

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES

PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS DE OCHO
ESPECIES FORESTALES

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

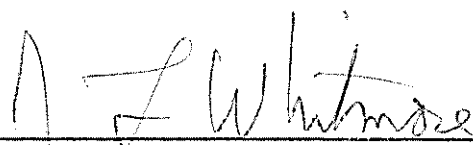
CARLOS ALEJANDRO ZANONI MENDIBURU

Turrialba, Costa Rica
1975

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:




Jacob L. Whitmore, M. For.

Consejero



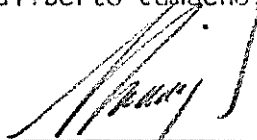
Herster Barres, Ph.D.

Comité



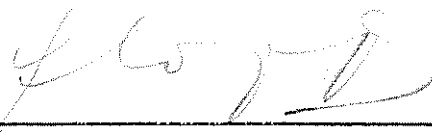
Edilberto Camacho, Mag. Agr.

Comité



Víctor Quiroga, Mag.Sc.

Comité



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A la memoria de Isabel,
mi querida e inolvidable
abuela

A Leonor, mi madre
A Lía, mi esposa
A Carlos Daniel, mi hijo
A Felipe y Julio, mis hermanos

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a las siguientes personas e instituciones:

Al Profesor Jacob L. Whitmore, Consejero Principal, por sus enseñanzas y constante orientación en el planeamiento y desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del Comité Consejero: Dr. Herster Barres, Ing. Edilberto Camacho e Ing. Víctor Quiroga, por su asesoramiento.

Al compañero de estudios y compatriota José Arze B., por su constante colaboración.

A la Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo", Lambayeque, Perú, por la confianza depositada y las facilidades concedidas para concretar sus estudios.

Al Gobierno de Holanda, por haber auspiciado sus estudios de posgrado.

A la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por las facilidades brindadas para efectuar sus estudios.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Trujillo, capital del Departamento de La Libertad, Perú. Cursó sus estudios primarios y secundarios en su ciudad natal.

Realizó sus estudios universitarios en la ex-Universidad Nacional Agraria del Norte, hoy Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo", Lambayeque, Perú. En 1966 se graduó de Bachiller en Ciencias Agrícolas y en 1967 recibió el título de Ingeniero Agrónomo.

En 1968 comenzó a prestar servicios en la ex-Universidad Agraria del Norte, efectuando labores de organización y experimentación en el Centro Experimental Tropical "Huahuasa", ubicado en la zona del Alto Marañón, Departamento de Amazonas.

En 1970 ingresó a la docencia como Jefe de Prácticas en el Departamento Académico de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo", siendo actualmente profesor auxiliar a dedicación exclusiva.

En enero de 1974 ingresó como estudiante graduado del Departamento de Ciencias Forestales, Programa Conjunto Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), mediante una beca del Gobierno de Holanda; recibiendo el grado de Magister Scientiae en diciembre de 1975.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Propagación vegetativa	2
2.2 Propagación por estaca	2
2.3 Fitohormonas y reguladores de crecimiento vegetal	3
2.4 Utilización de "Rootone"	5
2.5 Condiciones básicas para el enraizado de estacas	6
2.5.1 Condiciones del material vegetativo	6
2.5.1.1 Características del árbol padre	6
2.5.1.2 Características de la estaca	6
2.5.1.3 Ubicación de la estaca en la copa del árbol	8
2.5.2 Condiciones del medio ambiente	9
2.5.2.1 Medio de enraizamiento	9
2.5.2.2 Temperatura	10
2.5.2.3 Luminosidad	11
2.5.2.4 Humedad	11
2.6 Características de las especies tratadas	12
2.6.1 <u>Acrocarpus fraxinifolius</u> Wight	12
2.6.2 <u>Cedrela mexicana</u> Roem	13
2.6.3 <u>Cordia alliodora</u> (Ruíz & Pavon) Oken ...	15
2.6.4 <u>Eucalyptus deglupta</u> Blume	17
2.6.5 <u>Simarouba amara</u> Aubl	18
2.6.6 <u>Swietenia macrophylla</u> King	19
2.6.7 <u>Tabebuia rosea</u> (Bertol) D.C.	21
2.6.8 <u>Toona ciliata</u> M.J. Roem var. <u>australis</u> (F.v.M.) C.DC:	23
3. MATERIALES Y METODOS	26
3.1 Localización del estudio	26
3.2 Humedad relativa y temperatura	26
3.2.1 En el invernadero	26
3.2.2 En el medio ambiente	26
3.3 Tratamientos	26

