervalo de tiempo. En cada caso se extrajeron al azar 5 plántulas por repetición para un total de 15 por tratamiento. Este material se introdujo en bolsas plásticas y se llevó a laboratorio para empezar la medición de variables inmediatamente.

En primer lugar se midió la altura de la parte aérea de cada plántula y se contabilizó el número de hojas. En la medición de esta variable fué necesario asumir ciertas consideraciones:

- Hojas con un tamaño incipiente no fueron tenidas en cuenta ya que la tasa de actividad fotosintética es mínima. Se prestó especial atención en mantener este tamaño límite invariable con el fin de adelantar la medición en forma constante para todas las plántulas. Este aspecto se tuvo presente en *Alnus jorullensis*, *Scallonia paniculata* y *Laphoensta spectosa*.
- En la medición del número de hojas de la especie *Cupressus lusitanica* se contaron las ramas laterales que salen del eje principal y este fué el valor registrado.

Tanto la raíz como la parte aérea se empacaron en bolsas de papel debidamente rotuladas y se llevaron a proceso de secado consistente en 72 horas a 70°C en estufa. Una vez transcurrido este período se registraron los datos de peso seco de raíz y peso seco de parte aérea. El valor de la variable peso seco total correspondió a la suma de los 2 anteriores.

La información encontrada mes a mes se utilizó para hacer el análisis de crecimiento y la correspondiente a la última medición para llevar a cabo el análisis estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis estadístico

Este análisis se hizo para cada variable de cada especie atendiendo al efecto de cada uno de los 13 tratamientos.

Especie: *Alnus jorullensis*
Variable: Altura

Fué marcado el efecto que el ácido giberélico (AG.), en sus tres concentraciones, tuvo sobre esta variable ya que produjo alargamientos en los entrenudos. No obstante este material adquirió un tono amarillento producto seguramente de un desbalance nutricional. Es de anotar que esta anomalía fué más marcada para la concentración de 450 ppm hasta el punto que se notó quemazón de los bordes de las hojas en el material de las 3 repeticiones de este tratamiento como se aprecia en la fotografía.



De izquierda a derecha los tratamientos: Testigo, TAG 50, TAG 150, Y TAG 250.

Nótese el alargamiento de entrenudos en los dos últimos tratamiento.

Según la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de significancia del 5% no hubo diferencias significativas entre tratamientos que incluían auxinas (AIA y AIB), kinetina y los que contenían giberelina en concentración 50 y 150 ppm. Sólo el tratamiento AG 250 ppm mostró diferencia significativa con los restantes.

Variable: Número de hojas

Aún cuanto la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de significancia del 5% no dió diferencias significativas entre tratamientos pudo apreciarse la existencia de mayor cantidad de hojas con el tratamiento kinetina 50 ppm, confirmando lo reportado en bibliografía en cuanto a la propiedad de este regulador de inducir la formación de brotes foliares.

Variable: Peso seco de raíz

No pudo apreciarse algún tipo de relación entre la aplicación de los reguladores en las concentraciones dadas y la asimilación de estructuras radiculares. Sin embargo los mayores promedios de biomasa radicular corresponden a los tratamientos que incluyen giberelinas y ácido indolacético principalmente.

Variable: Peso seco de la parte aérea

Solo 2 tratamientos mostraron mayores valores en biomasa aérea que el testigo: kinetina 50 ppm y ácido giberélico 50 ppm. Aún cuando no hubo diferencias significativas entre tratamientos existe entre los que reportaron mayor valor y el testigo 0,6 g. y 1.0 g. de diferencia respectivamente, valor que se puede considerar alto dados los márgenes tan estrechos entre los tratamientos restantes.

Variable: Peso seco total

Las respuestas encontradas son consecuencia lógica del efecto observado en las dos anteriores variables. Se observó como los tratamientos que incluían los cuatro tipos de reguladores hormonales tuvieron mayores valores que el testigo y muy cercanas entre si confirmando el hecho que no hubo diferencias entre tratamientos.

