



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

EFFECTO DEL ACIDO GIBERELICO SOBRE
PLANTULAS DE NOGAL DE CASTILLA
(Juglans regia L.)

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
MARIA ELSA BALDERAS CONTRERAS

Director de Tesis: M.C. Angel Villegas Monter

Cuautitlán Izoalli, Edo. de Méx.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	PAGINA
LISTA DE FIGURAS	vi.
LISTA DE FOTOGRAFIAS	vi.
RESUMEN.	viii
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS.	3
REVISION DE LITERATURA	4
Definición de reguladores de crecimiento.	4
Clasificación de las fitohormonas	5
Procesos fisiológicos dependientes del ácido giberélico	6
Factores que interactúan con el ácido giberélico (AG ₃)	6
Efecto de la aplicación de ácido giberélico (AG ₃) sobre algunas especies frutales	7
-Germinación	7
-División celular.	8
-Elongación celular	9
-Rompimiento del estado de reposo	12
-Floración	14
-Partenocarpia	15
-Tamaño de frutos	16
-Coloración de frutos	17
MATERIALES Y METODOS	18
Localización del experimento	18
Materiales.	18
Desarrollo del experimento	18

	PAGINA
Variables estudiadas	19
Fijación de tejidos	20
Materiales	21
Procedimiento	21
-Fijación	21
-Deshidratación	21
-Inclusión	22
-Cortes	23
-Tinción	24
-Sellado	25
Diseño de tratamientos y diseño experimental	25
Diseño de tratamientos	25
-Factorial completo 2 x 3 x 4	25
Diseño experimental	25
-Toma de datos	26
Análisis de datos	27
RESULTADOS.	28
Efecto del ácido giberélico sobre la anatomía de las hojas de nogal	36
DISCUSION	41
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	46
APENDICE.	49

LISTA DE FIGURAS

		PAGINA
I y II	Incremento de altura bajo el efecto de los factores dosis (D) y forma de aplicación (F)	28
III	Efecto del factor número de aplicaciones (A) sobre altura	29
IV y V	Efecto del factor forma (F) y dosis (D) sobre el incremento de diámetro	30
VI	Efecto del número de aplicaciones (A) para incrementar diámetro	31
VII y VIII	Incremento de diámetro y altura bajo la interacción de los factores forma de aplicación por dosis (F, D).	32
IX	Incremento de diámetro bajo la interacción de los factores forma de aplicación (F) por número de aplicaciones (A)	33
X	Incremento de altura bajo la interacción de los factores dosis (D) por número de aplicaciones (A)	34

LISTA DE FOTOGRAFIAS

1	Hoja tratada con 1000 ppm de AG_3 en 4 aplicaciones con atomizador.	38
2	Hoja tratada con 1000 ppm en 3 aplicaciones con atomizador.	38
3	Hoja tratada con 250 ppm de AG_3 en una aplicación con atomizador	39

FOTO
NUMERO

PAGINA

4	Hoja tratada con 1000 ppm en una aplicación con atomizador	39
5	Hoja tratada con 250 ppm en 4 aplicaciones con atomizador	40
6	Testigo. Agua destilada + 5% de alcohol etílico .	40

RESUMEN

En general las plántulas de nogal requieren de 2 a 3 años de crecimiento en vivero para poder alcanzar la altura y diámetro mínimos necesarios para poder ser injertadas, lo cual implica altos costos de mantenimiento para el viverista.

Considerando esto, el presente experimento se enfocó a determinar el efecto del ácido giberélico (AG_3) sobre esta especie, tratando de incrementar tanto el diámetro como la altura, de tal forma que sea posible reducir el tiempo para su injerto.

Se probaron 3 dosis (250, 500 y 1000 ppm de AG_3) aplicadas en cuatro tiempos cada una, mediante dos formas de aplicación (atomizador y algodón).

El diseño experimental fue "bloques completamente al azar" con cuatro repeticiones. Se tomaron 3 plántulas por parcela útil y 12 por parcela total.

Los resultados registrados a los 120 días, indicaron que las mejores dosis fueron las de 1000 y 250 ppm, aunque estadísticamente no hubo diferencia entre las tres, el número de aplicaciones más efectivo fue de 1, 3 y 4 aplicaciones con atomizador tanto para el incremento de diámetro como de altura.

Cortes histológicos de hojas de las plántulas tratadas y de los testigos mostraron diferencias en cuanto a elongación y espaciamiento celular,

mostrando el efecto de las aplicaciones de la solución.

El ácido giberélico logró estimular el crecimiento tanto de altura como de diámetro, sin embargo, la respuesta de esta especie fue más lenta en comparación con otras especies reportadas. Aún así a los cuatro meses después de la primera aplicación se lograron obtener plántulas de tamaño adecuado para poder ser injertadas.

INTRODUCCION

El nogal es un frutal que puede ser propagado por semilla (sexualmente) o mediante el injerto (asexualmente). Mediante la propagación sexual se obtienen árboles francos los cuales presentan gran variabilidad, por lo que se considera que la mejor forma de propagar variedades mejoradas es la asexual ya que se mantienen las características de la planta madre.

No obstante las plántulas de nogal en general presentan 2 problemas:

1. Un desarrollo muy lento durante su primer año, lo cual representa al tos costos durante su mantenimiento en vivero, debido a las numerosas prácticas de cultivo que se les tiene que realizar hasta que éstas están listas para poder ser injertadas.

Generalmente las plántulas requieren de 2 a 3 años de crecimiento (de los cuales los 2 primeros son necesarios para que alcancen las medidas necesarias a fin de que puedan ser injertadas), el tipo de injerto más utilizado es el de "parche" o "yema" y el de "escudete".

2. Un alto grado de heterocigosis debido a la polinización cruzada, lo cual da una extrema variación en el vigor de una población de plantas de una misma variedad, no permitiendo con ello que todas las plántulas alcancen el tamaño necesario para poder ser injertadas a los dos años de crecimiento, aunque hay algunas variedades como la "More" que se caracteriza por producir progenie de buen vigor y uniformidad bajo condiciones de polinización cruzada (Stowe y Yamaki, 1959).

La resolución de dichos problemas permite considerar la necesidad del uso de métodos tendientes a incrementar tanto el diámetro como la altura de plántulas, de tal forma que se reduzca el tiempo que requieren para poder ser usadas como portainjertos.

Entre los métodos más utilizados para este fin ha sido el ácido giberélico, debido a su acción estimulante sobre la elongación celular.

OBJETIVOS

1. Observar el efecto de diferentes dosis y número de aplicaciones de ácido giberélico (AG_3) sobre la elongación y espaciamento celular.
2. Incrementar diámetro y altura en plántulas de nogal de castilla (*Ju glans regia* L.), mediante la aplicación de diferentes dosis de ácido giberélico (AG_3).
3. Reducir el tiempo que requiere esta especie para alcanzar el diámetro y altura necesarios para poder ser usados como portainjertos.
4. Determinar la dosis de AG_3 bajo la cual las plántulas presentan mejor respuesta.
5. Determinar la forma de aplicación más adecuada de AG_3 de acuerdo a la respuesta de las plántulas.

REVISION DE LITERATURA

Recientemente se han desarrollado métodos químicos para la regulación del crecimiento los cuales influyen en la forma y crecimiento de los árboles frutales y son particularmente relevantes en el establecimiento y manejo de sistemas de plantación con altas densidades (Quenland, 1980).

El uso de reguladores de crecimiento de las plantas en forma exógena ha venido cobrando gran importancia sobre todo en las prácticas hortícolas, frutícolas y de propagación, debido a que mediante éstos se pueden manejar algunos procesos fisiológicos de las plantas.

Definición de reguladores de crecimiento

Los reguladores del crecimiento son compuestos orgánicos diferentes a los nutrientes, los cuales en pequeñas cantidades promueven, inhiben o modifican uno o varios procesos fisiológicos de las plantas (Mahlsted y Haber, 1957).

Estos compuestos pueden encontrarse en forma natural en las plantas, siendo producidos por las mismas para regular sus procesos fisiológicos y son llamadas fitohormonas, o bien pueden producirse sintéticamente, aislándose a partir de microorganismos o plantas y usándose en forma exógena en las plantas (Hill, 1973), llamándose fitorreguladores.

El funcionamiento de una planta depende de niveles específicos de las fitohormonas, cada una en equilibrio con las otras, sin embargo, el logro de los objetivos agrícolas puede depender del propio equilibrio de

los reguladores del crecimiento natural y aplicados. Este equilibrio varía a lo largo del periodo de crecimiento (Westwood, 1982).

Clasificación de las fitohormonas

Se conocen 5 grupos de fitohormonas también llamadas reguladores del crecimiento, a saber:

1. Auxinas
2. Giberelinas
3. Citoquininas
4. Inhibidores
5. Etileno

Estos no actúan solos ni tampoco tienen una función simple. Afectan a distintos órganos en forma diferente, y algunos operan secuencialmente. De tal manera que los reguladores deben de ser considerados como un todo integrado para poder entender bien sus efectos (Westwood, 1982).

Las giberelinas son ácidos orgánicos los cuales están relacionados químicamente con el ácido giberélico (AG_3), el cual es un producto metabólico del hongo *Gibberella fujikuroi* y puede ser obtenido en medio líquido mediante el cultivo del hongo (Hill, 1973).

Este ácido también es producido en plantas superiores, principalmente en hojas jóvenes, embriones jóvenes, frutos y raíces (Westwood, 1982).

Procesos fisiológicos dependientes del ácido giberélico

Entre los procesos fisiológicos que promueve o modifica el AG_3 están:

- Promueve la elongación celular
- Acelera la germinación de semillas
- Reemplaza los requerimientos de frío
- Reemplaza los requerimientos de día largo para la floración en algunas plantas
- Rompe el estado de reposo en órganos vegetativos
- Actúa sobre la división celular
- Rompe la dominancia apical dependiente de la época de aplicación en algunas especies
- Acelera la floración
- Actúa sobre la coloración de los frutos
- Actúa sobre el amarre de frutos
- Retrasa la maduración de frutos
- Altera la expresión del sexo en algunas plantas
- Induce partenocarpia

Factores que interactúan con el ácido giberélico (AG_3)

Los factores que interactúan en la acción del ácido giberélico (AG_3) son: cantidad y calidad de luz, temperatura, contenido de humedad del suelo, fertilidad, tipo de suelo, lugar de aplicación, época de aplicación, dosis de aplicación, concentración usada, vigor de la planta y forma de aplicación (Surrey, 1975).