	<u>Página</u>
3.4	Especies ensayadas 27
3.5	Preparación de las estacas 27
3.5.1	Arboles padres y ramas empleadas 27
3.5.2	Herramientas usadas 29
3.5.3	Características de las estacas 29
3.5.4	Número de estacas 29
3.5.5	Tratamiento de las estacas 32
3.6	Diseño estadístico 33
3.7	Invernadero 36
3.8	Riego por aspersión 36
3.9	Medio de enraizamiento 36
3.10	Recolección y plantación de las estacas 37
3.11	Cuidados posteriores a la plantación 37
3.12	Recolección de datos 38
3.13	Análisis de la información 39
4.	RESULTADOS 40
4.1	Condiciones de humedad relativa y temperatura 40
4.2	Comportamiento de las estacas 43
4.2.1	Enraizamiento 43
4.2.2	Latencia 53
4.2.3	Mortalidad 67
4.3	Influencia de "Rootone-F" en el enraizamiento 71
4.4	Capacidad de enraizamiento de los tipos de estacas 71
4.5	Rendimiento de las especies enraizadas 72
4.6	Análisis estadísticos 73
4.6.1	Estacas enraizadas 75
4.6.2	Estacas latentes 77
4.6.3	Estacas muertas 77
5.	DISCUSION 78
5.1	Enraizamiento de estacas 78
5.2	Latencia de estacas 80
5.3	Mortalidad de estacas 80

	<u>Página</u>
6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES	84
8. RESUMEN	86
8a. SUMMARY	88
9. LITERATURA CITADA	90
10. APENDICE	95

LISTA DE CUADROS

TEXTO

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Arboles padres y ramas empleadas para estacas de las ocho especies forestales	28
2	Características, número y fecha de recolección y plantación de las estacas	30
3	Análisis de varianza (modelo para replicaciones, especies, tipos de estacas, niveles estimulantes, y sus interacciones) de tres comportamientos de estacas (enraizamiento, latencia y mortalidad) ..	74
4	Prueba de Duncan para la influencia de: a) especies forestales, b) niveles estimulantes de enraizamiento, y c) interacciones, sobre el enraizamiento de estacas	76

APENDICE

A1	Valores relativos del comportamiento de estacas de ocho especies forestales, doce semanas después de plantadas	96
A2	Estacas enraizadas, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero	97
A3	Estacas latentes y estacas muertas, doce semanas después de plantadas	98

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	a) Tercio superior o zona porta-ramas en la copa. b) Ubicación de los tres tipos de estacas en la rama	31
2	Vista parcial de una replicación dentro del invernadero, con estacas recién instaladas en Parcelas Divididas	34
3	Disposición de los tratamientos en Parcelas Divididas con cuatro replicaciones en el invernadero	35
4	Humedad relativa mínima y horas con ambiente saturado al 100% dentro del invernadero y en el ambiente exterior, durante el experimento (promedios semanales)	41
5	Temperatura máxima, media y mínima dentro del invernadero y en el ambiente exterior, durante el experimento (promedios semanales)	42
6	Comportamiento general de las estacas de ocho especies forestales, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero (192 estacas por especie)	44
7	Enraizamiento de tres tipos de estacas en tres especies forestales, sin y con tratamiento fitohormonal, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero	45
8	Número promedio y longitud promedio de raíces en las estacas enraizadas	46
9	<u>Acrocarpus fraxinifolius</u> . Estacas: a) Sub-apical sin tratamiento; b) Sub-apical tratada con "Rootone-F"; c) Basal tratada con "Rootone-F". Enraizadas a las doce semanas	48
10	<u>Tabebuia rosea</u> . Estacas: a) Apical tratada con "Rootone-F"; b) Sub-apicales: testigo (N ₁) y con "Rootone-F" (N ₂); c) Basales: testigo (N ₁) y con "Rootone-F" (N ₂). Enraizadas a las doce semanas	51

