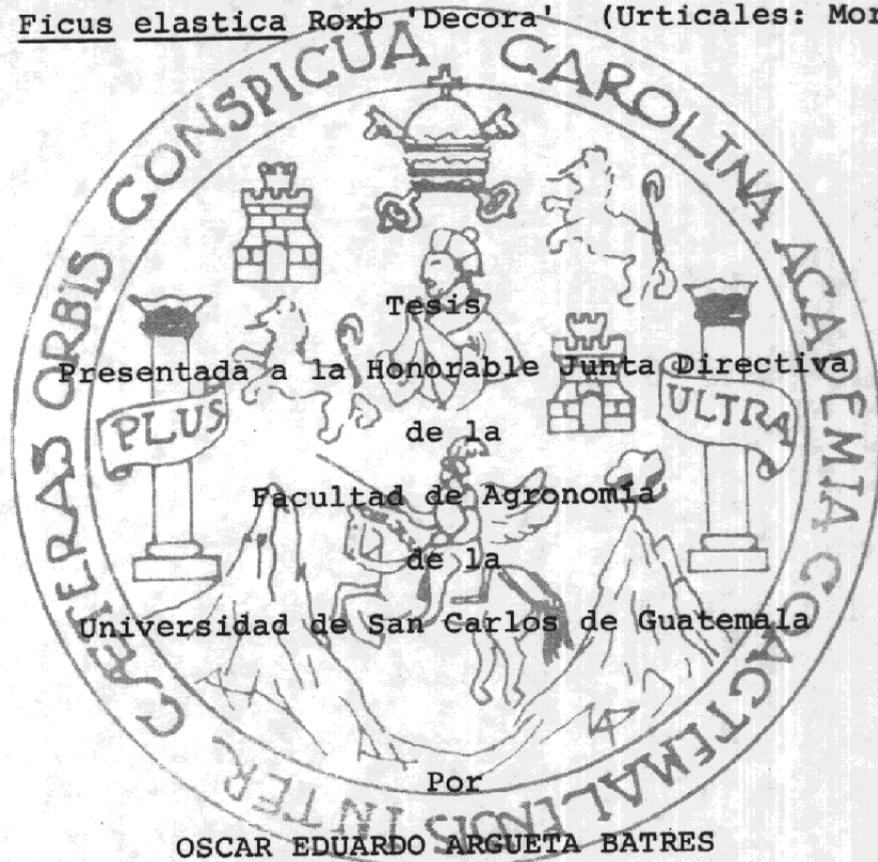


01  
T(21)  
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Facultad de Agronomía

EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE ACIDO INDOLBUTIRICO  
EN ENRAIZAMIENTO DE ACODOS AEREOS DE  
Ficus elastica Roxb 'Decora' (Urticales: Moraceae)



Tesis  
Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la  
Facultad de Agronomía  
de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por  
OSCAR EDUARDO ARGUETA BATRES  
en el acto de su investidura como  
INGENIERO AGRONOMO  
en el grado académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1,976

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

P.de Q. Guate, Oct. 27.76

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Agronomía

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano en funciones	Ing. Agr. Mario Molina Llarden
Vocal 1o.	Ing. Agr. Salvador Castillo
Vocal 2o.	
Vocal 3o.	Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana G.
Vocal 4o.	Br. Julio Romero Alvarez
Vocal 5o.	P.A. Véctor Manuel de León
Secretario Interino	Ing. Agr. Edgar Lionel Ibarra A.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Carlos Estrada Castillo
Examinador	Lic. Fernando Díaz Romeu
Examinador	Lic. Alfredo Chacón Pasos
Examinador	Ing. Agr. Mario Molina Llarden
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda



FACULTAD DE AGRONOMIA  
Ciudad Universitaria, Zona 12.  
Apartado Postal No. 1545  
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia \_\_\_\_\_  
Punto DE AGRONOMIA 32  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
10 AGO 1976  
CONTESTADO: \_\_\_\_\_  
SERENA

Guatemala,  
10 de Agosto de 1976.

Señor  
Decano en Funciones  
Ing. Mario Molina Ll.  
Presente.

Señor Decano:

Muy atentamente me dirijo a Ud., en relación al nombramiento que se me hiciera para asesorar al estudiante Oscar Eduardo Argueta a efecto de desarrollar su trabajo de tesis - titulado: "EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE ACIDO INDOLBUTIRICO EN ENRAIZAMIENTO DE ACODOS AEREOS DE Ficus elastica Roxb. 'Decora' . Sobre el particular informo a Ud. que he cumplido con dicho requerimiento y el trabajo del estudiante Argueta Batters ha sido concluido; el cual en mi opinión, reúne los requisitos para su aprobación como tesis de grado de la Facultad de Agronomía.

Sin otro particular que manifestarle, me es grato suscribirme cordialmente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Edgar Lionel Ibarra Arriola  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE INV. Y PROD. AGROPECUARIA

c.c. Interesado

ELI/lo

Guatemala, 10 de agosto de 1976

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con el requisito que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado: EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE ACIDO INDOLBUTIRICO EN ENRAIZAMIENTOS DE ACODOS AEREOS DE Ficus elastica Roxb. 'Decora'.

El presente trabajo realizado con la colaboración de Plantadores Ornamentales Unidos, S.A., tiende a dar solución al problema de falta de enraizamiento y calidad de raíz a los acodos de F. elastica, con el uso del ácido indolbutírico, mejorando en esa forma su producción.

Esperando que al presentarlo, como requisito parcial previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, sea aceptado para vuestra aprobación.

Atentamente,

Oscar Eduardo Argueta Batres

TESIS QUE DEDICO

Al Instituto Normal Mixto "Carlos Dubón"

A la Facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A Plantaciones Ornamentales Unidos, S.A.

A Cámara del Agro de Guatemala

A todos los campesinos de Guatemala

## AGRADECIMIENTO

Quiero patentizar mi agradecimiento a las siguientes personas, que en una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

Sr. Rafael Faircloth

Ing. Agr. Mario Arana

Ing. Agr. Edgar Lionel Ibarra Arriola, por su acertada asesoría.

Doctor Manuel Antonio Porres, agradecimiento especial por su valiosa colaboración.

Agrónomo Marcel Roehrs, por su ayuda en la realización de los análisis Biométricos.

A todo el personal, que labora en la Finca "El Salvador."

SUMARIO DE LA TESIS  
EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE ACIDO INDOLBUTIRICO  
EN ENRAIZAMIENTO DE ACODOS AEREOs DE  
Ficus elastica Roxb. 'Decora' (Urticales : Moraceae)

Por

OSCAR EDUARDO ARGUETA BATRES

Se probaron seis concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) 10, 12, 14, 16, 18 y 20 mil ppm, y un testigo (sin tratar) para observar su efecto en el enraizamiento de acodos aéreos de Ficus elastica Roxb 'Decora'. Las concentraciones de 10,000 a 20,000 ppm, mejoraron marcadamente el enraizamiento y calidad de raíz de los acodos en relación al testigo, sobresaliendo 18,000 ppm.

Estudios económicos, revelaron que es rentable el uso de AIB en escala comercial, siendo el costo total de aplicación por acodo de medio centavo de quetzal (Q.0.0056).

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
A. FACTORES QUE AFECTAN EL ENRAIZAMIENTO . . . . .	3
1. NUTRIENTES . . . . .	3
2. CLASE DE TEJIDO . . . . .	5
3. EPOCA DEL AÑO . . . . .	6
4. FOLLAJE . . . . .	6
5. MEDIO ENRAIZANTE . . . . .	7
B. REGULADORES DE ENRAIZAMIENTO . . . . .	8
1. COMPUESTOS QUIMICOS . . . . .	8
2. MODO DE ACCION DE LAS AUXINAS . . . . .	8
3. USOS PRACTICOS EN PROPAGACION DE PLANTAS . . . . .	10
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	15
V. CONCLUSIONES . . . . .	31
VI. LITERATURA CITADA . . . . .	33

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PAGINA</u>
1.	Porcentaje medio de acodos observados en cada una de las escalas de enraizamiento	20
2.	Proporción de acodos calificados en las escalas 1 y 2, observados en las parcelas experimentales. Cifras en grados angulares	20
3.	Proporción de acodos no enraizados, observados en las parcelas experimentales. Cifras en grados angulares.	21
4.	Componentes de varianza de las características que se indican.	21
5.	Comparación entre medias de tratamientos según la prueba de Duncan. Las medias acompañadas de una misma letra no difieren significativamente.	22
6.	Costos de aplicación (jornales y materiales) de AIB (18,000 ppm) en acodos de <u>Ficus elastica</u> Roxb. 'Decora' .	23

## LISTA DE GRAFICAS

### GRAFICAS

### PAGINA

1. Tendencia de la proporción (grados angulares) de acodos en las escalas 1 y 2, con respecto a la dosis de AIB. 24
2. Tendencia de acodos no enraizados (grados angulares) con respecto a dosis de AIB. 25

TABLA DE FIGURAS

<u>FIGURAS</u>		<u>PAGINA</u>
1.	Escalas de grado de raíz	26
2.	Acodos no tratados (testigo)	27
3.	Acodos tratados con 10,000 ppm de AIB	27
4.	Acodos tratados con 12,000 ppm de AIB	28
5.	Acodos tratados con 14,000 ppm de AIB	28
6.	Acodos tratados con 16,000 ppm de AIB	29
7.	Acodos tratados con 18,000 ppm de AIB	29
8.	Acodos tratados con 20,000 ppm de AIB	30

## I. INTRODUCCION

El cultivo comercial de plantas de follaje con propósitos ornamentales, ha ido en aumento en las últimas décadas. El Estado de Florida (E.U.A.) ilustra el aumento paulatino que dicha industria de plantas está teniendo, ya que el área cultivada en los años 1949-57, fué de 585 acres, en tanto que en 1972, fué de 710 acres con ventas al por mayor de 12 y 25.7 millones de dólares, respectivamente. De el total de plantas de follaje distribuidas en Florida en 1957, solamente las del género *Ficus* representaron el 6.4 por ciento (Smith, 1969).