El ácido giberélico debe considerarse fundamentalmente como un agente

desreprezor del ARN para la producción de amilasa, acelerando el desarrollo vegetativo y determinando de esta manera la producción de plántulas de mayor tamaño. Este efecto es debido a un alargamiento de las células vegetales, aunque bajo determinadas circunstancias puede producir una multiplicación celular (Lang, 1973).

Las giberelinas promueven la síntesis de la enzima α -amilasa la cual incrementa la hidrólisis del almidón, estimulando de esta forma la germinación de algunas semillas. También parece mediar en la síntesis de tripófano, un precursor de la auxina (Westwood, 1982).

La respuesta inducida por las giberelinas no es absolutamente específica de la α -amilasa, aunque la mayoría de los estudios se han concentrado en esta enzima. También se sintetizan otras enzimas hidrolíticas como proteasas y ribonucleasa. Dado que el embrión necesita claramente azúcares (y otras sustancias) para su crecimiento durante la germinación, resulta interesante el sistema mediante el cual el embrión controla por sí mismo el suministro de azúcares del endospermo mediante su propia síntesis de giberelinas (Hill, 1973).

Efecto de la aplicación de ácido giberélico (AG_3) sobre algunas especies frutales

-Germinación

Hundal y Khajuria (1979), lograron reducir el tiempo requerido por diferentes variedades de durazno para su germinación, mediante la aplicación de 200 ppm de AG_3 y 5000 ppm de tiourea, a las dos semanas todas las variedades habían germinado, la variedad "Sufedã" presentó el más alto

porcentaje de germinación seguida por la variedad "Khurmani" y "Sharabat" la variedad "Matchless" presentó menor porcentaje de germinación a la sexta semana todas las variedades a excepción de las variedades "Khurmani" y "Sharabat" completaron su germinación. Mostrando de esta manera que los tratamientos con AG_3 y tiourea reducen el periodo de estratificación, incrementando la germinación y reduciendo el número de días para ésta.

Zarska *et al.* (1980), encontraron que mediante el tratamiento de frío y aplicaciones exógenas de AG_4 se promovió el incremento de ácido liposo, sugiriendo que las giberelinas intervienen en la activación de esta enzima. Esta sugerencia se hace en base a la demostración de que las aplicaciones de ácido giberélico estimularon la actividad de la lipasa y fue finalmente confirmada por experimentos con AMO-L6L8 el cual inhibió paralelamente la acumulación de AG_4 y la actividad de la enzima, relacionados éstos junto con los tratamientos con frío con el rompimiento del periodo de dormancia de los embriones de manzano.

Hurtado (1977), mediante diversos tratamientos sobre germinación y principios de desarrollo de nogal pecanero determinó que: la estratificación en frío de la semilla, escarificación por despunte o inmersión de la semilla en giberelinas incrementan tanto el porcentaje de germinación, así como la tasa de velocidad del proceso.

-División celular

Crone y Ryugo (1984), comparando la respuesta de las yemas de inflorescencias laterales con la de las yemas vegetativas terminales de

pistacho (*Pistacia vera* L.), tratadas exógenamente con AG_3 , encontraron que con las dosis de 500 y 5000 μM de AG_3 aplicadas a través del ráquíz con bolas de algodón se incrementó la división celular en la base de las yemas de inflorescencias, cuando ésta ya había cesado; dando como consecuencia la abscisión de las yemas.

-Elongación celular

Frankhauer (1982), probando con aplicaciones de AG_3 y AG_{4+7} con la-nolina, aplicados a la base del tallo de plántulas de naranjo agrio y aguacate pudo observar un incremento en el diámetro del tallo, así como un efecto en el desarrollo de raíces, tomando en cuenta la época de aplicación, pudiendo hacer una más rápida propagación de estos cultivares.

Juntilla (1981), probó 15 diferentes giberelinas para inducir crecimiento bajo condiciones de día corto en plántulas de sauce (*Salix pentandra* L.), aplicadas en los ápices o en hojas maduras, encontró que la mejor respuesta se obtuvo con AG_3 , AG_{4+7} y AG_4 aplicando 1 mg. Las giberelinas AG_1 , AG_2 , AG_5 , AG_9 , AG_{13} , AG_{20} , AG_{36} y AG_{47} mostraron una actividad moderada y las giberelinas AG_{16} , AG_{17} y AG_{41} a dosis de 10 tuvieron una baja actividad. El resultado del efecto de las giberelinas fue un marcado alargamiento de los entrenudos así como la formación de nuevas hojas.

Matta y Storey (1981), probaron los efectos del diseño de recipientes, 6-bencilaminopurina (BA) y ácido giberélico (AG_3) sobre: desarrollo de raíz y crecimiento del tallo de plántulas de nogal de 10 días de germinadas con el fin de determinar cuál de ellos provocaba un mayor efecto

en el incremento de altura y diámetro en las plántulas, para que éstas pudieran ser injertadas más rápidamente mediante el injerto de parche y obtuvieron que el ácido giberélico (AG_3) incrementó el diámetro del tallo en macetas cilíndricas, así como el de las plántulas sembradas en macetas, pero no tuvo efecto sobre las que se sembraron en semillero, mostrando éstas una formación fibrosa de las raíces, la altura de las plántulas no fue influenciada por los tratamientos de reguladores de crecimiento ni por el tipo de recipiente.

Espinosa (1981), realizó aspersiones de AG_3 sobre plántulas de nogal pecanero en diferentes dosis y número de aplicaciones para incrementar diámetro y altura, encontró que la mejor dosis para incrementar altura fue la de 600 ppm en tres aplicaciones, mientras que el análisis de covarianza no reveló incrementos significativos en diámetro y número de hojas para ninguno de los tratamientos.

Moreno (1981), mediante la aplicación de ácido giberélico (AG_3) en dosis de 50 y 500 ppm en 5 aplicaciones con intervalos de 15 días entre aplicación obtuvo patrones de nogal listos para poder ser injertados en escudete en un tiempo menor de 4 meses después de la última aplicación.

Fabela (1978), probando diferentes dosis y número de aplicaciones foliares de AG_3 sobre plántulas de nogal pecanero, encontró que el mejor tratamiento para incrementar altura de plántulas fue de 500 ppm en tres aplicaciones, ninguno de los tratamientos incrementó significativamente el diámetro del tallo.

Mendoza (1979), al tratar plántulas de durazno (*Prunus persica* (L.)

Batsch), en vivero con aspersiones de ácido giberélico (AG_3) y urea, encontró que la mejor dosis para acelerar el crecimiento aéreo de las plántulas fue la de 500 ppm, reduciendo el período normal de desarrollo desde la germinación hasta el momento de ser injertadas.

Dhem y Young (1976), mediante la aplicación de ácido giberélico (AG_3) a una concentración de 5000 ppm mezclado con lanolina a la base del tallo de varios cultivares de nogal, lograron promover un incremento significativo en diámetro de las plántulas tratadas, llevándolas a 1.10 cm contra 0.73 cm de las plántulas testigo, alcanzando de esta manera el diámetro necesario para poder ser injertadas después de un año de crecimiento.

Eagles y Waring, citados por Garza (1969), trabajando con plántulas de abedul obtuvieron que: después de tratar las yemas con solución de ácido giberélico (AG_3), el crecimiento apical, que había cesado a causa de la aplicación exógena de inhibidores, se aceleró rápidamente; demostrando que el ácido giberélico (AG_3) puede bloquear la acción o los efectos de estos inhibidores.

Taylor (1972), tratando plántulas de nogal con una mezcla de lanolina y 500 ppm de ácido giberélico (AG_3), aplicados a la base del tallo; logró estimular el crecimiento del cambium, promoviendo un incremento significativo en el diámetro del tallo. Las plántulas tratadas con la misma mezcla pero bajo condiciones de invernadero pudieron ser injertadas después de 3 meses de la emergencia, utilizando injerto de "parche" reduciendo mínimamente 2 años de crecimiento bajo condiciones normales de

crecimiento de la planta.

Powell *et al.* (1959), mediante la aplicación de 1000 ppm de AG_3 sobre plántulas de peral y manzano obtuvieron que: con aplicaciones 2 veces por semana, durante 4 semanas la respuesta de las plantas fue: incremento de altura en forma lineal, pero no del diámetro, se incrementó el número de hojas por árbol pero no el tamaño de éstas, no hubo incremento de peso seco, no hubo influencia en la relación raíz-copa por árbol.

-Rompimiento del estado de reposo

Walser *et al.* (1981), probando efectos del ácido giberélico (AG_3), temperaturas y defoliación sobre el período de reposo de yemas foliares de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) encontraron que los árboles que estuvieron bajo condiciones de frío y habiéndoles hecho una defoliación del 50% requirieron de 1345 y 1395 unidades frío para que las yemas rompieran el período de reposo, mientras que las que fueron tratadas con 100 ppm de AG_3 y con una acumulación de unidades frío de 822, bajo altas temperaturas de campo retrasaron la defoliación y extendieron el período de reposo.

Sparks, citado por Weaver (1976), realizó aspersiones de giberelato potásico (KAG_3), aplicando a árboles maduros de nogal pecanero (*Carya illi-noensis*) inhibieron la formación de aumentos durante la primavera siguiente a la aplicación, la dosis utilizada fue de 200 ppm en tres aplicaciones acumulativas con intervalos de 23 días, de acuerdo con la época de aplicación se pudo observar:

- a) La terminación del período de reposo de las yemas como resultado de las aplicaciones tempranas y
- b) Un aumento de peso total por nuez como resultado de las aspersiones tardías.

Walder y Donoho, Jr. (1959), trabajaron con plántulas de durazno y árboles de manzano, tratando de reemplazar los requerimientos de frío de estas especies con ácido giberélico (AG_3) rompiendo de esta manera el período de reposo, haciendo las aplicaciones bajo diferentes temperaturas y a diferentes períodos de tiempo en la aplicación encontraron que: las plantas de durazno que fueron tratadas con 1000 ppm de AG_3 y con 120 horas frío a 45°F (7°C) lograron romper el estado de reposo, así como incrementar la longitud del tallo, mientras que los árboles de manzano que fueron tratados con 1000 y 4000 ppm de AG_3 no lograron romper el estado de reposo, su respuesta fue únicamente un pequeño crecimiento en forma de penacho de las hojas terminales, los árboles que no fueron tratados no tuvieron ninguna respuesta o crecimiento durante este período.

Brown *et al.* (1960), trataron árboles enanos de peral con dosis de 2500, 250 y 1000 ppm de ácido giberélico (AG_3) aplicando a diferentes tiempos, de los árboles tratados un lote se introdujo al invernadero y el otro se dejó fuera, los tratamientos se hicieron durante la estación de dormancia.