<u>Figura N°</u>	<u>Página</u>
11	54
<p><u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u>. Estacas: a) Apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); b) Sub-apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); c) Basales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂). Enraizadas doce semanas después de plantadas</p>	
12	56
<p>Estados de las estacas latentes, doce semanas después de plantadas</p>	
13	58
<p><u>Acrocarpus fraxinifolius</u>. Estacas: a) Apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); b) Sub-apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); c) Basales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂). En latencia, doce semanas después de plantadas ..</p>	
14	66
<p><u>Tabebuia rosea</u>. Estacas: a) Apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); b) Sub-apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); c) Basales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂). En latencia, doce semanas después de plantadas</p>	
15	68
<p><u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u>. Estacas: a) Apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); b) Sub-apicales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂); c) Basales: testigo (N₁) y con "Rootone-F" (N₂). En latencia, doce semanas después de plantadas</p>	

1. INTRODUCCION

Los estudios y trabajos sobre propagación vegetativa de árboles forestales, tienen auge principalmente en países de climas templados. En cambio, en América tropical están restringidos a unas pocas especies, ignorándose cuáles son los factores que limitan la aplicación de sus técnicas para la mayoría de especies.

La propagación vegetativa con miras al mejoramiento genético de árboles forestales, es requerida por la Dasonomía tropical para preservar fenotipos valiosos a fin de utilizarlos en varias generaciones, así como para efectuar trabajos de investigaciones de la biología floral, cruces dirigidos y colección de semillas, entre otros.

El presente estudio de propagación vegetativa de ocho especies forestales valiosas, se llevó a cabo para probar en cada especie la capacidad de enraizar estacas de tres tipos diferentes, con y sin ayuda de un estimulador de enraizamiento, bajo condiciones de invernadero. Sus resultados podrán constituirse en un aporte al conocimiento de factores que influyen sobre las técnicas y efectos del método de propagación agámica por estacas, en las ocho especies forestales que aquí se estudian.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Propagación vegetativa

También conocida como propagación indirecta (34), asexual o agámica, se efectúa con partes de una planta, provistas de yemas y con capacidad de enraizamiento para originar nuevos individuos; o insertando dichas yemas a otra planta afín y capaces de soldar sus tejidos para proseguir su desarrollo normal. De estas maneras puede asegurarse plena transmisión de los caracteres fijos de la variedad vegetal.

Ha servido siempre a la reproducción individual de plantas poseedoras de características importantes, conservando la pureza genotípica en generaciones sucesivas; lo cual es imposible de lograr por vía sexual, con semillas.

2.2 Propagación por estaca

Se define a la estaca como una porción de planta susceptible de adquirir autonomía fisiológica. Instalada en un substrato favorable, rodeada de convenientes condiciones ambientales y protegida de la desecación, en la superficie de corte se formará un tejido cicatricial originado en la zona generatriz. De ese tejido cicatricial y a la altura de los nudos, surgirán raíces adventicias. Los brotes originados en las yemas se alimentarán de reservas almacenadas en los tejidos, mientras las nuevas raíces les faciliten nutrientes tomados del suelo (34).

Como en toda propagación vegetativa, las plantas obtenidas desde estacas reproducen fielmente las características varietales. Además, son importantes la precocidad vegetativa y la precocidad productiva en las nuevas plantas (10).