La investigación de los problemas de las plantas ornamentales de follaje, no ha sido simultánea con el gran aumento en producción de las mismas. Por tal razón, poco se conoce sobre su cultivo, quedando sin solución muchos de los problemas que se presentan en una explotación intensiva. Tal es el caso de el F. elastica 'Decorá', cuyo principal inconveniente al propagarlo asexualmente, es que se pierde una gran cantidad de acodos aéreos por falta de enraizamiento o por sistema radicular poco desarrollado. Informes de campo de Plantaciones Ornamentales Unidos, S.A. (Guatemala), indican, que aproximadamente el 35 por ciento de los acodos hechos se eliminan en el momento del empaque previo a exportación, por el factor antes mencionado (Porres, com. pers. 1976).

Como se ha indicado anteriormente, las pérdidas de acodos de Ficus por falta de enraizamiento y por sistema radicular deficiente, son altas. Lo cual ha servido de incentivo para la elaboración del presente estudio de investigación. Sus objetivos son el tratar de mejorar el porcentaje de enraizamiento de acodos de Ficus y asimismo la calidad de raíz, por medio del uso de un regulador de enraizamiento, como lo es el ácido Indolbutírico. Se probaron diferentes concentraciones, arriba de 10,000 ppm, ya que resultados de ensayos preliminares realizados en la Finca "El Salvador", Guatemala, sugieren que concentraciones abajo de dicho nivel, no mejoran significativamente el enraizamiento. Hartmann y Kester (1959), indican que el enraizamiento de acodos de Ficus, puede mejorarse por medio del uso de reguladores de crecimiento; sin embargo, no mencionan los compuestos a usar y las concentraciones adecuadas.

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Finca "El Salvador" (Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala) de Plantaciones Ornamentales Unidos, S.S.; durante el período comprendido entre febrero y julio de 1976.

## II. REVISION DE LITERATURA

### A. FACTORES QUE AFECTAN EL ENRAIZAMIENTO

#### 1. NUTRIENTES

De acuerdo con Edmond et al (1957), los factores que favorecen el enraizamiento y la brotación de acodos son temperatura, humedad, oxígeno, luz y edad del material vegetativo. Los tres primeros afectan directamente la división celular y el alargamiento de las células. Por otra parte, la falta de luz, estimula la formación de raíces y los materiales vegetativos jóvenes, desarrollan brotes fácilmente.

Haber (1959) encontró que las plantas que crecen en un ambiente donde la temperatura, humedad y luminosidad son adecuadas, tienen una relación alta de carbohidratos a nitrógeno y consecuentemente, pueden formar raíces más fácilmente que éstas, donde la proporción es baja. Se ha observado que en esquejes de tomate, Lycopersicon esculentum, con un contenido alto de carbohidratos, el enraizamiento es favorecido, pero si el nitrógeno baja de cierto nivel, el enraizamiento de éstos, también baja. (Schader, 1924).

Análisis químicos de brotes de Rosa sp., indican que el contenido de nitrógeno aumenta de la base, a las puntas, pero los carbohidratos disminuyen en la misma dirección, de tal manera que las partes basales que tienen un contenido alto en carbohidratos y bajo en nitrógeno, enraizan fácilmente (Tukey

y Green 1934).

Plantas madres de uva, Vitis sp., sometidas a bajos niveles de fósforo, potasio, magnesio y calcio, producen esquejes que enraizan pobremente, sin embargo, si los elementos son abundantes, el enraizamiento es bueno (Pearse, 1946). Haun y Cornell (1951) sometieron plantas de geranio, Pelargonium hortorum, a tres niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, encontrando que niveles bajos y medios de nitrógeno, resultan en altos porcentajes de enraizamiento en comparación con niveles altos de este elemento. El nitrógeno, tuvo un efecto más significativo en el enraizamiento que el fósforo y el potasio.

Estudios de Samich (1957), con plantas de uva, indican que si éstas son tratadas con zinc, los esquejes provenientes de ellas enraizan fácilmente, sugiriendo que ello se debe a que el zinc estimula a la producción de auxinas vegetales; un análisis de estas plantas, mostró un contenido alto en triptófano, que de acuerdo a Edmond et al (1957) es precursor del ácido indoleacético, la hormona que le proporciona a las células de las plantas, la habilidad de crecer.

El enraizamiento como se ha indicado anteriormente, no depende únicamente de la cantidad de carbohidratos presentes en las plantas. La especie de planta usada en propagación, también puede influenciarlo. Brandon (1939), encontró que en presencia de un contenido alto de carbohidratos, la especie Rosa retigera no enraiza, en cuanto que este proceso sí ocurre

en R. adorata si los carbohidratos están en cantidades moderadas. Por otra parte, R. canina enraiza satisfactoriamente si éstos son bajos.

Algunas vitaminas, también pueden favorecer el enraizamiento de esquejes. Existe evidencia de que en ciertas plantas donde el enraizamiento ha sido estimulado por medio de reguladores, las raíces no crecen satisfactoriamente debido a la falta de vitamina B<sub>1</sub> (Warner y Went, 1939; Went et al, 1938) citados por Leopold (1964). Sin embargo otros investigadores no han obtenido resultados consistentes con el uso de esta vitamina (Grace, 1945; Hitchcock y Zimmerman, 1941; Pearse, 1939).

## 2.- CLASE DE TEJIDO

Materiales vegetativos tomados de plantas jóvenes, enraizan más fácilmente que esos de tejidos maduros o plantas viejas (O'Rourke, 1940; Stoulemyer, 1937). Esto ha sido observado también por Gardner (1929) quién al estudiar manzanas, Malus domestica, peras, Pyrus communis y cerezas, Prunus sp., encontró que la producción de raíces en esquejes, disminuye conforme la edad de la planta aumenta; lo cual también ocurre en algunas coníferas (Thimann y Delisle, 1939).

Posiblemente, las condiciones bioquímicas favorables para la formación de raíces presentes en los brotes, desaparecen con la edad de la planta, y ésto, lo respalda el hecho de que esquejes de manzana maduros que normalmente no enraizan, si lo

hacen con aplicación de ácido indolbutírico. La estructura interna de tejidos jóvenes y viejos es similar, lo que sugiere que reacciones bioquímicas en la planta, es el factor responsable del enraizamiento (Hitchcock y Zimmerman, 1932; 1942).

### 3.- EPOCA DEL AÑO

La presencia de yemas activas en el esqueje, promueve la formación de raíces (Lek, 1925 y Went 1929). Ello fué observado por Lek (1934) quién encontró que si los esquejes de plantas decíduas, son tomados durante el invierno cuando las yemas están en estado latente, éstas no ejercen influencia de enraizamiento; pero si se toman los esquejes durante la primavera, el enraizamiento es favorecido. Lo que indica que existe alguna sustancia que se moviliza de las yemas a la base de el esqueje, promoviendo el enraizamiento.

### 4.- FOLLAJE

La cicatrización de los cortes y la producción de raíces en las plantas depende del área foliar del material de propagación. Para que enraice se necesita una amplia cantidad de carbohidratos y hormonas auxinicas; ésto ocurre en hojas que no están marchitas (Edmod et al, 1957).

De acuerdo con Bonner y Wildman (1946) el número de raíces producidas en un esqueje, es proporcional a la longitud del tallo de éste. Ellos indican que en los tallos de las plantas, se encuentra una auxina llamada rhizocalin, la cual al entrar

en interacción con una hormona sintética, da lugar a un mejor enraizamiento en la planta; la relación que existe es que entre más largo es el tallo, mayor es la cantidad de rhizocalin presente, habiendo por lo tanto mayor enraizamiento.

#### 5.- MEDIO ENRAIZANTE

En esquejes de plantas perennes, parece que el medio enraizante ejerce poca influencia en el enraizamiento (Mahlstede y Haber, 1957). Sin embargo, en algunas plantas que son difíciles de enraizar, el medio enraizante usado es de mucha importancia, ya que determina el porcentaje de enraizamiento y el tipo de raíz formado (Long, 1932). Las raíces de algunas especies de plantas que se desarrollan en arena son largas y quebradizas (Chadwick, 1933; Long, 1932 y Harmann, 1952).