La respuesta de las yemas varió con la aplicación de giberelinas en los diferentes tiempos durante la dormancia, esto lo mostraron los árboles que se encontraban en el invernadero. Aparentemente mostraron dos

respuestas opuestas. Una fue la estimulación de las yemas tanto vegetativas como florales para que crecieran; la otra fue la muerte de flores en los racimos de yemas florales. Esta segunda respuesta fue particularmente presentada cuando se hicieron los tratamientos a principios del periodo de dormancia que cuando se hicieron cuando el reposo era más avanzado.

-Floración

Jahn (1981), reporta que la aplicación de AG_3 y AG_{4+7} y/o 6-bencilaminopurina (BA) no redujeron la floración de abril ni la fructificación en junio de tangerina "Dancy" (*Citrus reticulata* Blanco).

Widmer *et al.* (1974), mediante la aplicación de diferentes dosis de ácido giberélico (AG_3) lograron acelerar la floración en 6 cultivares de *Cyclamen persicum* Mill. de 28 a 35 días, incrementando simultáneamente la producción de flores por planta en un 100%. El tamaño y contenido de las hojas, así como el tamaño de la planta no fueron alterados por el AG_3 . Una sola aspersión de 50 ppm de AG_3 aplicada 60 a 70 días antes del tiempo deseado de floración se sugiere para promover una mayor eficiencia y precisión en la cosecha de cyclamen.

Painter y Stembridge (1972), aplicaron 75 ppm de ácido giberélico (AG_3) a árboles adultos de durazno "Redskin" a diferentes tiempos durante el verano. La floración se redujo dependiendo de la fecha de aplicación. Se tuvieron dos respuestas: la primera ocurrió con aplicaciones a principios de verano, cuando se iniciaba la floración, la segunda ocurrió al final del verano y el resultado fue la mortalidad de yemas florales en

desarrollo. Las aplicaciones de AG_3 disminuyeron también la caída de las hojas, lo cual causó un retraso en el desarrollo floral. Mediante este experimento se demostró que la aplicación de AG_3 tiene múltiples efectos sobre la floración en durazno y que la naturaleza y grado de respuesta está relacionada con el tiempo de aplicación.

Nir *et al.* (1972), probaron los efectos de estrés de agua, aplicaciones de ácido gibérelico (AG_3) y CCC sobre la diferenciación floral de árboles de limón "Eureka" y encontraron que: el CCC es capaz de reemplazar el estrés de agua y puede inducir la formación floral en los árboles de limón, mientras que el AG_3 inhibe la diferenciación floral, pero las yemas diferenciadas pueden ser detectadas inmediatamente después de las aspersiones, así mismo, se puede observar que el AG_3 revierte las yemas florales a ápices vegetativos.

-Partenocarpia

Eccher y Boffelly (1981), trabajaron con AG_{4+7} ; utilizando diferentes concentraciones, número y frecuencia de tratamientos, mediante una combinación factorial, con el fin de impedir la coloración rojiza en manzanas "Golden Delicious". Se obtuvo una gran reducción de esta coloración tratando los frutales 8 ó 15 días antes de la floración total. Los tratamientos afectaron también la forma de los frutos produciendo en muchos casos partenocarpia, asimismo se observó que el diámetro transversal de las frutas se incrementó en la medida que se redujo la coloración rojiza.

La partenocarpia puede ser inducida por aplicaciones tempranas de AG ,

que sustituye a la producida por los embriones jóvenes como en el caso de la pera (Westwood, 1982).

Stembridge y Gambrell, Jr. (1972), mediante la aplicación de giberelinas (AG_3) después de la floración en árboles de durazno de polinización abierta, se impidió el desarrollo de semilla en algunos frutos, resultó también la persistencia y maduración de ambos tipos de frutos (con semilla y sin semilla) en algunos árboles. El AG_3 promovió temporalmente el desarrollo de frutos y retardó la abscisión de ambos tipos de frutos; la cosecha final no fue alterada. La abscisión de ambos tipos de frutos de los árboles tratados se produjo durante la maduración fisiológica. Hubo gran persistencia de frutos sin semilla los cuales compitieron con los frutos con semilla. La ausencia de semilla fue asociada con frutos pequeños y con la maduración de éstos.

Fridrich (1983), con la aplicación de giberelinas se ha logrado producir melocotones partenocárpicos, se han superado los fenómenos de esterilidad, activando el crecimiento del tubo polínico, asimismo se ha acelerado la ramificación de los árboles frutales en almácigo.

-Tamaño de frutos

El-Seftawi (1980), realizó un experimento para probar los efectos del ácido giberélico (AG_3) y del cicocel sobre la coloración y tamaño de limón (*Citrus limon* (L.) Burm.f.), combinando 10 ppm de AG_3 con 1000 ppm de CCC logrando retardar la coloración y detuvo el crecimiento del limón. Todos los tratamientos con AG_3 inhibieron los niveles de carotenoides, retardando de esta manera la maduración de los frutos.

-Coloración de frutos

Jones y Coggins, Jr. (1973), estudiaron el efecto de la aplicación de nutrientes y ácido giberélico (AG_3) sobre naranja "Valencia" con el fin de incrementar el valor de la cosecha y encontraron que: mediante la aplicación de ácido giberélico (AG_3) se logró reducir el plegado de frutos, aunque no en la misma proporción que con la aplicación de K. Se observó asimismo que el AG_3 mantiene más el color verde en los frutos en el momento de la cosecha, se incrementó también los sólidos del jugo y los niveles de ácido ascórbico.

•

MATERIALES Y METODOS

Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en los viveros del Colegio de Postgraduados de Chapingo; los cuales se encuentran ubicados dentro de la Universidad, localizada ésta a una latitud de 19° 30' N y una longitud de 98° 51' W, la altura sobre el nivel del mar es de 2241 m, una precipitación media anual de 593.8 mm y una temperatura media anual de 14.8°C (Estación Meteorológica de la UACH, 1984).

Materiales

- Plántulas de nogal de castilla de 8 meses de germinadas, las cuales se encontraban en bolsas de polietileno negro de 2 kg en el vivero.
- Acido giberélico (AG₃). Gibberellic acid "Sargen Welch" 85%.
- Balanza analítica.
- Agua destilada.
- Alcohol etílico 96°
- Algodón absorbente
- Atomizador anual de plástico "Ride"
- Regla metálica graduada (cm)
- Vernier graduado (cm)

Desarrollo del experimento

Se experimentó con plántulas de nogal, las cuales fueron tratadas con concentraciones de 250, 500 y 1000 ppm de ácido giberélico (AG₃), haciendo 1, 2, 3 y 4 dosis de cada una de las concentraciones con un periodo de

tiempo de 8 días entre cada aplicación (ver esquema en Apéndice).

Se preparó una solución madre de 1000 ppm, pesando 120 mg de ácido giberélico (AG_3) en la balanza analítica, se disolvió en 25 ml de alcohol etílico y se aforó con agua destilada a 120 ml.

De esta solución se obtuvieron las concentraciones requeridas para la primera aplicación de la manera siguiente: de la solución a 1000 ppm se tomaron 40 ml y se aforaron con agua destilada a 80 ml llevando la solución a una concentración de 500 ppm; otros 30 ml se aforaron a 120 ml con agua destilada para obtener una concentración de 125 ppm. Los 40 ml restantes se utilizaron sin dilución, esto es, a 1000 ppm (las demás concentraciones se prepararon utilizando las cantidades indicadas en la tabla del Apéndice).

Variables estudiadas

Las variables estudiadas fueron: incremento de diámetro y altura; para ésto se tomaron los datos iniciales de cada una de las variables antes de hacer la primera aplicación, tanto de las plántulas de los tratamientos como de los testigos.

Se manejaron dos formas de aplicación:

- 1) Con atomizador manual, asperjando todo el tallo, bañándole completamente con la solución.
- 2) Con bolas de algodón, empapándolo con la solución y la aplicación se hizo presionando suavemente a todo lo largo del tallo.

Fijación de Tejidos

Uno de los objetivos fue el de observar los efectos de las diferentes dosis y tratamientos de ácido giberélico (AG_3) sobre la elongación celular y espaciamiento intercelular.

Para esto se tomaron hojas de los folíolos de la parte media de las plántulas tratadas y de los testigos para hacer los cortes histológicos.

Materiales

- Frascos de gerber
- Fijador (FAA). Formol, ácido acético, alcohol
- Hojas de nogal de castilla
- Alcohol al 30, 50, 70, 96 y 100%
- Xilol puro
- Parafina
- Estufa
- Cubos de aluminio
- Parrilla
- Refrigerador
- Micromotomo
- Portaobjetos
- Cubreobjetos "Profesional" 22 x 50
- Cajas de Kapling
- Alcohol 100, 96, 70 y 50%
- Rojo safranina al 0.5%
- Verde rápido al 1.0%
- Adhesivo Javp
- Formaldehido al 10%
- Bálsamo de Canadá

Procedimiento

-Fijación

1. Se tomaron muestras de las hojas tratadas con ácido giberélico (únicamente de las que se les aplicó con atomizador).
2. Se colocaron las hojas en frascos de vidrio los cuales contenían la solución del fijador (FAA).

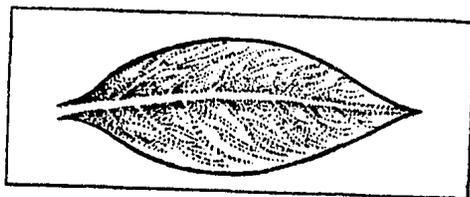
-Deshidratación

1. Se sacan las hojas del fijador.
2. Se pasan a una serie de concentraciones crecientes de alcohol etílico con el fin de deshidratarlas.
3. Se empieza con la concentración de 30% y se pasan sucesivamente en orden creciente a las concentraciones de 50, 70, 96 y 100% permaneciendo 6 horas en cada concentración.
4. En las concentraciones de 96 y 100% se repite por dos veces con el mismo intervalo de tiempo.
5. Se retiran las hojas del alcohol absoluto (100%), se pasan a xilol puro y se colocan dentro de la estufa a 35°C agregándoseles trozos de parafina y se dejan durante 24 horas.
6. Elevar la temperatura a 45 y 55°C cada 24 horas agregando más trozos de parafina en cada cambio.
7. Después de 24 horas de haberse mantenido a 55°C se reemplaza la

parafina por parafina limpia previamente fundida se le agrega xilol limpio y se mete nuevamente a la estufa a una temperatura de 60°C durante 24 horas.