La capacidad para emitir raíces es un carácter específico determinado por la dureza de la madera y por el crecimiento de la planta. Las estacas de especies que tienen tejidos blandos enraizan mejor que las estacas de especies con tejidos consistentes. En forma semejante, estacas de algunas plantas de rápido crecimiento prenden fácilmente, y difieren de las estacas de plantas con lento crecimiento, las cuales demoran o no prenden. La mejor manera de saber si una planta es susceptible de prender por medio de estacas, es efectuando los correspondientes ensayos previos (34).

Se deduce que este método de propagación presenta el inconveniente importante de no ser tolerado por algunas plantas (10). Este es el caso de muchos géneros y especies leñosas muy difíciles de enraizar estacas; sin embargo, es un inconveniente que tiende a desaparecer con el estudio y empleo de fitohormonas y sustancias reguladoras de crecimiento (1, 10).

2.3 Fitohormonas y reguladores de crecimiento vegetal

Son productos orgánicos que influyen en el crecimiento de determinadas partes de la planta y en el desarrollo de alguno de sus órganos.

Las fitohormonas, hormonas vegetales o auxinas son sustancias elaboradas por la propia planta en su bioquimismo normal y que en pequeñísima proporción controlan el crecimiento y otras funciones vitales de la misma (37, 38, 42).

Los reguladores de crecimiento comprenden un término generalizado para productos químicos de naturaleza sintética y constitución diversa,

con acción similar a la que ejercen las fitohormonas en los diferentes órganos de la planta (37, 38, 42).

En el término fitorreguladores, Primo y Cuñat (42) generalizan a todas las sustancias que en pequeñas cantidades modifican los procesos fisiológicos de las plantas.

Entre dichas sustancias, probaron su mayor efectividad para aumentar la tasa de enraizamiento de estacas, el Acido Indol Acético (AIA), el Acido Indol Butírico (AIB) y el Acido Naftaleno Acético (ANA) (30).

Aun cuando los reguladores de crecimiento ejercen su influencia en el enraizado de estacas, siempre es de actualidad el problema mencionado por Cuculiza (10) respecto a que el uso de dichas sustancias tiene muchos aspectos por averiguar, pues se obtienen algunos resultados negativos por muy diversas causas, entre las cuales son frecuentes:

- Mayor o menor concentración del estimulante;
- Exceso o defecto en el tiempo de tratamiento;
- Concentración del estimulante y tiempo de tratamiento, en desacuerdo con la planta tratada; y
- Tratamiento inadecuado a las condiciones de la estaca.

Para estimular la producción de raíces, las sustancias reguladoras de crecimiento pueden ser preparadas y aplicadas en forma de líquidos, de pasta y de polvo (10, 37, 38, 42).

En polvo (9, 10, 37, 38, 42), los reguladores de crecimiento son mezclados con un inerte sólido (v.gr.: talco, arcilla) a una concentración variable según necesidades particulares de las estacas. El

procedimiento de empleo es sencillo y económico, y consiste en humedecer en agua el extremo basal de la estaca e introducirlo en un recipiente conteniendo el polvo, el cual queda adherido. Una vez tratada, la estaca es colocada directamente en el medio de enraizamiento.

2.4 Utilización de "Rootone"

El regulador de crecimiento "Rootone" es un conocido producto comercial en polvo, que tiene mayor uso en países de climas templados, como estimulante del enraizamiento de estacas en horticultura y dasonomía. Se ha probado en especies forestales y se conocen resultados de algunos casos:

Chase y Strain (11), en California, E.U.A., hicieron un estudio con estacas de 14 especies leñosas perennes, tratadas con "Rootone". Encontraron respuesta de enraizado en 9 de esas especies, por efecto del tratamiento con dicho producto.

Whiteman y Wiant (50) observaron que estacas testigo, de retoños basales y de ramas de bosque renacino de Sequoia sempervirens, enraizaron en 24 y 12 por ciento respectivamente; y tratadas con "Rootone" aumentaron ligeramente el enraizado a 34 y 16 por ciento.