La turba, se usa corrientemente para hacer mezclas con otros medios enraizantes, ya que tienen la capacidad de retención de agua (Hartmann y Kester, 1964). Este medio enraizante es de un bajo pH y es favorable para el enraizamiento de azaleas, Rhododendron spp., y plantas del género, Vaccinium sp., (Mahlstede y Haber, 1959).

Smith (1926) encontró que la amplitud de pH del medio enraizante más favorable para enraizamiento de Coleus, es de 7.0 a 7.2, pero este no estimula la formación de callo en los tejidos de la planta.

## B.- REGULADORES DE ENRAIZAMIENTO

### 1.- COMPUESTOS QUIMICOS

Desde la descripción de el ácido indoleacético como auxina, por Kogl et al (1934) y su purificación a partir de material vegetal por Kogl y Kostermans (1934) y Thimann (1935), dicho compuesto y otros similares que posiblemente no ocurren en forma natural en las plantas, han sido utilizados para el enraizamiento; entre ellos están los ácidos naftalenacético, el 2,4-diclorofenoxiacético, el 2,4,5-triclorofenoxiacético, el indolbutírico, la naftalenacetámina (Yufera, 1958) y al ácido paraclorofenoxiacético (Chandler, 1958).

De las auxinas sintéticas, los ácidos índoles y los naftiles, son usados para enraizamiento y fijación de frutos; los fenoxis para la modificación del crecimiento de frutos y su maduración y los benzoicos como herbicidas (Leopold, 1955; 1958; Audus, 1959).

### 2.- MODO DE ACCION DE LAS AUXINAS

La mayoría de los investigadores, parecen estar de acuerdo en que el punto de acción de las auxinas ocurre en las paredes de la célula. De acuerdo con Heyn (1931), Tawaga y Bonner (1957) y Cleland (1958), las auxinas suavizan las paredes celulares, aumentando su plasticidad. Las cadenas celulares, son suavizadas y en esta forma el crecimiento es estimulado.

Bennet-Clark (1956), citado por Leopold (1964) y Masuda (1960), sugirieron que las auxinas causan el aumento del RNA disponible en los tejidos, los que mantienen unidos a los iones de calcio de la pared celular, haciéndolos menos efectivos en cementar las paredes celulares.

No se conoce la acción de las auxinas sobre las proteínas de las paredes celulares; sin embargo, Thimann y Loos (1957) indican que éstas pueden alterar la síntesis de las proteínas y aumentar también los componentes de las paredes celulares como son la celulosa y la hemicelulosa (Kustransen y Thimann, 1950); así como las pectinas (Bayley y Setterfield, 1957).

Existen varias teorías para explicar lo que ocurre al aplicar una sustancia estimuladora del enraizamiento en la parte basal de la planta, para el crecimiento de raíces; entre éstas sobresalen la sugerida por Bonner y Witman (1946), quienes indican la presencia de una hormona natural, (rhizocalín) en el tallo de la planta cuya función específica es la de formación de raíces. Los reguladores de crecimiento al ser aplicados en las heridas de las plantas interactúan con el rhizocalín ocurriendo así la formación de raíces. La base que respalda esta teoría es el hecho de que la cantidad de raíces formadas, es proporcional a la longitud del esqueje, por lo consiguiente un esqueje largo, teóricamente tiene una cantidad más alta de rhizocalín, en relación con un esqueje más corto y por lo tanto, en-

raiza más fácilmente.

### 3.- USOS PRACTICOS EN PROPAGACION DE PLANTAS

Con el uso del ácido naftalenacético y el indolbutírico, se ha logrado el 80 por ciento de enraizamiento de esquejes herbáceos de pera, P. communis. Esta última sustancia, favorece también el enraizamiento de esquejes de cerezo; Prunus sp., (Beauchesne, 1973) y del roble Quercus sp., (Maki y Marshall, 1945). Por otra parte, en el caso de ciertas gimnospermas como el pino Ponderosa, Pinus ponderosa, el ácido indolacético no causa ningún enraizamiento (Fowells, 1943). Algunos gases también pueden inducir el enraizamiento en plantas, el monóxido de carbono estimula el enraizamiento en 21 especies de plantas (Zimmerman et al, 1933); así también, el etileno, acetileno y el propileno lo hace en 15 especies (Zimmerman y Hitchcock, 1933). Los gases no son usados en propagación comercial por su difícil aplicación y porque no inducen el desarrollo de las yemas.

Los compuestos más efectivos en promover el desarrollo de raíces, son el ácido naftalenacético, el indolacético y el indolbutírico, este último es el más indicado para el enraizamiento de plantas, por no ser fitotóxico a altas concentraciones; promueve el enraizamiento de una amplia variedad de plantas (Hartmann y Kester, 1959); es más estable y menos soluble; su molécula se mueve con lentitud en los tejidos en el punto de

aplicación. En cambio, la molécula de ácido indolacético, se destruye fácilmente por oxidación, siendo poco estable, relativamente soluble y se descompone rápidamente en los tejidos de la planta. El naftalenacético, a pesar de tener una acción similar a la del ácido indolbutírico, tiene el inconveniente de tener un margen estrecho entre la concentración que causa una acción favorable de enraizamiento y la que causa una fitotoxicidad(Beauchesne, 1973).

### III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Finca "El Salvador" (Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala) de Plantadores Ornamentales Unidos, S.A., localizada a una altitud de 150 mts. SNM, (Lat. N 14°24', long W 91°23'); siendo sus condiciones climatológicas generales\* durante la época en que se llevó a cabo el estudio (Febrero a Julio), las siguientes:

<u>MESES</u>	<u>PRECIPITACION</u> (mm)	<u>TEMPERATURA</u>
Febrero	25-50	20-25
Marzo	50-100	20-25
Abril	100-200	20-25
Mayo	400-500	20-25
Junio	500-600	20-25
Julio	400-500	20-25

La humedad relativa anual es de 80 por ciento; la precipitación media anual es de 3 a 4 metros y la temperatura media anual de 20-25°C.

El material vegetativo utilizado, consistió en 560 plantas de F. elastica 'Decora', de aproximadamente tres años de edad, de la plantación comercial.

---

\* FUENTE: Atlas Climatológico de Guatemala, Observatorio Nacional, 1964.

Los tratamientos a evaluar fueron seis concentraciones de 3-ácido indolbutírico (AIB) y un testigo consistente en acodos sin aplicación de AIB. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cinco repeticiones. Cada parcela por tratamiento con un mínimo de 25 acodos, haciendo un total de 125 por tratamiento y de 875 en todo el experimento. Las concentraciones de ácido indolbutírico usados fueron 10,000, 12,000, 14,000, 16,000, 18,000 y 20,000 partes por millón, las cuales se diluyeron en alcohol de 88 grados Gay Lussac. La aplicación se hizo a la herida (anillo) de los acodos por medio de una brocha, previo al cubrimiento con el medio enraizante.

La propagación asexual del Ficus, se llevó a cabo siguiendo el método de acodo aéreo sugerido por Hartmann y Kester (1959). Este consiste en hacer una herida de 2.5 cms. de largo alrededor del tallo de las ramas laterales de las plantas madres; luego se remueve la corteza de dicho anillo, dejando la herida expuesta al medio ambiente por un período de 24 horas, lo cual se hace para permitir que la savia de la herida fluya teniendo también suficiente tiempo para secar. Entonces, se procedió a aplicar el regularador de enraizamiento de acuerdo a los tratamientos ya mencionados, usando como medio enraizante aserrín húmedo, el cual se cubre finalmente con papel de aluminio. Para prevenir el debilitamiento de la planta, debido al anillado se usó un alambre número 10 de 30 centímetros de largo sostenido al tallo por dos pequeños alambres.

Siete semanas después de acodadas las ramas, se procedió a la toma de datos, entre éstos: el número de acodos enraizados por tratamiento, y el grado de calidad de raíz, basado en una escala cualitativa (1:mala, 2:regular, 3:buena y 4: muy buena).

Con fines de comparación, se tomaron los pesos de las raíces de 25 plantas en cada uno de los niveles de la escala.

Para establecer comparaciones sobre los efectos de los tratamientos experimentales en cada una de las características medidas, se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Duncan. En los casos en que las variables se registraron en términos de propagación o porcentajes, se utilizó una conversión a grados angulares, con el propósito de cumplir con las condiciones de dicho análisis.