-Inclusión

1. Se colocaron los moldes de aluminio sobre la parrilla la cual se en contraba a una temperatura de 50 a 52°C .
2. En la medida que se iba vaciando la parafina se acomodó la hoja de tal forma que ésta quedara suspendida en la parafina, procurando que al hacer el vaciado no se formen burbujas de parafina.
3. Una vez hecho el vaciado se deja enfriar un poco la parafina y se re tira de la parrilla la caja de aluminio con parafina y muestra.
4. Se deja enfriar un poco más y se introduce al refrigerador para que solidifique totalmente el bloque de parafina con la muestra incluída.
5. Una vez que los bloques han solidificado totalmente se extraen los bloques de las cajas de aluminio y se recortan los cuadros que contienen la muestra, formando cubos o rectángulos según el tamaño de la muestra, emparejando los lados lo mejor posible con una navaja (Figura 1)



-Cortes

1. Los cubos o rectángulos obtenidos se montaron en cubos de madera, se llenándolos con parafina fundida y se meten al congelador para que se llenen perfectamente.
2. Se colocan los cubos de madera en el microtomo y se hacen los cortes en forma transversal con 7 micras de espesor. Se hicieron 5 cortes de cada una de las partes de la hoja (Figura 2).



3. Colocar cada corte sobre un portaobjetos, el cual se mantuvo en alco hol etílico, tratándose de la siguiente manera:
 - a) Se sacude el exceso de alcohol etílico del portaobjetos.
 - b) Se coloca una gotita de adhesivo y se destiende perfectamente con la yema del dedo.
 - c) Se adicionan 3 gotas de formaldehído y se coloca el corte sobre éstas.
4. El portaobjetos se coloca sobre la parrilla a una temperatura de 50° C extendiendo el corte rápidamente, auxiliándose con unas agujas de disección procurando no romper el tejido y tratando de que no se for men burbujas bajo el tejido.
5. Se retira el portaobjetos de la parrilla y se excluye el exceso de formaldehído sobre papel absorbente.

6. El portaobjetos se coloca en forma vertical durante 24 horas con el fin de que seque perfectamente.

-Tinción

1. Cuando los cortes se encuentran perfectamente secos se pasan en series de 5 por las tres primeras cajas de Kapling de xilol puro con el fin de eliminar la parafina (durante 5 ó 10 min en cada caja).
2. Si es necesario, para acelerar el proceso se colocan los cortes en la estufa a 50°C.
3. Posteriormente los cortes se pasan rápidamente por los alcoholes de concentraciones de 100, 96, 70 y 50%.
4. Se colocan posteriormente los cortes en el colorante rojo de safranina durante 10 ó 15 minutos.
5. Se enjuaga con agua para quitar el exceso de colorante.
6. Se pasan nuevamente por los alcoholes a 50, 70, 96 y 100% cambiando los rápidamente.
7. Se pasan luego al verde rápido al 1% y se mantienen ahí de 0.5 a 1 minuto.
8. Colocarlos en xilol 1/1 (50% xilol y 50% alcohol absoluto) sin dejarlos mucho tiempo.
9. Se colocan en xilol puro hasta el momento del sellado.

-Sellado

1. Se adiciona una gota de bálsamo del Canadá sobre el tejido y se coloca el cubreobjetos.
2. Se presiona suavemente con el dedo sobre el cubreobjetos con el fin de destender el bálsamo, procurando no dejar burbujas dentro del campo, teniendo cuidado de no presionar muy fuerte evitando de esta forma romper el tejido.
3. Se coloca sobre la parrilla a temperatura baja con el fin de que seque el bálsamo y no se corra el cubreobjetos.
4. Etiquetar la preparación.

Diseño de Tratamientos y Diseño Experimental

Diseño de tratamientos

-Factorial completo 2 x 3 x 4

Factores

F: Forma de aplicación	con 2 niveles	Atomizador y algodón
D: Dosis	con 3 niveles	1000, 500 y 250 ppm
A: Número de aplicaciones	con 4 niveles	1a., 2a., 3a. y 4a. aplic.

Total de tratamientos: 24

Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con 4

repeticiones más los testigos. Se tomaron 3 plántulas por parcela útil y 12 por parcela total.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + D_j + FD_{ij} + A_k + FA_{ik} + DA_{jk} + FDA_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

- μ = Media general
- F_i = Efecto de la i-ésima forma de aplicación
- D_j = Efecto de la j-ésima dosis
- FD_{ij} = Efecto de la i-ésima forma de aplicación por la j-ésima dosis
- A_k = Efecto de la k-ésima aplicación
- FA_{ik} = Efecto de la i-ésima forma de aplicación por la k-ésima aplicación de AG₃
- DA_{jk} = Efecto de la j-ésima dosis por la k-ésima aplicación de AG₃
- FDA_{ijk} = Efecto de la interacción de la i-ésima forma de aplicación por la j-ésima dosis y la k-ésima aplicación
- E_{ijkl} = Variación aleatoria asociada a la unidad experimental del tratamiento i, j y k

-Toma de datos

La primera toma de datos se realizó el 6 de abril de 1984, antes de hacer la primera aplicación; considerando el diámetro y altura iniciales de cada una de las plántulas, la altura se midió a partir de la base del cuello al ápice y el diámetro entre 5 y 7 cm arriba de la base del cuello. Estos datos se tomaron subsecuentemente a intervalos de 8 días antes de cada aplicación durante 4 semanas después de la última aplicación,

mientras se observó crecimiento, los datos de postratamiento se hicieron con un intervalo de tiempo de 15 días entre cada medición.

Se tomaron también muestras de hojas de las plántulas tratadas y de los testigos con el fin de hacer preparaciones fijas de los tejidos y observar en éstos el efecto de los diferentes tratamientos sobre la elongación celular.

Análisis de datos

En base al diseño estadístico establecido se analizaron los datos obtenidos de incremento de altura y diámetro por tratamiento, forma de aplicación y número de aplicaciones.

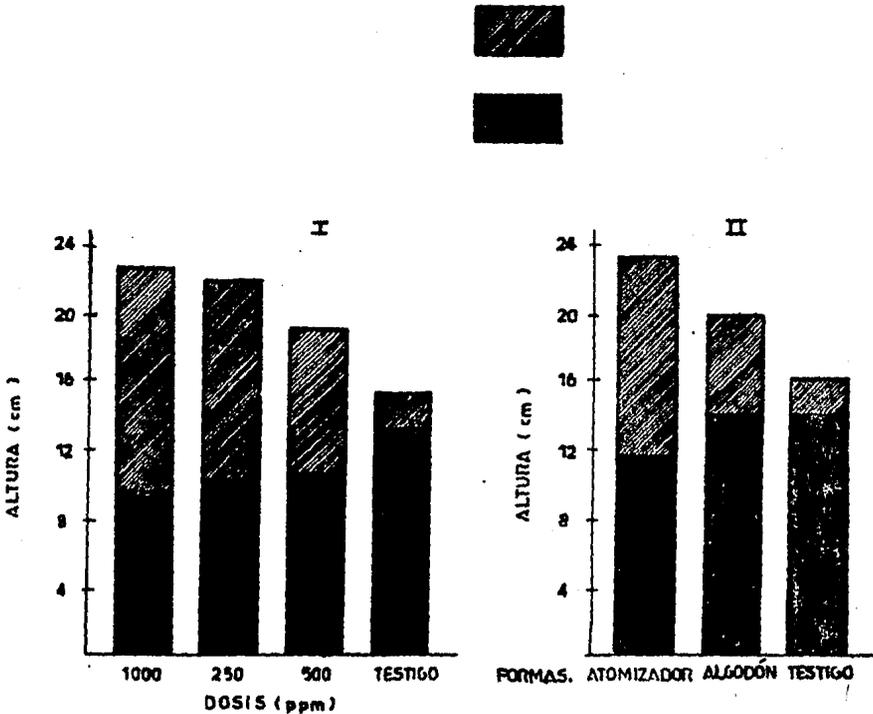
Debido a la heterogeneidad que presentaban las plántulas en cuanto a diámetro y altura iniciales, se hizo necesario hacer un análisis de covarianza el cual marcó diferencia significativa, y por ello fue necesario hacer un ajuste de medias. Así pues se hicieron los análisis de varianza y las comparaciones de medias correspondientes.

Los datos fueron analizados en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, utilizando el sistema S. A. S.

RESULTADOS

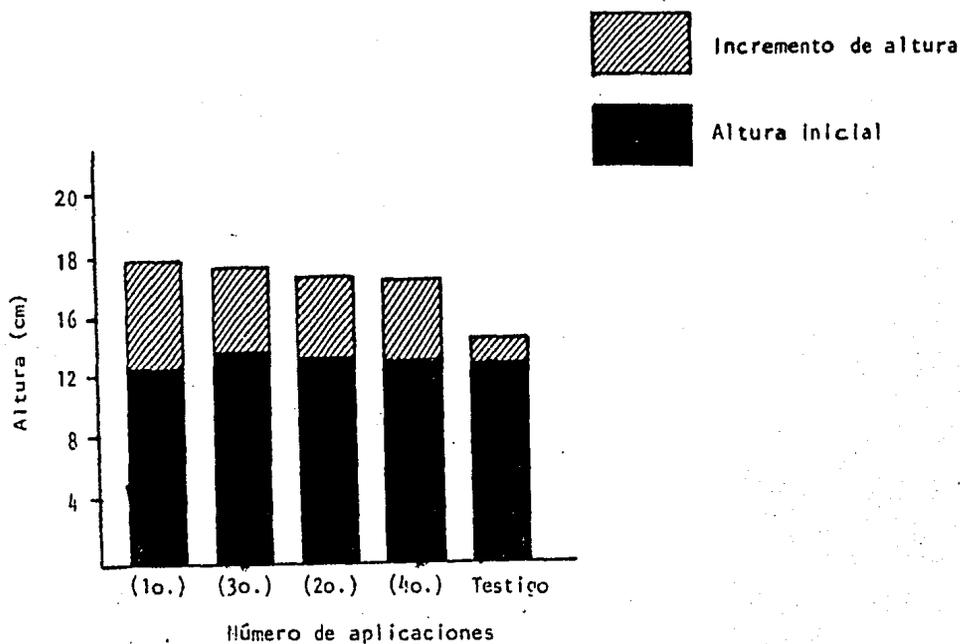
Figuras I y II. Incremento de altura bajo el efecto de los factores dosis (D) y forma de aplicación (F).