Hyodo (28) estudió estacas de Robinia pseudoacacia var. bessoniana, tratadas con "Rootone" antes de la plantación. A las 10-12 semanas después del tratamiento, encontró resultados poco significativos.

2.5 Condiciones básicas para el enraizado de estacas

2.5.1 Condiciones del material vegetativo

2.5.1.1 Características del árbol padre

Muy importante es la capacidad natural de enraizar. Es un factor hereditario variable que difiere de una especie a otra, e incluso entre individuos de la misma especie (48). Se agrupan las plantas en fáciles, difíciles y reacias para enraizar; siendo las primeras las que permiten buen rendimiento económico del estacado (47).

Vekhov (48), al estudiar muchos árboles y arbustos, llegó a la conclusión de que es posible propagar en cierto grado todas las especies difíciles, siempre que se determinen las condiciones óptimas que rigen la emisión de raíces dentro de un tiempo regular, y que permiten sobrevivir al propágulo hasta alcanzar su actividad radical.

Según Wright (52), las estacas obtenidas de pies jóvenes arraigan más fácilmente que las obtenidas de pies viejos. En casi todas las especies forestales se han enraizado estacas tomadas de pies de semilla, de 1-2 años de edad. La capacidad de enraizamiento disminuye entre los años quinto y décimo de edad.

Estado fisiológico del árbol y época de recolección de estacas son factores influyentes sobre el enraizado cuando se emplean reguladores de crecimiento vegetal. Cada especie tiene su época óptima para mayor éxito del estacado, que debe precisarse por medio de ensayos (22, 38).

2.5.1.2 Características de la estaca

Por su consistencia, las estacas de rama o tallo son herbáceas,

semileñosas y leñosas (10).

El regulador de crecimiento tendrá influencia sobre el enraizamiento de la estaca, según sea la consistencia y la especie vegetal de la misma. En muchos casos, las estacas herbáceas responden bien y sólo requieren dosis bajas, las semileñosas requieren dosis medias, y las leñosas responden con dificultad al tratamiento, exigiendo dosis más elevadas (42).

Las estacas leñosas no tratadas con reguladores de crecimiento, demoran mucho para enraizar. No debe generalizarse la presencia de hojas en estacas leñosas, pues en algunos casos será más conveniente la no inclusión de los órganos foliares. Las estacas leñosas simples son comúnmente empleadas; miden 15 o 20 cm de longitud, generalmente sin hojas, se entierran las dos terceras partes inferiores de su longitud, dándoseles una ligera inclinación (10).

Este tipo de estacas debe tener de 10 a 45 cm de longitud, cortadas de un brote de menos de un año de edad, se entierran las tres cuartas partes de su longitud, en posición vertical (52).

La estaca tiene sitios con mayor facilidad para emitir raíces; son la zona de corte, a la altura de los nudos, y el punto de inserción de la hoja (10).

Las raíces nacen generalmente cerca de yemas dormidas. Una estaca debe contener por lo menos dos yemas: una para las raíces y otra para el tallo (52).

El corte inferior de la estaca debe hacerse a la altura de un nudo porque en esta zona el brote de raíces es más vigoroso; el corte

superior se hará 2 cm sobre un nudo, en forma inclinada y al lado opuesto de la yema (34).

La formación de raíces es precedida --aunque no siempre-- de una formación callosa, pero no hay relación aparente de causa a efecto entre callosidad y raíces. El tiempo necesario varía de 2 semanas (Populus y Salix) a 12 semanas (géneros de difícil enraizado). Doce semanas constituyen más o menos el máximo, porque es difícil conservar lozanas mucho tiempo las estacas no enraizadas (52).

Vekhov (48) observó en la mayoría de especies ensayadas, principalmente de Acer, Alnus, Betula, Fagus, Fraxinus, Liriodendron y Magnolia, que las estacas semiherbáceas mostraron mayor capacidad de enraizamiento, mientras que en otros casos, tales como Acer negundo L., Betula spp. y Catalpa spp., las ramas y brotes más maduros arrojan los mejores resultados. Esto implica influencia de la edad o estado de madurez, del cual pueden resultar variaciones en el prendimiento de las estacas aplicales o basales, respecto a la parte empleada.