Se evaluó el costo de aplicación (jornales y materiales) de ácido indolbutírico, con base al mejor tratamiento (18,000 ppm) aplicado a 1,000 acodos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el experimento se recopiló información diversa, principalmente aquella que fuese relevante para poder evaluar el efecto de las distintas dosis de aplicación de ácido indolbutírico (AIB) con respecto al enraizamiento de los acodos. Fué así como se midió el grado de enraizamiento aplicando las escalas arbitrarias ya descritas, que se ilustra en la figura 1; así como también la proporción de acodos que en definitiva no mostraron enraizamiento alguno. Para complementar la información referente a las escalas usadas de naturaleza cualitativa se procedió a pesar las raíces para tener información cuantitativa de éstas, siendo los pesos frescos para las escalas 1, 2, 3 y 4 de: 0,3.94, 7.25 y 11.54 grs., respectivamente. Estos promedios fueron tomados de un total de 25 acodos por escala. Dicha información para cada una de las parcelas experimentales, se muestra en los cuadros 1, 2 y 3, aunque debe aclararse que en el caso de los distintos grados de enraizamiento la información importante desde el punto de vista comercial, es aquella que hace un deslinde entre dos grupos: la proporción de acodos observada indistintamente en las escalas 1 y 2 que representa un producto de una relativa baja calidad, y la de escalas superiores 3 y 4, que representa consecuentemente, un producto de alta calidad en lo que respecta al enraizamiento. Por lo anterior, se presenta el cuadro 2, que corresponde al primer grupo mencionado. Con los criterios anteriores, se procedió al análisis estadístico, el cual en el caso de la pro-

porción de acodos de baja calidad comercial, (escala 1 y 2) indicó que con respecto a esa característica, existen diferencias altamente significativas (cuadro 4 y gráfica 1).

Con base a dicho análisis, también se procedió a efectuar una comparación entre medias de las distintas dosis, de acuerdo a la prueba de Duncan (cuadro 5), habiéndose encontrado que se define claramente una diferencia entre los acodos que no recibieron el tratamiento con ácido indolbutírico y aquellos que si fueron tratados con cualquier dosis de dicho producto. Esa diferencia se manifiesta en el sentido de que el ácido indolbutírico, tuvo un efecto significativo en la reducción de la proporción de acodos de baja calidad fué de 82.19 por ciento en el control y de 9.25 a 27.5 por ciento, en los acodos tratados con AIB (cuadro 5).

La prueba de Duncan, también indica que entre las distintas dosis de aplicación de AIB casi no hay diferencias significativas, excepto en la comparación de 18,000 ppm., que se perfila como la de mejor resultado aparentemente, en lo que respecta al propósito de este estudio, que era el de buscar alternativas para la reducción de acodos de baja calidad. Se puede decir que en cuanto a la respuesta en general, a la aplicación de la dosis que varían desde 10,000 ppm. hasta 20,000 ppm., en este ensayo no se observó una tendencia (lineal o cuadrática) bien definida.

El resultado del análisis de la proporción de acodos, no enraizados, es muy similar al que se realizara con la proporción de acodos en la escala comercial 1 y 2; es decir que este análisis, indica el efecto altamente significativo en el enraizamiento. Todos los tratamientos o concentraciones con aplicación de AIB, mostraron proporciones de acodos no enraizados mucho menores que los correspondientes al control (cuadro 3).

Entre las medidas de las distintas dosis de AIB, se observa que no hay diferencias, es decir que no hubo una respuesta definitiva dentro de estos tratamientos, excepto en la comparación entre las concentraciones de 18,000 ppm. y la de 16,000 ppm., en la cual si hay diferencia significativa según la prueba de Duncan (cuadro 3).

Aparentemente, la concentración de 18,000 ppm. resulta relativamente mejor desde el punto de vista comercial, ya que con la misma se obtiene una menor proporción de acodos no enraizados.

Gracias al análisis estadísticos realizado, se puede notar la cantidad tan alta que se pierde de acodos, por falta de raíz. El porcentaje de acodos perdidos, es de un 35 por ciento sin aplicación de AIB, en tanto que al aplicar éste en el acodo, el porcentaje dentro de los demás tratamientos, varía desde 1.10 hasta un 3.80 por ciento (cuadro 5). En general, existe un efecto altamente significativo al usar AIB

en los acodos que comercialmente se exportan (cuadro 4 y gráfica 2).

En este experimento se observó que con los tratamientos de 10,000 a 20,000 ppm., se mejoró la calidad de raíz y se aumentó el porcentaje de acodos enraizados; lo que concuerda con las observaciones de Mahlstedt y Haber (1959). El efecto de los tratamientos de AIB en el enraizamiento, se ilustran en las figuras: 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. El uso de AIB en el experimento, no causó ninguna mortalidad de los acodos a pesar de haberse usado en altas concentraciones, lo cual coincide con las observaciones de Hartmann y Kester (1959) quienes encontraron que este compuesto químico, no es fitotóxico a altas concentraciones, así también no ocurrieron otros efectos secundarios como es la inhibición del desarrollo de brotes y deformación en el crecimiento de las plantas, como sucede con el uso de otros compuestos enraizantes, como el 2,4-D (Yufera, 1958).

El único efecto secundario que se pudo observar con la aplicación de AIB en Ficus, es que las hojas proximales del acodo, tienden a tener un mayor desarrollo, sin embargo al acodo en sí, no se deforma; teniendo la misma aceptación comercial.

A pesar de que con los resultados obtenidos en este experimento, se ha resuelto el problema de calidad de raíz y enraizamiento de acodos de Ficus con el uso de AIB, ensayos futuros podrían encaminarse hacia realizar combinaciones de reguladores de enraizamiento, ya que algunos investigadores han encontrado

en esta forma, que éstos son más efectivos.

En vista de que el AIB tiene un  $LD_{50}$  de 100 mg/kg en ratas (Thompson, 1972), y que puede causar tumores y efectos hipoglicémicos en tales organismos (Stecher, et al 1968) es conveniente como precaución que al aplicar el AIB, se haga con el uso de guantes protectores.

Los resultados de este experimento, han llenado satisfactoriamente los objetivos, por los cuales se llevó a cabo, ya que con los tratamientos de AIB, se disminuyó considerablemente el porcentaje de acodos perdidos por falta de raíz, mejorando a la vez la calidad de raíz de las plantas.

En tabla 6, se presenta los costos de aplicación (materiales y jornales) de ácido indolbutírico en uno y mil acodos, usando el tratamiento más sobresaliente en este ensayo (18,000 ppm). El costo de aplicación es de medio centavo de quetzal (Q. 0.0056) por acodo, lo cual es una cifra mínima, si se relaciona con el aumento de producción y calidad resultante.

CUADRO 1. Porcentaje medio de acodos observados en cada una de las escalas de enraizamiento.

Dosis de Acido indolbutírico en ppm.	Escalas				Media general
	4	3	2	1	
0 (Testigo)	--	4.2	10.4	8	5.65
10,000	7	11.0	3.4	0.6	5.50
12,000	8	10.6	2.8	0.4	5.45
14,000	7.2	9.0	6.2	0.4	5.70
16,000	8.8	9.0	3.4	1.0	5.55
18,000	11.8	8.4	2.2	-	5.60
20,000	6.2	11.4	4.0	0.6	5.55

CUADRO 2. Proporción de acodos calificados en las escalas 1 y 2, observados en las parcelas experimentales. Cifras en grados angulares.

Dosis de Acido indolbutírico en ppm	Repeticiones					Media $\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
0	72.74	54.76	73.36	55.55	68.78	65.04
10,000	12.92	30.72	18.44	38.35	12.66	22.62
12,000	27.76	22.79	23.42	18.44	19.46	22.37
14,000	32.27	24.65	36.87	41.55	22.79	31.63
16,000	32.96	19.46	21.13	35.06	13.31	24.38
18,000	17.56	21.13	12.66	11.83	25.25	17.69
20,000	10.25	31.95	42.59	21.64	13.56	24.00

CUADRO 3. Proporción de acodos no enraizados, observados en las parcelas experimentales. Cifras en grados angulares.

Dosis de Acido indolbutírico en ppm	Repeticiones					Media
	I	II	III	IV	V	$\bar{X}$
0	41.27	35.24	42.13	23.58	38.70	36.18
10,000	6.55	6.02	12.92	11.39	12.66	9.91
12,000	12.11	6,55	6.55	12.92	5.53	8.73
14,000	12.66	6.02	11.54	5.53	6.55	8.46
16,000	19.46	6.80	6.02	11.83	11.83	11.19
18,000	6.02	6.02	6.29	5.74	6.02	6.02
20,000	6.02	11.43	11.83	6.02	6.80	9.42

CUADRO 4. Componentes de varianza de las características que se indican.

Fuente de variación	Grados de libertad	Proporción de de acodos en escala 1 y 2	Proporción de de acodos no enraizados
Total	34	298.89	101.59
Repeticiones	4	59.70	16.85
Tratamientos	6	1301.18**	542.14**
Error	24	88.20	5.44

\*\* Diferencias altamente significativas.

CUADRO 5. Comparación entre medias de tratamientos según la prueba de Duncan. Las medias acompañadas de una misma letra, no difieren significativamente.

Acodos enraizados en escala 1 y 2				Acodos no enraizados			
AIB: ppm.	Media			AIB: ppm.	Media		
	Grados		%		Grados		%
18,000	17.69	a	9.23	18,000	6.02	a	1.10
12,000	22.37	ab	14.48	14,000	8.46	ab	2.20
10,000	22.62	ab	14.80	12,000	8.73	ab	2.30
20,000	24.00	ab	16.50	20,000	9.42	ab	2.70
16,000	24.38	ab	17.00	10,000	9.91	ab	3.00
14,000	31.63	b	27.50	16,000	11.19	b	3.80
0	65.04	c	82.19	0	36.18	c	34.85
Error típico $\pm$	4.20		-	--	$\pm$ 1.04		-

CUADRO 6. Costo de aplicación (jornales y materiales) de AIB (18,000 ppm)\* de acodos de Ficus elastica Roxb. 'Decora'.