En el Cuadro I (Apéndice D) se observa que las tres dosis aplicadas se comportaron estadísticamente iguales para el incremento de altura; sin embargo, en la Figura I se puede apreciar que la dosis de 1000 ppm tiende a dar un incremento ligeramente mayor en relación con las otras dos dosis, de igual forma se puede apreciar que las tres dosis superaron notablemente al testigo.



La Figura II muestra que la aplicación con atomizador para incrementar la altura superó significativamente a la aplicación con algodón aunque se observa gran diferencia de ambas formas con respecto al testigo.

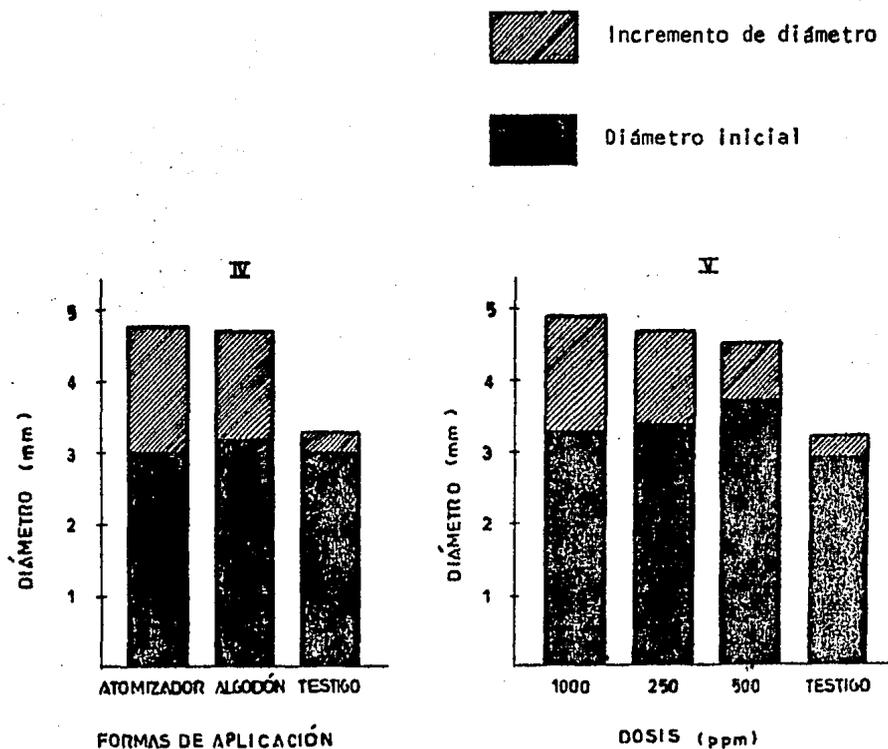
Figura III. Efecto del factor número de aplicaciones (A) sobre altura.



En esta figura se puede observar que el número de aplicaciones que resultó más efectiva para incrementar altura fueron la primera y tercera, aunque no se observa gran diferencia en relación a las demás aplicaciones pero sí de éstas con respecto al testigo.

Figuras IV y V. Efecto del factor forma (F) y dosis (D) sobre el incremento de diámetro.

Las figuras muestran que al igual que para el incremento de altura, la mejor forma de aplicación para el incremento de diámetro fue la de atomizador (Fig. IV).



La Figura V muestra que la dosis más efectiva fue la de 1000 ppm; aunque en ambos casos todos los tratamientos superan al testigo.

Figura VI. Efecto del número de aplicaciones (A) para incrementar diámetro.

Esta gráfica nos muestra que la aplicación en una sola vez fue la que provocó mejor respuesta en cuanto al incremento de diámetro aunque la diferencia entre número de aplicaciones en general no es muy significativo pero sí se puede observar gran diferencia de aquéllos con respecto al testigo.

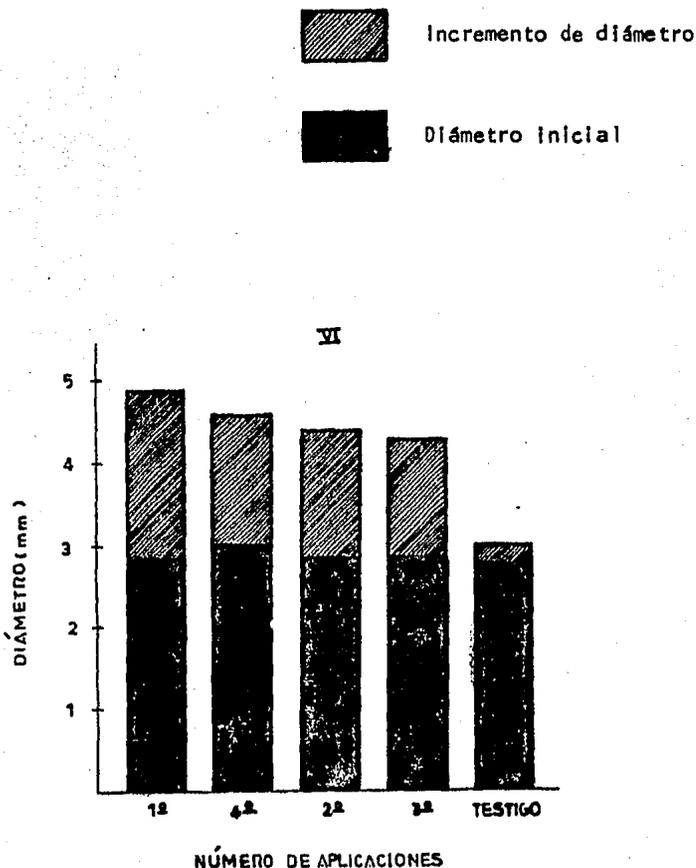
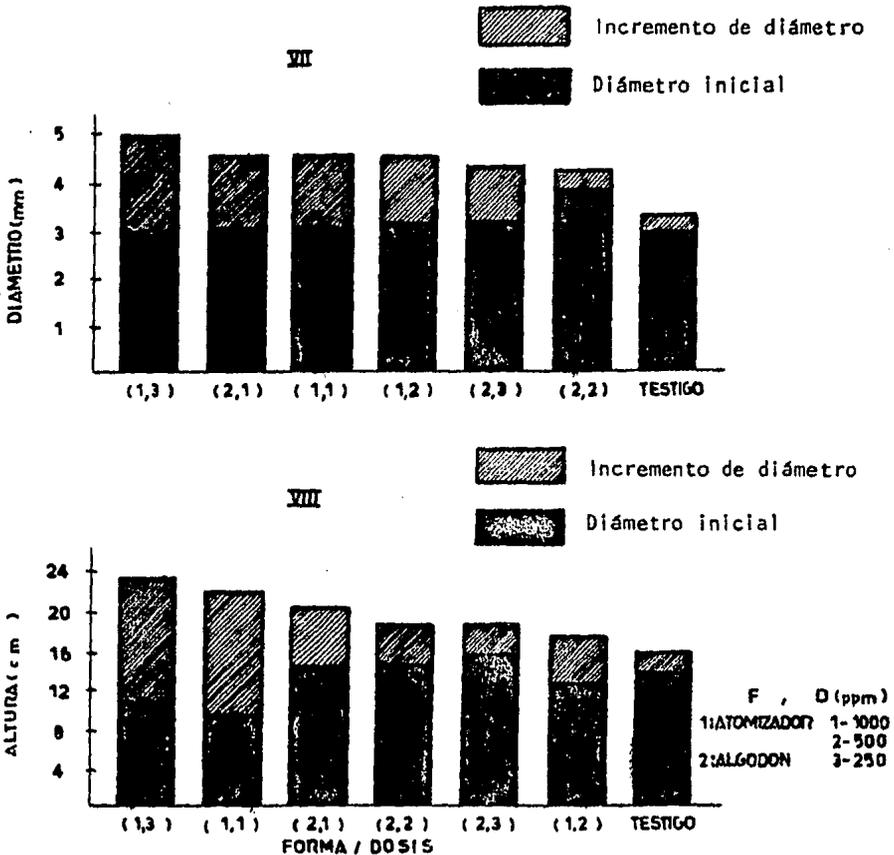


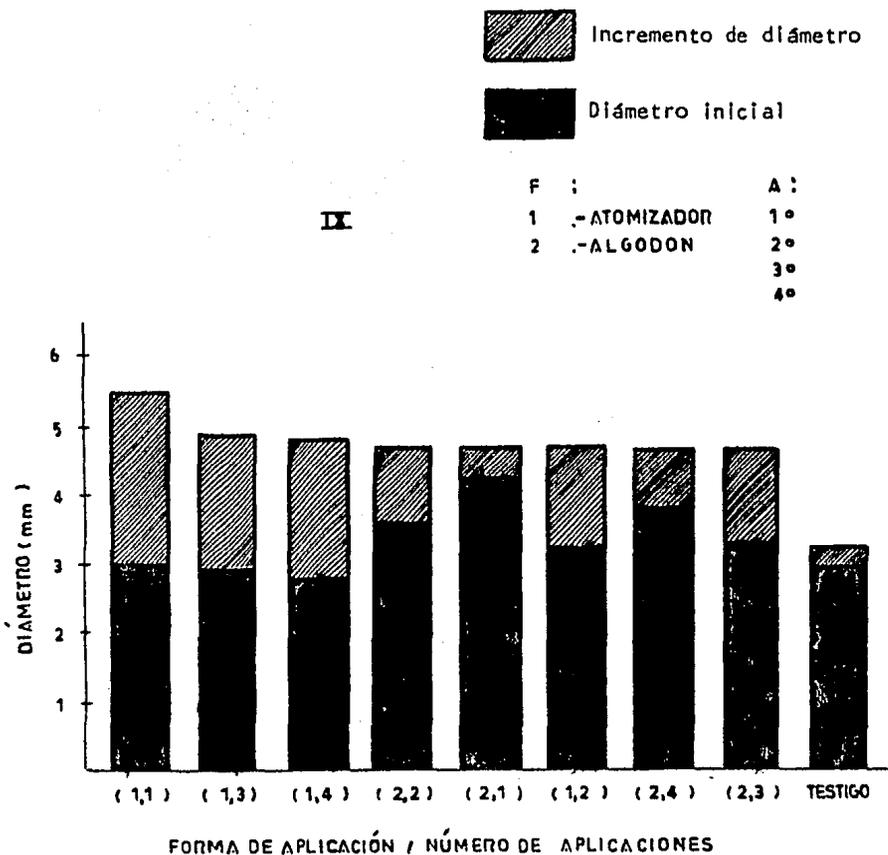
Figura VII y VIII. Incremento de diámetro y altura bajo la interacción de los factores forma de aplicación por dosis (F, D)

En los Cuadros II y III (Apéndice E y F) se puede observar que estadísticamente la mejor interacción para el incremento de diámetro y altura como lo muestran las Figuras VII y VIII fue la de los factores forma de aplicación con atomizador con 250 ppm de AG_3 , seguida por la dosis de 1,000 ppm aplicada con algodón.