Especie: *Scallonia paniculata*
Variable: Altura

Fué en esta especie donde las diferencias en altura se hicieron más notorias correspondiendo a los tratamientos que incluían ácido giberélico los valores más altos. Según la prueba de Comparación Múltiple de Duncan existió diferencia significativa entre el tratamiento AG 50 ppm y AG 250 ppm. Pudo observarse en las plántulas tratadas con AG 250 ppm un amarillamiento posiblemente asociado a deficiencias nutricionales. De otra parte es notoria la falta de lignificación en el material asignado a este tratamiento.

Variable: Peso seco de raíz

Se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, correspondiendo a TAIB 50 ppm el mayor valor en biomasa radicular. Los menores valores se registraron en los tratamientos que incluían el otro grupo de auxinas empleadas (AIA 250 y 450 ppm).

Para las restantes variables no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.



Especies: *Cupressus lusitanica*
Variable: Altura

No hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo todos los tratamientos excepto TAG 50 ppm superaron el valor obtenido con el testigo. TAG 150 y TAG 250 ppm fueron los mejores tratamientos confirmando que el ácido giberélico promueve el alargamiento de entrenudos. Contrario a lo que sucedió con las anteriores especies no se presentó amarillamiento.

Este hecho puede tener explicación en la fertilización foliar a base de urea que se hizo previo a la aplicación de los reguladores debido a la condición que en ese momento presentaba el material.

Variable: Número de hojas

Aún cuando 8 tratamientos superaron el valor obtenido por el testigo no se registraron diferencias significativas. Cabe destacar que dentro de este grupo están los tratamientos TK 40 ppm y TK 50 ppm lo que reafirma el hecho que este grupo de reguladores inducen la formación de estructuras foliares.

Especie: *Laphoensia speciosa*
Variable: Altura

Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos encontrando que los valores más altos correspondían a aquellos que incluían ácido giberélico. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos con auxinas, kinetinas y los que incluían giberelinas.

Variable: Número de hojas

Se registraron diferencias significativas entre tratamientos, pero solo uno presentó mayor valor que el testigo: TAIB 50 ppm. Es de anotar que los tratamientos que indujeron un mayor incremento en altura fueron los que proporcionaron los menores registros en la variable número de hojas, vale decir TAG 150 y TAG 250 ppm. Posiblemente el ácido giberélico solo promueve elongación de entrenudos al tiempo que desestimula la aparición de brotes foliares.

Variable: Peso seco de raíz

Solo existió diferencia significativa entre los tratamientos TAG 250 ppm y TAIA 50 ppm, este último con el valor más alto a la vez que fué el único que superó al testigo.

Variable: Peso seco de parte aérea

Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos TAG 150 ppm, ATG 250 ppm y el testigo que presentó el máximo valor. Pudo apreciarse como los tratamientos que indujeron alargamiento de entrenudos no provocaron respuestas significantes en biomasa aérea lo que permite concluir que el crecimiento de las plántulas tan solo es longitudinal con ausencia de procesos de asimilación.

Variable: Peso seco total

Nuevamente los tratamientos que indujeron mayores respuestas en altura fueron los que proporcionaron los menores valores en biomasa total. Cabe destacar que el tratamiento testigo registró el mayor valor lo que indica que el verdadero crecimiento en biomasa para esta especie no se debe a la aplicación de los reguladores en las concentraciones empleadas.

Especie: *Cedrela montana*
Variable: **Altura.**

Según la prueba de comparación múltiple de Duncan existieron diferencias significativas entre tratamientos siendo TAG 250 ppm el que registró el mayor valor.

Haciendo una comparación por grupo de reguladores, la giberelina superó a la kinetina en las concentraciones dadas. De otra parte AIA 50 y AIA 250 ppm superaron al tratamiento testigo sugiriendo que bajas concentraciones de este regulador son potenciales promotoras de alargamiento de entrenudos.

Variable: Número de hojas.

A pesar que no hubo diferencias significativas entre tratamientos se observó que todos los grupos de reguladores en las concentraciones dadas promovieron una respuesta mayor que el testigo. Se hace notar aquí que el grupo de las auxinas (AIA 50, AIA 450, AIB 40, AIB 50 y AIB 60 ppm) fueron los mejores tratamientos.