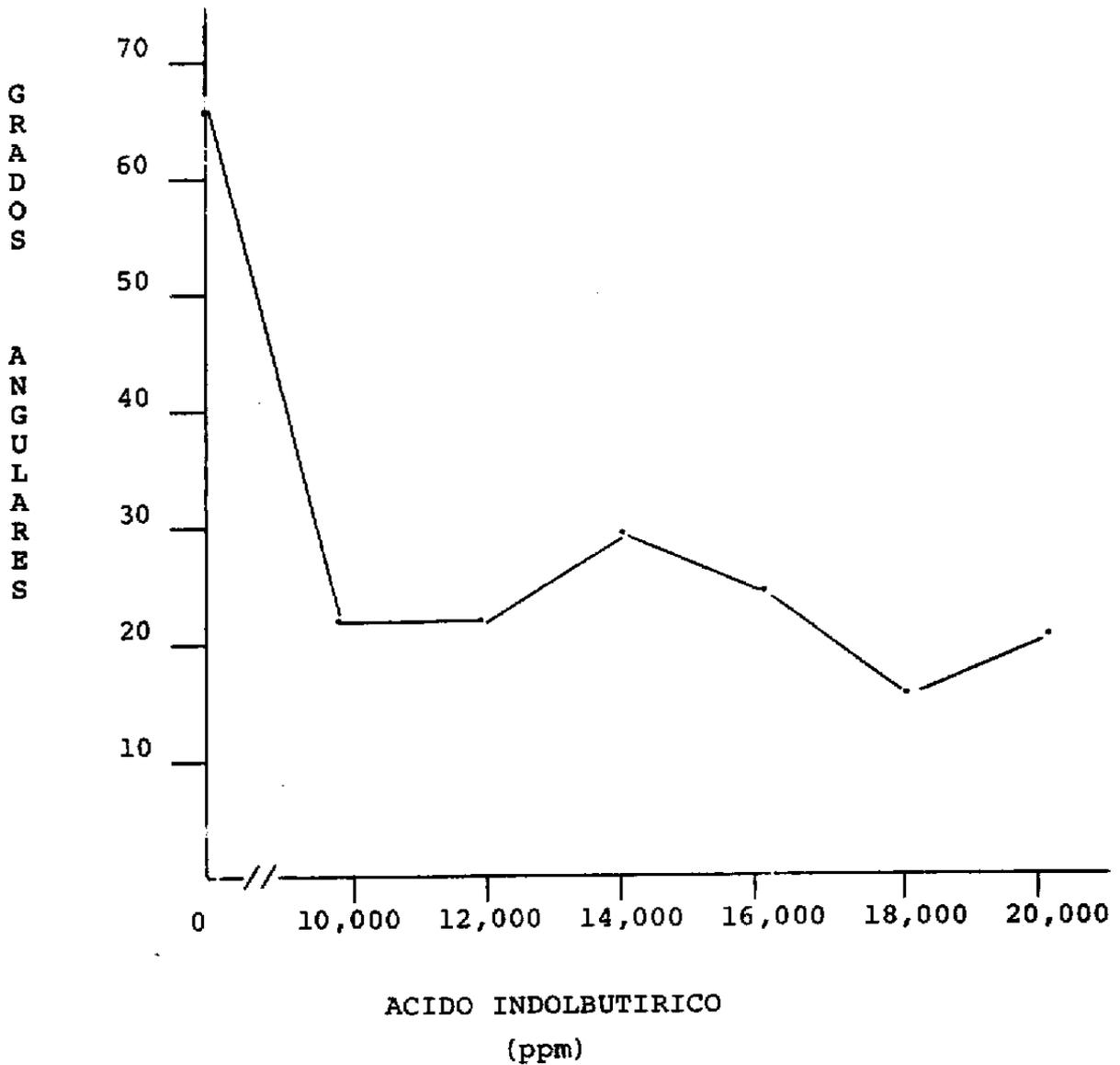
Número de acodos	Horas-Hombre*		Alcohol Usado**		AIB Usado***		Costo total (Q)
	Útilizadas	Valor total	Cantidad (ml)	Valor (Q)	Cantidad (gr)	Valor (Q)	
1000	4	1.22	306	0.86	5.51	3.50	5.58
1	0.004	0.0012	0.306	0.00086	0.0055	0.0035	0.0056

\* Valor hora-hombre: Q0.30

\*\* Valor litro alcohol al 88 por ciento: Q2.80

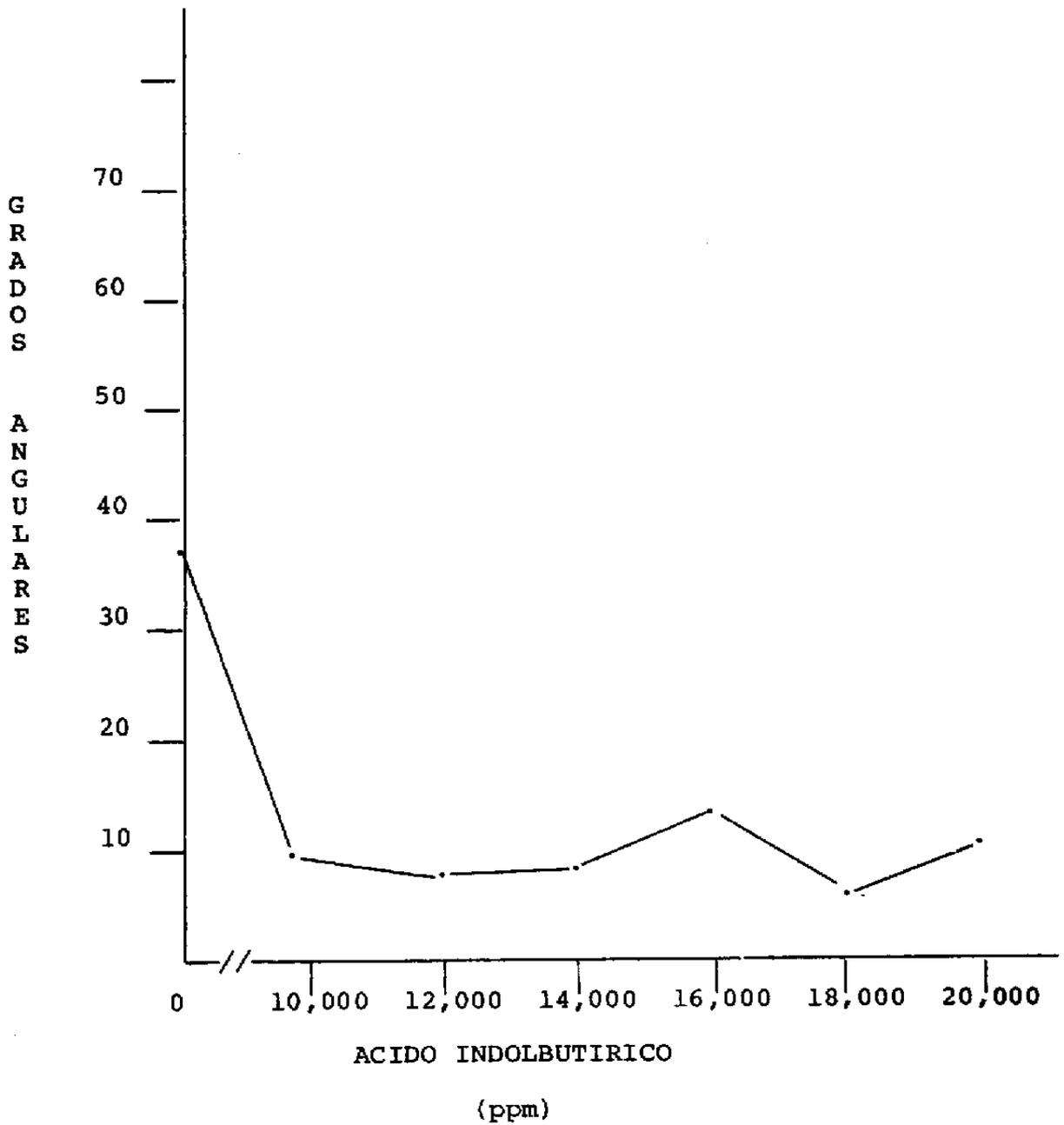
\*\*\* Valor precio AIB: Q636.00 por kg.