En el caso del incremento de diámetro y con atomizador en cuanto a altura, los demás tratamientos se comportaron estadísticamente iguales, algunos inclusive su comportamiento fue similar al de los testigos (Figura VII).

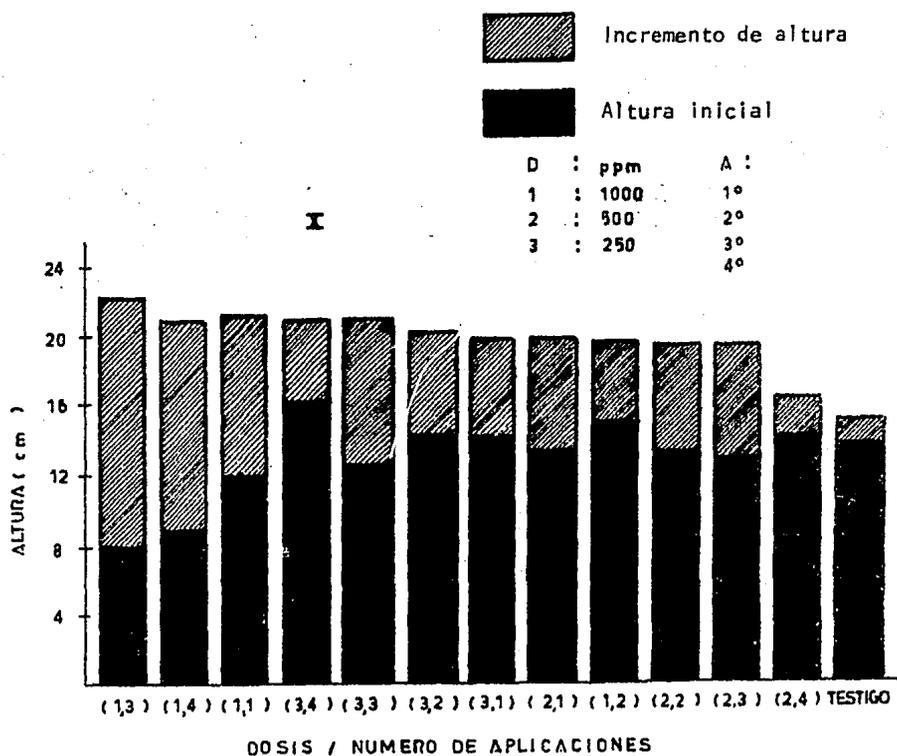
Figura IX. Incremento de diámetro bajo la interacción de los factores forma de aplicación (F) por número de aplicaciones (A).



En cuanto a la interacción de los factores forma de aplicación (F) y número de aplicaciones (A), únicamente se observa diferencia para el incremento de diámetro (Cuadro IV, Apéndice G), observándose en la figura que la aplicación con atomizador en una sola vez fue la mejor, seguida por 3 y 4 número de aplicaciones también con atomizador; las demás se comportaron estadísticamente iguales pero diferente al testigo.

Figura X. Incremento de altura bajo la interacción de los factores dosis (D) por número de aplicaciones (A).

El Cuadro V (Apéndice H) muestra que la interacción dosis (D) por número de aplicaciones (A) que dio mejores resultados para el incremento de altura fueron en general 1000 y 250 ppm en 3, 4 y 1 aplicación, los cuales resultaron estadísticamente diferentes a las demás y con respecto al tes tigo.



La interacción de estos mismos factores no tuvo efecto significativo sobre el diámetro (figura y cuadro no se presentan).

En el Cuadro VI (Apéndice I) en el cual se muestra el resultado de la interacción de los factores, forma de aplicación (F), dosis (D) y número de aplicaciones (A) para el incremento de diámetro, se tomaron como las mejores interacciones ($\frac{1}{F}, \frac{3}{D}, \frac{3}{A}$), (1, 3, 1), (1, 1, 1) y (1, 3, 4) aunque en general no se presenta mucha diferencia entre tratamientos. Para el incremento de altura no se tuvo diferencia estadística (cuadro y figura no se muestran).

Los Cuadros VII y VIII (Apéndice J y K) muestran la comparación de medias para el incremento de altura y diámetro respectivamente, considerando tanto los bloques de tratamientos como los testigos, los primeros no presentan mucha diferencia entre sí, pero sí de éstos hacia los bloques representados por los testigos, los cuales se encuentran entre los más bajos para ambas variables (bloques del 25-31).

Efecto del Acido Giberélico sobre la Anatomía
de las Hojas de Nogal

Mediante la comparación de los cortes histológicos de hojas tratadas con los testigos muestran que el ácido giberélico (AG_3) tuvo un efecto apreciable sobre la anatomía de las mismas.

Las secciones transversales de hoja muestran:

- Epidermis: Las secciones de hoja que fueron tratadas muestran que las células epidérmicas tuvieron una expansión longitudinal mayor en relación con los testigos. El incremento en longitud que presentan las células se observa en un paralelo a la posición del tejido epidérmico (Foto 3).

La forma de las células en las que se observa mayor incremento es generalmente alargada mientras que los testigos muestran células isodiamétricas (Foto 6).

- Mesofilo. Tanto el parénquima en empalizada como el parénquima esponjoso mostraron diferencias con respecto al testigo (Foto 5 y 6).

En el parénquima en empalizada se aprecian dos columnas de células, las cuales presentan un marcado alargamiento y una forma bien definida, sobre todo las superiores, se puede apreciar claramente que los espacios intercelulares que presentan estas células entre sí es más ancho con respecto a los testigos las cuales se observan en forma aglomerada (Foto 2 y 6).

El parénquima esponjoso de las hojas tratadas se presenta más difuso, observándose grandes especies intercelulares los cuales llegan a ocupar mayor volumen en el tejido de la célula (Foto 4 y 5).

El sistema vascular presenta células de gran tamaño, sobre todo las células de la vaina, las cuales en algunos casos el tejido en conjunto llega a abarcar desde la epidermis superior hasta la inferior (Foto 1, 3 y 4).



Epidermis superior

Columna de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Vaina

Foto 1.

Hoja tratada con 1,000 ppm de AG_3 en 4 aplicaciones
con atomizador.



Epidermis superior

Columna de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Foto 2.

Hoja tratada con 1,000 ppm en 3 aplicaciones con
atomizador.



Epidermis superior

Columna de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Vaina

Foto 3.

Hoja tratada con 250 ppm de Ag_3 en una aplicación con atomizador.



Epidermis superior

Columna de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Vaina

Foto 4.

Hoja tratada con 1000 ppm en una aplicación con atomizador



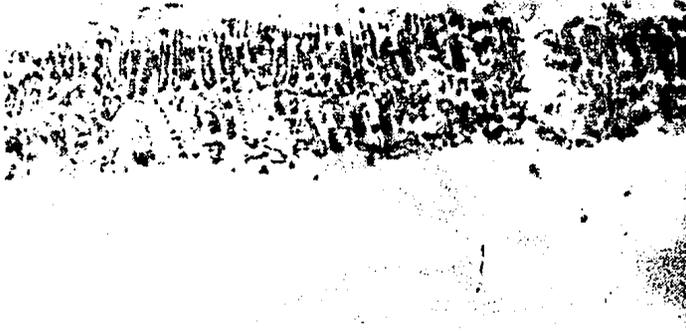
Epidermis superior

Columna de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Foto 5.
Hoja tratada con 250 ppm en 4 aplicaciones con atomi-
zador.



Epidermis superior

Columnas de células
en empalizada

Parénquima espon-
joso

Epidermis inferior

Vaina

Foto 6.
Testigo. Agua destilada + 5% de alcohol etílico.

DISCUSION

El ácido giberélico (AG_3) es considerado como una fitohormona que acelera el desarrollo vegetativo, determinando de esta manera plántulas de mayor tamaño, dado por un alargamiento de las células vegetales.

En el presente experimento la aplicación exógena de ácido giberélico (AG_3) sobre plántulas de nogal de castilla (*Juglans regia* L.) lograron incrementar el diámetro y altura de las plántulas, observándose como las mejores dosis las de 1,000 y 250 ppm aplicadas con atomizador en 1, 3 y 4 aplicaciones logrando obtenerse plántulas listas para poder ser injertadas 4 meses después de la primera aplicación, mientras que Moreno (1981), logró obtener patrones de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.) aplicando 50 y 500 ppm de AG_3 en 5 aplicaciones así como Fabela (1978) que con 500 ppm de AG_3 en 3 aplicaciones logró incrementar la altura de nogal pecanero.

Las formas de aplicación y dosis, así como tiempo de aplicación mostraron respuestas diferentes por parte de las plántulas, de esta forma se pudo observar que aplicaciones hechas con atomizador a concentraciones de 1,000 ppm en una sola aplicación lograron inhibir la dominancia apical induciendo la brotación de las yemas laterales próximas a la base del cuello.

Las observaciones y resultados obtenidos mostraron que en general las aplicaciones con atomizador tuvieron un efecto más marcado, tanto en el incremento de diámetro como de altura debido probablemente a que:

1. Mediante este tipo de aplicación el volumen empleado es mayor y la solución se mantuvo durante más tiempo en contacto con la superficie del tallo que cuando la aplicación fue hecha con algodón.
2. Cuando las yemas empezaron a brotar la aplicación con atomizador abarcó tanto los brotes y hojas emergidas, mientras que mediante la aplicación con algodón únicamente abarcó el tallo principal.

En general todas las plántulas lograron romper el período de reposo inmediatamente después de la segunda aplicación de ácido giberélico, seguido ésto de un acelerado crecimiento de brotes e incremento de altura del tallo principal, este crecimiento lo presentaron tanto las plántulas a las que se les aplicó la solución con atomizador, así como a las que se les aplicó con algodón, sin embargo en las plántulas que fueron tratadas con 1,000 y 250 ppm en 1, 3 y 4 aplicaciones la tasa de crecimiento se mantuvo durante más tiempo, disminuyendo a finales de mayo, manteniéndose un ritmo de crecimiento más lento pero constante hasta el mes de julio, mientras que en los testigos el crecimiento se detuvo completamente a mediados de junio.