Para las restantes variables no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Especie: *Cordia gerascanthus*

Debido al corto período disponible para observar los efectos y al incipiente estado de desarrollo del material en el momento de hacer las aplicaciones no fué posible detectar diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las variables consideradas. Sin embargo como hecho sobresaliente se destaca el que los tratamientos que incluyeron ácido giberélico proporcionaron las respuestas más altas en la evaluación de la variable altura. Este aspecto, sin embargo, no se refleja en incrementos significantes de biomasa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La variable altura fué la única que permitió establecer diferencias significativas en todas las especies ensayadas.
2. Los tratamientos TAG 50, TAG 150 y TAG 250 ppm indujeron alargamiento de entrenudos en todas las especies ensayadas.
3. En *Alnus forullensts* y *Cupressus lusttanica* se presentó marcado efecto en el estímulo de formación de estructuras foliares por parte de los tratamientos kinetina 40 ppm, kinetina 50 ppm y kinetina 60 ppm.
4. Los alargamientos de entrenudos no se correlacionan con incrementos en biomasa.
5. Los tratamientos con ácido giberélico provocan un ligero amarillamiento en todas las especies posiblemente asociado a deficiencias nutricionales.
6. En *Scallonia particulata* se observa una marcada deficiencia en lignificación para los tratamientos TAG 150 ppm y TAG 250 ppm.
7. Es necesario para futuros ensayos con ácido giberélico incluir tratamientos que contengan fertilizantes para prevenir clorosis y deficiencias en lignificación.
8. Para aquellos tratamientos que no ofrecieron diferencias significativas se recomienda aumentar el rango en las concentraciones de las soluciones.
9. Con el ánimo de uniformizar la aplicación a una escala mayor se sugiere la adquisición de un equipo controlable para llevar a cabo esta operación.
10. Se recomienda hacer un seguimiento a nivel de campo con el material remanente del ensayo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABBOT Laboratories. ProGibb, uso en América Latina, Chicago, IL. 1989

AVILA, C.A. Estudio del efecto de dos reguladores de crecimiento en dos épocas de aplicación en el crecimiento. Documento I.C.A. 7.1 A 958 e 1986.

CABALLERO, D.M. Estadística práctica para dasónomos. Oficina de publicaciones Escuela de Ingeniería Forestal Universidad de los Andes Mérida – Venezuela, 1976.

CALVARRO, L.M. Variación de los niveles de giberelinas endógenas en semillas de *Ctcer artetnum* L. y su posible papel en el control de la germinación. Tesis de grado U.N. Biología Bogotá.

CARDOZO, H. PH.D U.N. Biología Información Personal

CASTILLO DEL A., TRUJILLO E. Efecto de algunos reguladores de crecimiento sobre crecimiento y desarrollo de plántulas de arrayán – *Eugenia rhopaloides*. Sin publicar.

CASTILLO, C.T. Efectos del AG3, ethrel, A.N.A. y C.C.C. sobre el desarrollo floral del Inchi – *Caryodendron ornocense* – Tesis de grado U.N. Biología Bogotá.

COGUA, J. U.N. Biología. Información personal.

MOGOLLON, L. M. Efecto del ácido giberélico sobre la floración y factibilidad de obtener semillas de zanahoria – *Daucus carota* L. Var Red Core Chantenay. Tesis de grado U.N. Biología 1984 Bogotá.

MUSIK, T.J; WHITWORTH, J. W. Detección de reguladores exógenos del crecimiento en las plantas. Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento. Editorial Trillas México P 102–103.

OUT LOOK ON AGRICULTURE Vol. 9 (2) Modification of plant growth by hormones and other growth regulators. ICI LTD Plant Protection Division Bracknell Berkshire England.

RAMOS, N. Efecto de la aplicación de algunos reguladores del crecimiento sobre el desarrollo foliar, uniformidad de floración, rendimiento y calidad de las semillas de Brachiaria. Documento I.C.A. 1577.

RIVEROS, R.G. Reguladores del desarrollo de las plantas. Programa de fisiología vegetal C.N.I. Palmira Apartado 233.

VILLAREAL PALMA DE J. Efectos de los bioreguladores de crecimiento en el algodónero (*Gossyptum hirsutum* L) a nivel comercial en las variedades.... en condiciones de la zona de El Espinal. Tesis de grado U.N. Biología Bogotá.

WEAVER, J. R. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura Editorial Trillas México 1976.