TENDENCIA DE LA PROPORCION (GRADOS ANGULARES)  
DE ACODOS EN LAS ESCALAS 1 Y 2, CON RESPECTO  
A LA DOSIS DE AIB



GRAFICA 1

TENDENCIA DE ACODOS NO ENRAIZADOS (GRADOS ANGULARES) CON RESPECTO A DOSIS DE AIB



GRAFICA 2



FIGURA No. 1

Escalas de grado de raíz

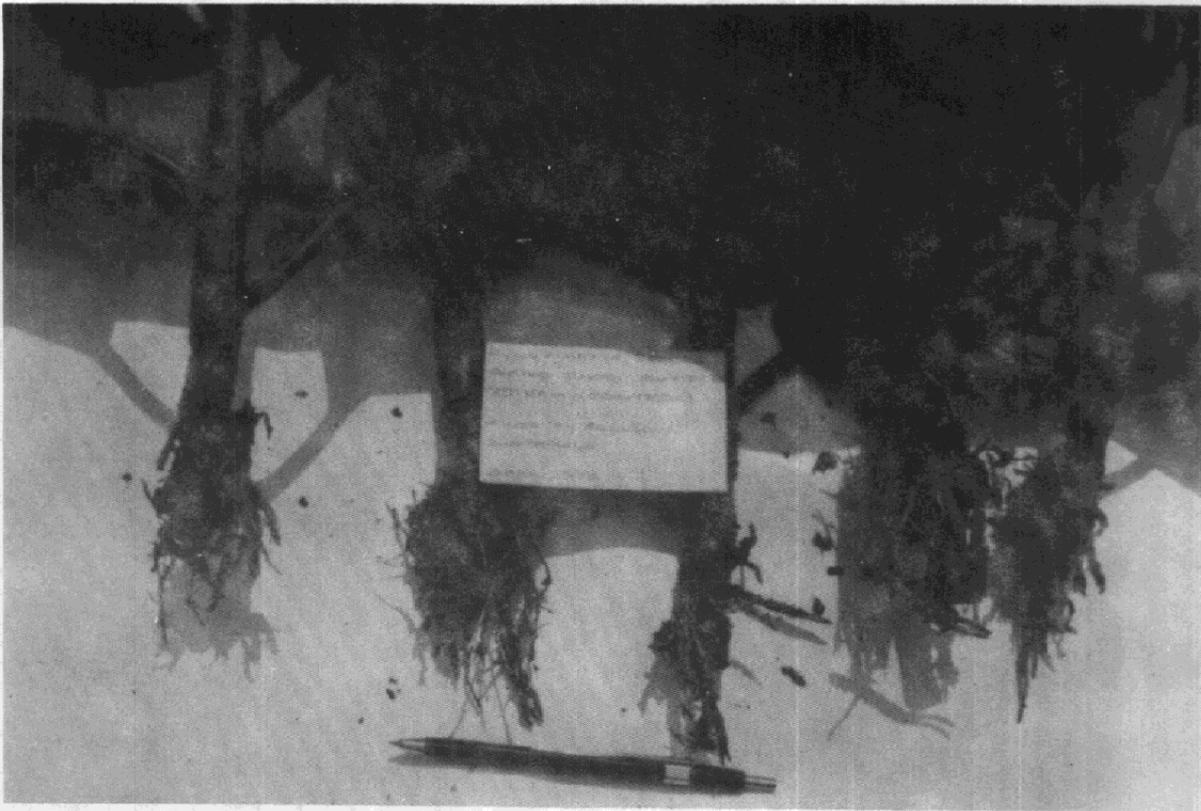


FIGURA No. 2  
Acodos no tratados (testigo)