Mediante los cortes histológicos, se puede constatar que el ácido giberélico tiene un marcado efecto sobre el alargamiento celular de las plántulas, modificando la anatomía de los tejidos de éstas. Las plántulas que fueron tratadas presentaron hojas de mayor tamaño y espesor que las de los testigos; esto es debido a que los espacios intercelulares fueron mayores en las hojas de las plántulas tratadas, así como el acomodamiento y longitud del parénquima en empalizada es marcadamente diferente al de los testigos; Baeryl () logró modificar la anatomía de discos

de hojas de manzano tratados con ácido giberélico.

Se puede apreciar en las fotografías que el parénquima empalizada presenta dos columnas de células alargadas bien definidas, dando como consecuencia un mayor espesor de la hoja que en los tejidos, que si bien llegan a presentar las dos columnas de células, éstas son pequeñas y con forma no bien definida.

Los cortes muestran un sistema vascular bien desarrollado, lo cual implica un eficiente transporte de agua y nutrientes a través de toda la planta, dando como resultado plantas de mayor vigor.

CONCLUSIONES

1. Las mejores dosis para incrementar altura y diámetro fueron las de 1000 y 250 ppm de AG_3 .
2. Las mejores respuestas se observaron en 1, 3 y 4 número de aplicaciones.
3. La forma de aplicación más efectiva fue con atomizador tanto para el incremento de diámetro como de altura.
4. La interacción de estos tres factores lograron incrementar el diámetro de las plántulas tratadas.
5. El ácido giberélico sí logró promover el incremento de altura y diámetro en las plántulas de nogal, aunque su efecto no es tan marcado como en otras especies.
6. La dosis de 1000 ppm aplicada con atomizador en una sola aplicación inhibió la dominancia apical en algunas plántulas e indujo una vigorosa brotación de las yemas laterales próximas a la base del cuello, incrementando el área foliar.
7. Las concentraciones de AG_3 modificaron la forma y colocación de las células del parénquima en empalizada y esponjoso dando hojas con mayor superficie y espesor.
8. El AG_3 promovió un mayor alargamiento de las células de las hojas, asimismo, incrementó los espacios intercelulares modificando de esta manera la anatomía de la hoja, dando como resultado plántulas más vigorosas.

9. El AG_3 incrementó notablemente el tamaño de las células del sistema vascular haciendo más eficiente el transporte de agua y nutrientes a todas las partes de la planta.

10. Se lograron obtener plántulas con las medidas deseadas para ser injertadas después de 120 días de la primera aplicación.

LITERATURA CITADA

- Amling, H. J., y K. A. Amling. 1980. Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecan cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(4): 536-540.
- Brown, D. S., W. H. Griggs, and B. T. Iwakiri. 1960. The influence of gibberellin on rest in pear buds. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 52-58.
- Calderón, E. 1977. *Fruticultura general*. 1a. parte. pág. 212-215. Ed. ECA. México.
- Crane, C., and K. Ryugo. 1984. Effects of gibberellic acid on vegetative and inflorescence buds of pistachio. *J. Amer. Hort. Sci.* 109(1): 39-42.
- Dhem, M. A., and W. A. Young. 1974. Variety-growth regulator effect on pecan rootstocks. *Louisiana Agr.* 19(4): 10-11.
- Eccher, T., and G. Boffelli. 1981. Effects of dose and time of application of GA₄₊₇ on russeting. Fruit Set Shape of "Golden Delicious" Apples. *Scientia Horticulturae* 12: 117-181.
- El-Zeftawi, B. M. 1980. Effects of gibberellic acid and cycocel on colour and sizing of lemon. *Scientia Horticulturae*. 12: 177-181.
- Embleton, T. W., W. W. Jones and C. W. Cogins, Jr. 1973. Aggregate effects of nutrients and gibberellic acid on "Valencia" orange crop value. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(3): 281-285.
- Espinosa, R. 1981. Efecto inducido por diferentes dosis y número de aplicaciones de ácido giberélico en plántulas de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch). En General Escobedo. Tesis Ingeniero Agrónomo. U.N.A.N.L.
- Fallani, E. D. G. Richardson, and M. N. Westwood. 1985. Quality of apple fruit from a high density orchard as influenced by rootstocks, fertilizers, maruritu, and storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(1): 71-74.
- Frankhausen, D. W., Jr., A. Texas and M. University Collage. 1982. The effects of GA₃ in lanoline applied to basal stem section or sour orange (*Citrus aurantium*) and avocado (*Persea americana* cv Lula) seedlings. *HortScience*.
- Garza, R. 1969. Effects of certain chemicals as substitute for chilling in apple seedling (*Malus sylvestris* Mill). Ithaca, N. Y. Tesis M. C. Cornell University.
- Hield, H. Z., C. W. Cogins, Jr. and M. J. Garber. 1965. Effects of gibberellins spray on fruit set of Washington navel orange trees. *Helgardir.* 36(6): 9-11.

- Hill, T. A. 1973. Endogenous plant growth substances. pp. 7, 15, 26, 43, 48, 51, 54, 57.
- Hull, J. Jr., and L. N. Lewis. 1959. Response of one-year-old cherry and mature bearing cherry, peach and apple trees to gibberellin. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 92-100.
- Hundal, P. S., and H. N. Khauria. 1979. Effects of GA₃ and thiourea on seed germination of different varieties of peach. Indian J. Agric. Sci. 49(6): 417-419.
- Hurtado, D. V. 1977. Efectos diversos tratamientos sobre germinación y principios de desarrollo en el nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch). Tesis Ingeniero Agrónomo. I.T.E.S.M.
- Jahn, O. L. 1981. Effects of ethephon, gibberellin and BA on fruiting of "Dancy" tangerines. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(5): 597-600.
- Jones, R. L. 1982. Gibberellin control of cell elongation. Plant. Growth Substances. Edited by P. F. Waseing. pp. 121-129.
- Juntilla, O. 1981. Effects of different gibberellins on elongation growth under shot day conditions in seedlings of *Salix pentandra*. Physic. Plant. 53: 315-318.
- Kramer-Schurict, F. 1983. Fruticultura. CECSA. pp. 62. Editorial Continental, S.A. de C.V. México.
- Krishnamort, H. N. 1981. Plant growth substances. Tata McGraw Hill Publishing. pp. 76-87.
- Leal, F.J., A. H., Kresdord, and R. J. Marte. 1976-77. The influence of gibberellic acid on the germination of avocado seeds. Proc. Flor. Sta. Hort. Soc. 89: 259-261.
- Luna, F. 1979. El Nogal. Ministerio de Agricultura. Madrid. pp. 24-28.
- Mahlsted and Haber. 1957. Plant Propagation. pp. 229-237.
- Matta, F. B., and J. B. Storey. 1981. The effects of container design, BA, and GA₃ on root and shoot growth of seedling pecan trees. Hort. Sci. 16(5): 652-653.
- Mendoza, M. A. 1979. Efecto de las aspersiones de ácido giberélico y urea en el incremento de altura y diámetro del tallo de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo. UACH. Chapingo, Méx.
- Moreno, L. 1981. Obtención de patrones para injerto en un tiempo menor a cuatro meses de siembra directa en vivero de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch), utilizando AG₃ como promotor del crecimiento. Memoria del Simposium "La Investigación, el Desarrollo Experimental y la Docencia en CONAFRUT". Tomo I. pp.

- Nir, R. G., and B. Leshem. 1972. Effects of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyltrimethylammoniumchloride (CCC) on flower differentiation in "Eureka" lemon trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(6): 774-778.
- Painter, J. W., and G. E. Stembridge. 1972. Peach flowerin response as related to time of gibberellin application. *HortScience* 7(4): 389-390.
- Paleg, L. G. 1965. Physiological effects of gibberellins, ARN. *Rev. Plant. Physiology.* 16: 291-322.
- Powell, L. E., J. C. Cain, R. C. Lamb. 1959. Some responses of apple and pear seedlings to gibberellin. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 74: 82-86.
- Quinlan, J. D. 1980. Recent developments in the chemical control of tree growth. *Acta Horticulturae* 114: 144-153.
- Stembridge, G. E., and C. E. Gambrell, Jr. 1972. Peach Fruit Abscission as influenced by applied gibberellin and seed development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(6): 708-711.
- Stowe, B. B., and Yamaky. 1959. Gibberellins: Stimulants of plant growth. *Science.* 129(3352): 807-815.
- Taylor, R. M. 1972. Influence of gibberellic acid on early patch budding of pecan seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5): 677-679.
- Walder, D. R., and C. W., Donoho, Jr. 1959. Further studies of gibberellic acid on breaking the rest period of young beach and apple trees. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 74: 87-92.
- Walser, R. H., D. R. Walder, and S. D. Seeley. 1981. Effects of temperature, fall defoliation, and gibberellic acid on rest period of peach leaf buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(1): 91-94.
- Westwood, M. N. 1982. *Fruticultura de zonas templadas.* Ediciones Mundi-Prensa. pp. 320-323.
- Widmer, R. E., L. C., Stephen, and M. W. Angell. 1974. Gibberellin accelerates flowering of *Cyclamen persicum* Mill. *Hort. Science* 9(5): 476-477.
- Wood, D. W. 1983. Changes in indoleacetic acid, abscisic acid, gibberellins, and cytokinins during budbreak in pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(2): 333-338.

A P E N D I C E

A. Distribución de parcelas.

T 25	Ba 26	T 27	Cb 28	Bb 29	Aa 30
Ca 24	Aa 23	Cb 22	T 21	T 20	Ba 19
Ab 13	Ab 14	Ab 15	Ca 16	Cb 17	Ba 18
Bb 12	T 11	Aa 10	Ca 9	Aa 8	Bb 7
Ba 1	Ab 2	T 3	Ca 4	Cb 5	Bb 6

j = 3 testigo

i = 4 repeticiones

T = Testigo

Aa = 1000 ppm con atomizador

Ba = 500 ppm con atomizador

Ca = 250 ppm con atomizador

Ab = 1000 ppm con algodón

Bb = 500 ppm con algodón

Cb = 250 ppm con algodón

B. Análisis de varianza para diámetro final

Análisis de varianza para datos no ajustados

F. V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Fe
Modelo	32	111.4342	3.4823	6.29	0.0001
Error	87	48.1774	0.5537		
Total	119	159.6116			0.7441

C.V. = 16.32%

* Significancia 5%

Análisis de varianza para datos ajustados

	GL	S. C.	F	Fc	GL	S. C.	F	Fc
T	31	63.9571	3.73	0.0001*	31	51.3641	2.99	0.0001*
S	1	47.4770	85.74	0.0001	1	47.4770	85.74	0.0001

El presente análisis muestra diferencia significativa para el diámetro final.