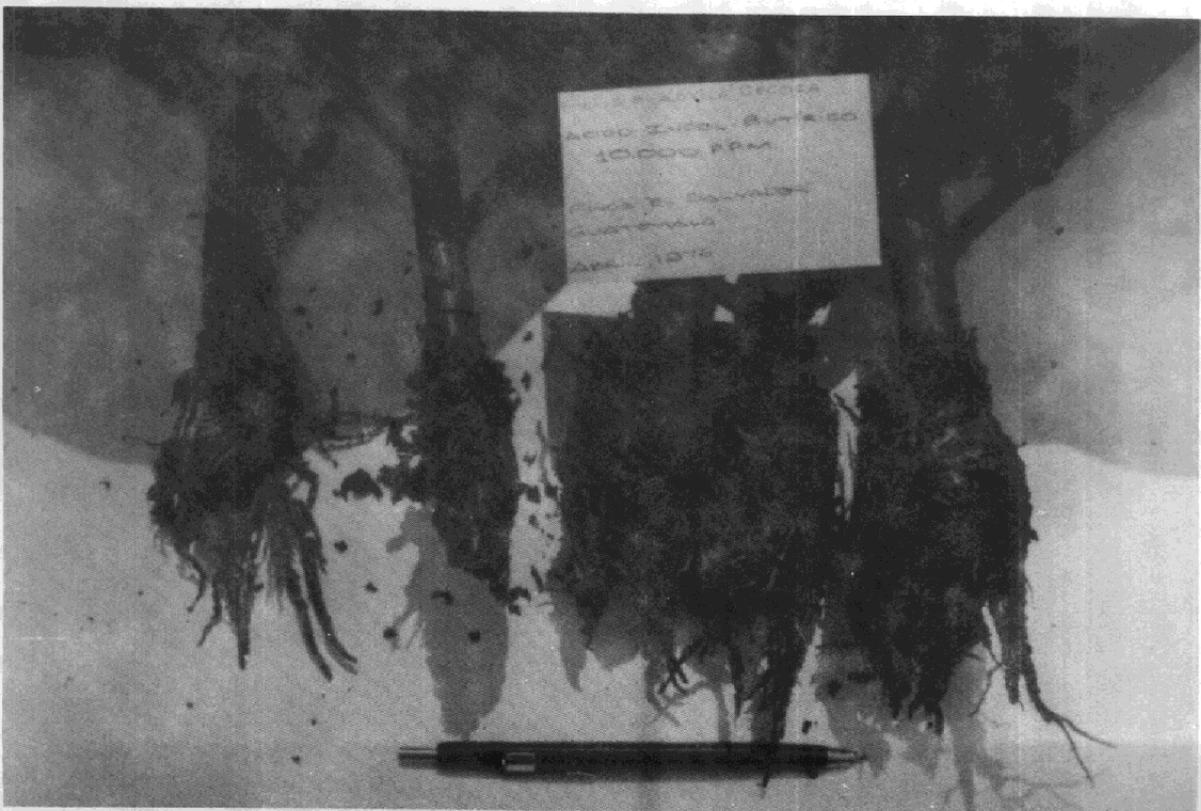


FIGURA No. 3  
Acodos tratados con 10,000 ppm de AIB

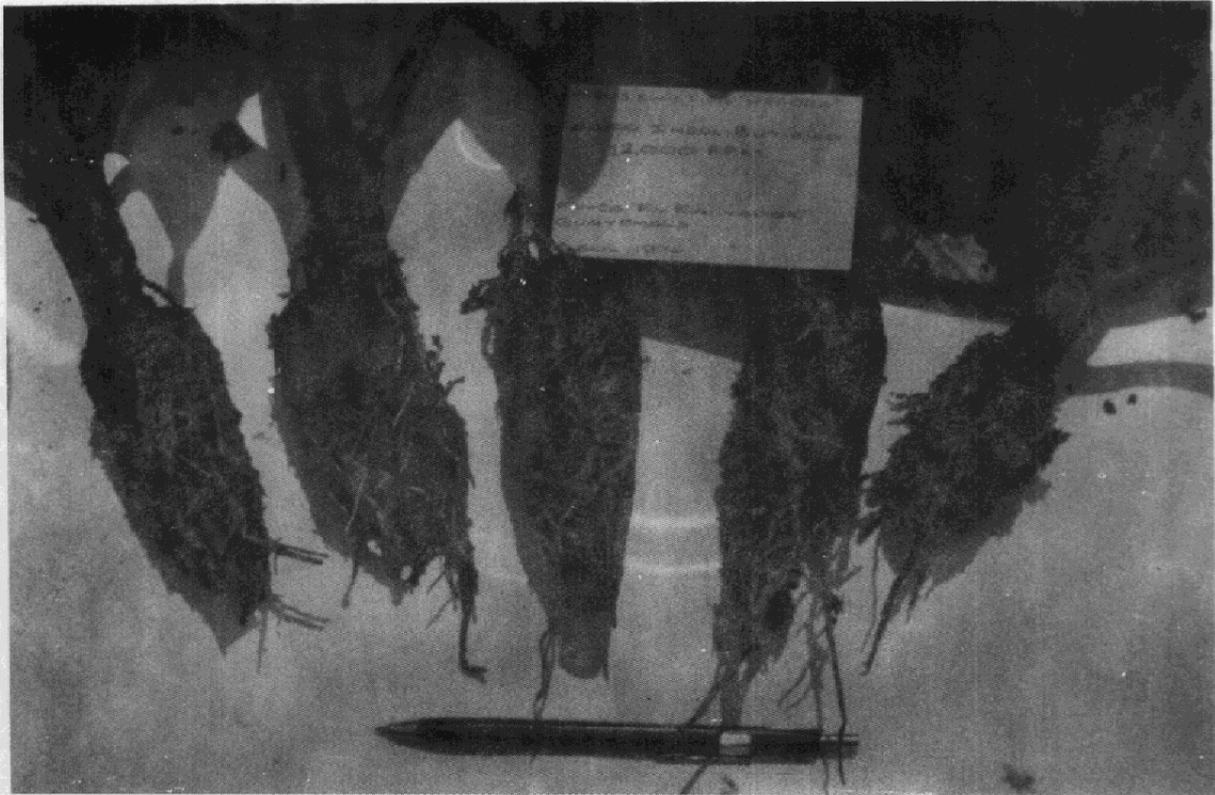


FIGURA No. 4  
Acodos tratados con 12,000 ppm de AIB



FIGURA No. 5  
Acodos tratados con 14,000 ppm de AIB

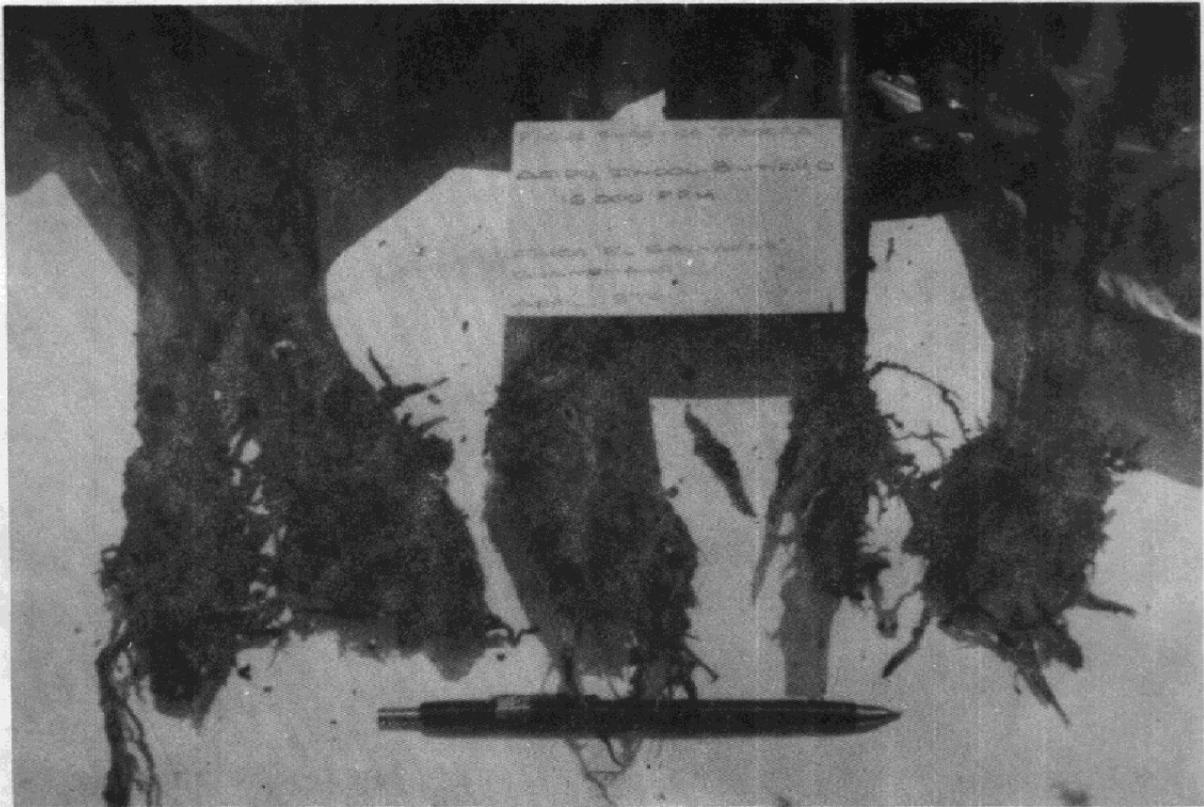


FIGURA No. 6  
Acodos tratados con 16,000 ppm de AIB

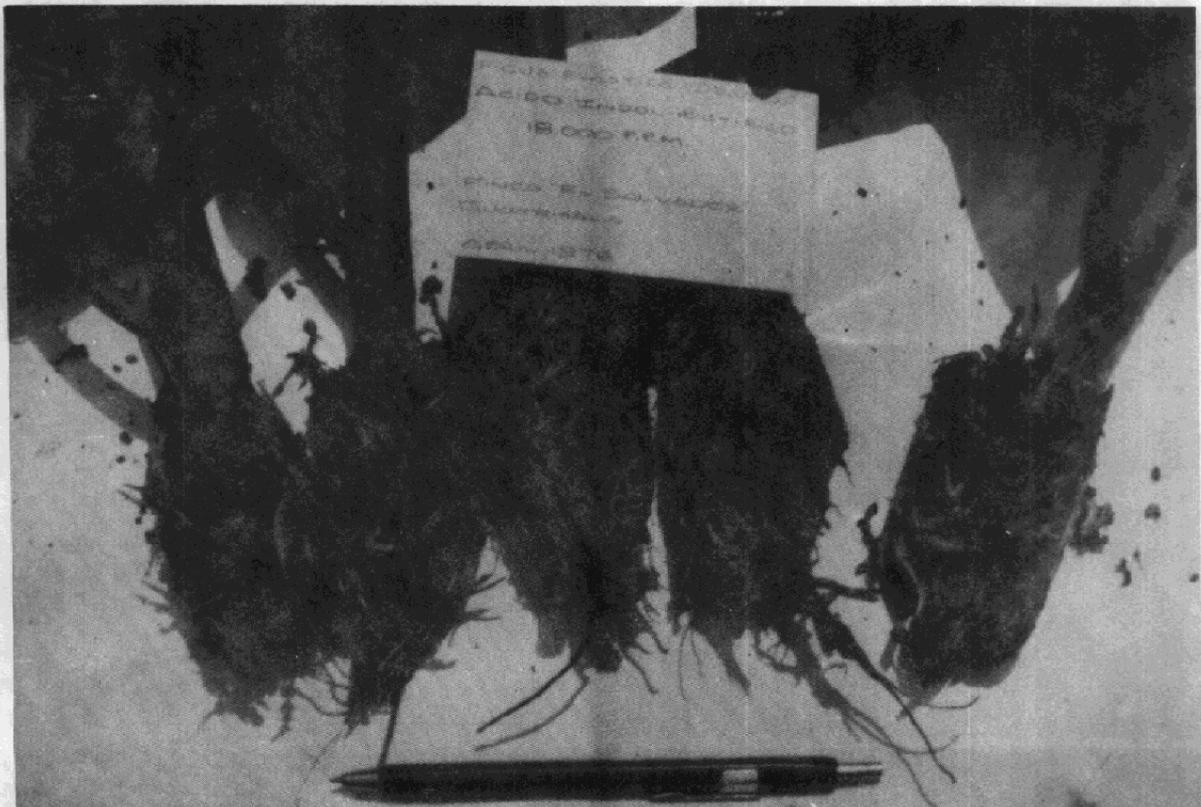


FIGURA No. 7.  
Acodos tratados con 18,000 ppm de AIB



FIGURA No. 8  
Acodos tratados con 20,000 ppm de AIB

## V. CONCLUSIONES

1. La presencia de acodos no enraizados, es un problema actual de la producción comercial de plantas ornamentales para la exportación, ya que ello representa disminución significativa en los márgenes de utilidad. La reducción por acodo no enraizado, se estima en un 35 por ciento.
2. El uso de reguladores de crecimiento y en especial el AIB para enraizamiento en plantas, viene a dar soluciones importantes al problema anterior; siendo su uso para acodos de F. elastica necesarios, ya que las pérdidas por falta de enraizamiento disminuyeron desde un 35 por ciento a 1.10 por ciento, según los resultados obtenidos en este estudio.
3. Entre las distintas concentraciones de AIB probadas experimentalmente (10,000 a 20,000 ppm) no hubo diferencias significativas; tanto en peso de raíz, como de calidad. Sin embargo, la concentración de 18,000 ppm, aparentemente se perfila como la de mejor resultado desde el punto de vista comercial.
4. Para fines comerciales, el uso de AIB, viene a ser rentable, ya que sus costos de aplicación por acodo son de medio centavo de quetzal ( Q. 0.0056), lo que significa una mínima inversión en contra de un aumento significativo de la producción de calidad exportable.
5. Los resultados obtenidos con este trabajo, concuerdan con

las experiencias de Beauchesne (1973), quién indica que con el uso del ácido naftalenacético y el indolbutírico, se ha logrado el 80 por ciento de enraizamiento de esquejes herbáceos de pera, Pyrus communis. Esta última sustancia, favorece también el enraizamiento de esquejes de cerezo; Prunus sp. y del roble Quercus sp. según indican Maky y Marshall (1945). Hartmann y Kester (1959), indican que los compuestos más efectivos en promover el desarrollo de raíces, son el ácido naftalenacético, el indolacético y el indolbutírico, este último es el más indicado para el enraizamiento de plantas, por no ser fitotóxico a altas concentraciones.

6. De los resultados de este estudio, se deriva la recomendación de utilizar el 3-ácido indolbutírico de calidad comercial, como una práctica de rutina en la producción de acodos de F. elastica. Ello con el propósito de mantener una alta calidad de los mismos en el mercado externo.