C. Análisis de varianza para altura final

Análisis de varianza para datos no ajustados

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	Fc
Tratamiento	32	4543.7735	141.9929	7.05	0.0001
Error	87	1751.7723	20.1353		
Total	119	6295.5459			4.4872

C. V. = 22.91%

* Significancia 5%

Análisis de varianza para datos ajustados

	GL	S. C.	F	Fc	GL	G. C.	F	Fc
T	31	1429.4862	2.29	0.0014	31	1282.6801	2.05	0.0048*
R	1	3114.2873	154.67	0.0001	1	3114.2873	154.67	0.0001

El análisis muestra que en la altura final se tuvo diferencia significativa entre tratamientos.

D.

Cuadro 1. Comparación de medias para incremento de altura del tallo tomando en cuenta el factor (D)

Dosis	Media	Significancia
1	21.2904	a
3	21.2024	a
2	18.6328	a

$$DM_{st} (5\%) = 3.86$$

La comparación de medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) nos muestra que las tres dosis empleadas fueron igualmente efectivas para incrementar altura ya que estadísticamente no hubo diferencias, aunque la dosis 1 fue la que provocó mejor respuesta.

E

Cuadro II. Comparación de medias para incremento de diámetro considerando la interacción de los factores (F, D)

F, D	Media	Significancia
1, 3	5.2190	a
2, 1	4.9613	ab
1, 1	4.9208	ab
1, 2	4.7282	ab
2, 3	4.5930	abc
2, 2	4.4962	bc

$$DM_{st} (5\%) = 0,5412$$

La comparación de medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) nos muestra la diferencia entre la interacción de los factores forma y dosis.

Se puede observar que la forma 1 y la dosis 3 son estadísticamente diferentes de las demás, presentándose como la mejor para el incremento de diámetro.

F

Cuadro III. Comparación de medias para incremento de altura considerando la interacción de los factores (F, D)

F, D	Media	Significancia
1, 3	23.5280	a
1, 1	21.9748	ab
2, 1	21.3284	ab
2, 2	19.1613	b
2, 3	19.0529	bc
1, 2	18.1044	bc

$$DM_{st} (5\%) = 4.2088$$

La comparación de medias se hizo utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) la cual muestra diferencias entre las interacciones de los factores forma y dosis.

Se puede observar que la mejor respuesta se obtuvo con la forma 1 y la dosis 3, mientras que todas las demás se comportaron estadísticamente iguales.

G.

Cuadro IV. Comparación de medias para incremento de diámetro considerando la interacción de los factores (F, A)

F, A	Media	Significancia
1, 1	5.2105	a
1, 3	4.9776	ab
1, 4	4.8930	ab
2, 2	4.7840	ab
2, 1	4.7696	ab
1, 2	4.7428	ab
2, 4	4.6790	abc
2, 3	4.5013	abc

$$DM_{st} (5\%) = .7507$$

La comparación de medias se hizo utilizando la diferencia mínima significativa (DMS), la cual muestra que la forma 1 en 1 aplicación fue estadísticamente diferente, siendo la interacción más efectiva para el incremento de diámetro, mientras que de la interacción 1, 3 a la 1, 2 fueron estadísticamente semejantes a la primera.

H

Cuadro V. Comparación de medias para incremento de altura considerando la interacción de los factores (D, A)

D, A	Media	Significancia
1, 3	22.7829	a
1, 4	22.0225	a
1, 1	21.9140	a
3, 4	21.7812	a
3, 3	21.7751	a
3, 2	20.9052	ab
3, 1	20.7001	ab
2, 1	20.5356	b
1, 2	19.8871	b
2, 2	19.2741	b
2, 3	19.0265	bc
2, 4	15.6951	bc

$$DM_{st} (5\%) = 5.3015$$

La comparación de medias se hizo utilizando la diferencia mínima significativa (DMS), la cual muestra diferencias entre la interacción de los factores dosis y número de aplicaciones.

Se puede observar que de la interacción 1, 3 a la 3, 3 son diferentes estadísticamente a las demás comportándose como las mejores para el incremento de altura.

Cuadro VI. Comparación de medias para incremento de diámetro considerando la interacción de los factores (F, D, A), considerando únicamente tratamientos

F, D, A	Media	Significancia
1, 3, 3	5.3215	a
1, 3, 1	5.3166	a
1, 1, 1	5.2698	ab
1, 3, 4	5.2698	ab
2, 1, 2	5.1858	ab
1, 2, 1	3.0452	ab
1, 3, 2	4.9680	ab
2, 1, 3	4.9390	ab
1, 1, 2	4.9180	ab
2, 1, 4	4.9059	ab
1, 1, 3	4.8720	ab
2, 1, 1	4.8144	ab
2, 3, 4	4.7872	ab
1, 2, 4	4.7858	ab
2, 2, 1	4.7751	ab
1, 2, 3	4.7394	ab
2, 3, 1	4.7193	ab
2, 2, 2	4.6974	ab
1, 1, 4	4.6233	ab
2, 3, 2	4.4689	ab
2, 3, 3	4.3965	ab
2, 2, 4	4.3439	ab
1, 2, 2	4.3425	ab
2, 2, 3	4.1684	b

$$DM_{st} (5\%) = 1.3272$$

Para la comparación de medias se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS), la cual muestra diferencias entre la interacción de los factores: dosis, forma de aplicación y número de aplicaciones.

Se puede observar que de la interacción 1, 3, 3 a la 1, 3, 4 fueron estadísticamente diferente a las demás, comportándose como las mejores para incrementar el diámetro de las plántulas, las demás interacciones se comportaron estadísticamente iguales.

J

Cuadro VII. Comparación de medias para incremento de altura incluyendo tratamientos y testigos

Bloque	Media	Significancia
12	24.7075	a
16	24.1890	ab
11	24.1825	ab
1	23.9604	ab
10	23.4697	ab
15	23.0739	ab
3	22.9847	ab
9	22.7987	ab
2	21.5489	ab
5	21.0075	ab
18	20.6839	ab
17	20.6175	ab
4	20.4139	ab
13	20.4004	ab
19	20.1811	ab
23	19.9089	ab
22	18.8504	abc
14	18.7704	abc
24	18.5881	abc
6	18.4118	abc
7	18.4047	abc
25	17.7542	bc
20	16.2618	bc
26	15.9656	bc
8	15.7011	bc
28	15.1275	bc
31	13.8447	bc
32	13.7837	bc
29	13.7661	bc
27	13.5856	bc
30	13.4504	bc

$$DM_{st} (5\%) = 3.5080$$

Se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS), la cual muestra que en general todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales a excepción del bloque 12 el cual es estadísticamente diferente a los demás, aunque del bloque 16 al 23 se pueden considerar entre los mejores.

Se puede observar que del bloque 22 al 30 su comportamiento estadístico fue similar a los de los testigos los cuales están representados por los últimos bloques.

K

Cuadro VIII. Comparación de medias para incremento de diámetro incluyendo tratamientos y testigos

Bloque	Media	Significancia
9	4.4753	a
15	4.4223	a
18	4.3818	a
17	4.3597	a
16	4.3533	a
12	4.3288	a
14	4.2939	ab
11	4.2558	ab
5	4.2043	ab
16	4.1632	ab
4	4.0827	ab
20	4.0278	ab
2	3.9768	ab
8	3.9689	ab
1	3.9538	ab
7	3.9478	ab
3	3.9313	ab
2	3.9278	ab
13	3.9228	ab
23	3.8808	ab
6	3.8263	ab
10	3.8018	ab
24	3.7647	ab
19	3.6023	ab
25	3.4850	ab
26	3.3932	ab
28	3.2055	bc
31	3.1936	bc
27	3.1930	bc
30	3.1910	bc
32	3.1903	bc
29	3.1793	bc

$$DM_{st} (5\%) = 1.1108$$

Mediante la diferencia mínima significativa (DMS) se puede mostrar que en general los bloques que corresponden a los tratamientos tuvieron un comportamiento similar, observándose estadísticamente diferencias los siete primeros bloques los cuales se comportaron como los mejores.

Se puede observar que los últimos bloques los cuales corresponden a los testigos tuvieron una respuesta mínima, aunque la diferencia con respecto a los mejores tratamientos no es muy marcada.

Cantidades gastadas por aplicación

Primera aplicación

Dosis (ppm)	AG ₃ (mg)	Agua dest. (ml)	Alcohol (ml)	Vol. Tot. (ml)
1000	120.0	95	25	120.0
333.3	13.3	33	7	40.0
166.6	6.6	75	5	80.0
83.3	3.3	36	4	40.0
62.5	2.5	36	4	40.0

Segunda aplicación

Dosis (ppm)	AG ₃ (mg)	Agua dest. (ml)	Alcohol (ml)	Vol. tot. (ml)
500	35.0	60	10	70.0
333.3	13.3	34	6	40.0
166.6	6.6	75	5	80.0
83.3	3.3	35	5	40.0
62.5	2.5	36	4	40.0

Tercera aplicación

Dosis (ppm)	AG ₃ (mg)	Agua dest. (ml)	Alcohol (ml)	Vol. Tot. (ml)
333.3	13.3	33	7	40.0
250.0	15.0	52	8	60.0
166.6	6.6	75	5	80.0
83.3	3.3	35	5	40.0
62.5	2.5	36	4	40.0

Cuarta aplicación

Dosis (ppm)	AG ₃ (mg)	Agua dest. (ml)	Alcohol (ml)	Vol. Tot. (ml)
250.0	15.0	52	8	60.0
62.5	2.5	36	4	40.0

Esquema de Aplicaciones

A. Aplicación con atomizador

AG ₃ ppm	No. de aplic.	Conc. aplic. (ppm)	No. planta
A* a** 1000	1	1000	3
	2	500	3
	3	333.3	3
	4	250.0	3
B* a** 500	1	500	3
	2	250	3
	3	166.6	3
	4	125	3
C* a** 250	1	250	3
	2	125	3
	3	83.3	3
	4	63.3	3

* Tratamiento

** Forma de aplicación

i Testigo: 12 plántulas tratadas con agua destilada + alcohol 5%

Esquema de Aplicaciones

B. Aplicación con algodón

AG ₃ (ppm)	No. de aplic.	Conc. aplic. (ppm)	No. planta
A* b** 1000	1	1000	3
	2	500	3
	3	333.3	3
	4	250	3
B* b** 500	1	500	3
	2	250	3
	3	166.6	3
	4	125	3
C* b** 250	1	250	3
	2	125	3
	3	83.3	3
	4	63.3	3

* Tratamiento

** Forma de aplicación

? Testigo: 12 plántulas tratadas con agua destilada + alcohol 5%