VI. LITERATURA CITADA

1. Audus, L.J. 1959. Plant growth substances. London. Leonard Hill Books Ltd. 553. p.
2. Beauchesne, G. 1973. Las hormonas de enraizamiento, p. 75-91. En Beaulieu, R. et al. 1973. Reguladores de crecimiento. Barcelona. Oikos-Tau, S.A. 241 p.
3. Brandon, R. 1939. Seasonal variations in the Starch content of the genus Rosa and their relation to propagation by stem cuttings. En Jour: of Pom and Hort. Sci, 17:233-253.
4. Bonner, J.F. and S. Wildman. 1946. Sixth Symposium development and growth, Rhode Island State Coll., Kingston.
5. Bayley, S.T. and G. Setterfield. 1957. The influence of mannitol and auxin on growth of cell walls in *Avena coleoptiles*. En: Ann. Botany (London), 21: 633-641.
6. Chandler, W.H. 1964. Evergreen orchards. London. Henry Kimpton. 535 p.
7. Chadwick, L.C. 1933. Studies in plant propagation. Cornell, Agr. Esp. Sta. Bul. 571.
8. Christiansen, G.S. and K.V. Thimann. 1950. The metabolism of stem tissue during growth and its inhibition. I. Carbohydrates. En: Arch. Biochem., 26:230-247.

9. Cleland, R. 1958. A separation of auxin induced cell wall loosening into its plastic and elastic components. En: *Physiol. Plantarum*, 11:599-609.
10. Cleland, R. and J. Booner. 1956. The residual effect of auxin on the cell wall. En: *Plant Physiol.*, 31: 350-354.
11. Edmond, J.B., T.L. Senn and F.S. Andrews. 1957. *Fundamentals of horticulture*. New York. McGraw-Hill Book Company. 476 p.
12. Fowells, H.A. 1943. The effect of certain growth substances on root-pruned ponderosa pine seedlings, En: *Jour. Forestry*, 41: 685-686.
13. Gardner, F.E. 1929. The relationship between tree age and the rooting of cuttings. En: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 26:101-104.
14. Grace, N.H. 1945. Responses of plant stem cuttings treated with chemicals in a carrier dust. En: *Can. Jour. Res.* 23:115-126.
15. Gurzburg, B.Z. 1958. Evidence for a protein component in the middle lamella of plant tissue. En: *Nature*, 181:398-400.
16. Haber, E.S. 1959. *Plant Propagation*. London. Chapman & Hall, Ltd. 413 p.
17. Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1959. *Plant propagation principles and practices*. New York. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 559 p.

18. Hartmann, H.T. 1952. Further Studies in the propagation of the olive by cuttings. En: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 59:155-160.
19. Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1964. Plant Propagation. New York. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. 559 p.
20. Haun, J.R. and P.W. Cornell, 1951. Rooting response of geranium Pelargonium hortorum, Bayley, var. Ricard cuttings as influenced by nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition of the stock plant. En: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 58:317-323.
21. Heyn, A.N.J. 1931. Der Mechanismus der Zellstreckung. Rec. Trav. Bot. Neerl. 28:113-244.
22. Hitchcock, A.E. and P.W. Zimmerman. 1941. Further tests with vitamin B<sub>1</sub> on established plants and on cuttings, Contrib. Boyce Thomp. Inst. 12 (2) 143-156.
23. Hitchcock, A.E. and P.W. Zimmerman. 1942. Root inducing substances effective on apple cuttings taken in May. En: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:292-297.
24. Kolg, F., A.J. Haagen-Smit, and H. Erxleben. 1934. Uber in neues auxin ("Hetero-auxin") aus Harn. XI. Z. Physiol. Chem., 228-90-103.
25. Kolg, F., A.J. and D.G.F.R. Kostermans. 1934. Hetero-auxin als Stoffwechselprodukt niederer pflanzlicher Organismen. XIII. Z. Physiol. Chem., 228:90-103.
26. Kramer, P.J. and Kozlawki, T.T. 1960. Physiology of trees. New York. McGraw-Hill book company. 642 p.

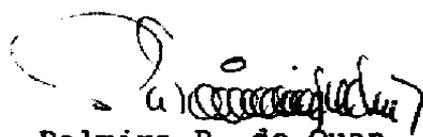
27. Lek, H.A.A. van der, 1925. Root development in woody cuttings, Meded. Landbouw hoogeschool Wageningen, 38 (1).
28. Lek, H.A.A. van der, 1934. Over den invloed den invloed der knoppen op de wortelworming der stekken, Meded. Landbouwhoogeschool. Wageningen. 38 (2): 1-95.
29. Leopold, C.A. 1964. Plant Growth and Development. New York. McGraw-Hill Book Company. 221 p.
30. Leopold, C.A. 1955. Auxins and Plant growth University of California Press, Berkeley, Calif. 354 p.
31. Long, J.C. 1932. The influence of rooting media on the character of the roots produced by cuttings, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 29:352-355.
32. Mahlstedt, J.P. and E.S. Haber. 1957. Plant propagation New York. John Wiley & Sons., Inc. 413 p.
33. Mahlstedt, J.P. and E.S. Haber. 1959. Plant propagation. London, Chapman & Hall, Ltd. 413 p.
34. Maki, T.E. and H. Marshall. 1945. Effects of soaking with indolebutyric acid on development and survival of tree seedlings. En: Bot. Gaz. 107:268-276.
35. Masuda, Y. 1960. Physiological significance of ribonucleic acid in the growth promoting action of auxin. En: Jour. Inst. Polytech. (Osaka City Univ.) 11:1-23.
36. O'Rourke, F.L. 1940. The influence of blossom buds on rootings of hardwood cuttings of blueberry. En: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:332-334.

37. Pearse, H.L. 1939. Response of fruit tree cuttings to treatment with synthetic root-forming substance. Rep. East Malling Res. Sta. 157-156 p.
38. Pearse, H.L. 1946. Rooting of vine and plum cuttings as effected by nutrition of the parent plant and treatment with phytohormones. En: Sci. Bul. 249, Dept. of Agr. Union of South Afr.
39. Samish, R.M. and P. Spiegel., 1957. The influence of the nutrition of the mother vine on the rooting of cuttings, Ktavim, 8:93-100.
40. Schrader, A.L. 1924. The relation of chemical composition to the regeneration of roots tops on tomato cuttings. En: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 187-194.
41. Smith, E.P. 1926. Acidity of the medium and root production in Coleus. En: Nature 117-334.
42. Smith, C.N. 1969. Trends in Florida foliage plant industry. University of Florida. Economics. Mimeo rept. Ec. 70-3.
43. Stoulemyer, V.T. 1937. Regeneration in various types of apple wood. Iowa Agr. Esp. Sta. Res. Bul. 220:309-352.
44. Tagawa, T., and J. Bonner. 1957. Mechanical properties of the Avena coleoptile as related to auxin and to ionic interactions. En: Plant Physical., 32:207-212.
45. Thimann, K.V. and G.M. Loos. 1957. Protein synthesis during Water uptake by tuber tissue. Plant Physical, 32: 274-279.

46. Thimann, K.V. 1935. On the plant growth hormone. Produced by Rhizopus suinus. Jour. Biol. Chem., 109:279-291.
47. Thimann, K.B. 1934. Studies on the growth hormone of plants. VI. The distribution of the growth substances in plant tissues. Jour. Gen. Physiol., 18:23-34.
48. Thimann, K.V. and A. L. Delisle. 1939. The vegetative propagation of difficult plants. Jour. Arnold Arb. 20:116-136.
49. Tukey, H.B. and E. L. Green, 1934. Gradient composition of rose shoots from tip to base. En: Plant Phys., 9:157-163.
50. Went, F.W., J. Bonner, and G.C. Warner. 1938. Aneurin and the rooting of cuttings. En: Science, 87:170-171.
51. Went, F.W. 1929. On a substance causing root formation. Proc. Kon. Akad. Wetensch., (Amsterdam). 37:547-555.
52. Yufera, E.P. 1958. Herbicidas y filoreguladores. Madrid, Ed. Aguilar. 241. p.
53. Zimmerman, P.W. and A.E. Hitchcock. 1935. Initiation and stimulation of adventitious roots caused by unsaturated hydrocarbon gases, Contribs. Boyce Thompson Inst. 7:439-445.

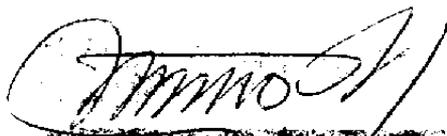
54. Zimmerman, P.W. William Crocker and A.E. Hitchcock.  
1933. Initiation and stimulation of roots form  
exposure of plants to carbon monoxide gas. Contribs.  
Boyce Thompson Inst. 7:439-445.

V. B. Por Bibliotecaria

  
Palmira R. de Quan  
Bibliotecaria



Imprimase:



Ing. Agr. Mario Morina Liarden  
Decano en funciones



IMPRESION EN ESTAMPADO  
EN COLOR LOCAL  
ENCUADRE EN ESTAMPADO