2.5.1.3 Ubicación de la estaca en la copa del árbol

De Vastey (47) relieva el importante efecto que sobre el enraizamiento tiene la ubicación de las ramas en la copa del árbol padre, y de las estacas en las ramas del mismo. Opina que la capacidad de enraizado según la posición de la estaca en el árbol, puede deberse a una desigual distribución de auxinas y de reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta.

Estudios de Ogasawara (39) sobre el efecto de la posición de

estacas de Populus nigra var. italica, hacen ver que no hubo relación entre porcentaje de enraizado y ubicación de las estacas; pero que es tacas del tope de las ramas de la parte más baja de la copa, tienden a mejor habilidad de enraizamiento. Opina que el enraizado de estacas está más influenciado por el tiempo de recolección que por la posición en el árbol padre.

Hutchings y Larsen (27) observaron que las estacas secundarias arraigan mejor que las estacas apicales, en Fraxinus pensylvanica Marsh. var. lanceolata y en Populus deltoides Marsh.

Toda (45), en estudios comparativos de diferentes razas de Cryptomeria japonica D. Don. encontró que, en cuatro razas, las estacas de ramas bajas de copa enraizan mejor; en otras cuatro razas, las estacas de ramas altas del árbol fueron más eficientes en el enraizado. Es ta diferencia no se pudo observar en otro grupo de cuatro razas.

Concha y Montaldi (8) hallaron en Eucalyptus camaldulensis Dehn., que estacas extraídas de rebrotes herbáceos originados en plantas de 12 a 15 años de edad, cortadas a 1,5 m del suelo y tratadas con AIB, enraizaron en un 70 por ciento; en cambio, estacas cortadas de la parte superior de plantas de 10 años de edad, no enraizaron.

2.5.2 Condiciones de medio ambiente

2.5.2.1 Medio de enraizamiento

De Vastey (47) indica que no hay un determinado medio que convenga al enraizado de todas las especies vegetales, pues cada planta tiene un medio favorable a sus estacas. Además, un determinado medio

puede convenir mejor que otro a la misma especie, según sea la época del estacado.

Una formación rápida de raíces, ocurre en la mayoría de casos, cuando el sustrato es ligero, suelto, esterilizado, de buena fertilidad, de temperatura abrigada y de humedad continua pero no excesiva, ya que la falta de oxígeno es perjudicial (10, 34, 52).

Los medios convenientes son la arena fina, la vermiculita y la turba (52).

La arena se usa frecuentemente por que facilita el riego. Una arena de cuarzo, fina, es preferible para la mayoría de las plantas. La mezcla arena-turba, con frecuencia ayuda a la formación de raíces (9).

Según experimentos de Hitchcock (23), la mezcla arena-turba en partes iguales es mejor para el enraizado de estacas de variados árboles y arbustos.

Otro medio de buena aceptación, siempre muy usado en Turrialba, es el aserrín de madera, bien lavado y desprovisto de resinas tóxicas. Para mejorar el drenaje se recomienda la mezcla arena-aserrín (13).

2.5.2.2 Temperatura

La temperatura óptima varía con la especie vegetal. Para estacas de algunas especies, es suficiente protegerlas de los rayos directos del sol; pero en otros casos, el enraizado requiere control de temperatura ambiental y uso de camas calientes, lo cual se consigue en condiciones de invernadero (47).

En el substrato para enraizamiento, conviene mantener temperaturas de 21 C a 26 C a fin de evitar desecamiento de la estaca debido al aumento de la temperatura atmosférica (52). Cuculiza (10) recomienda conservar la cámara propagadora o enraizadora con una temperatura constante que puede estar entre 18 C y 22 C, según la planta a propagar.

2.5.2.3 Luminosidad

Según especies es necesario dosificar la luz. Su influencia en la formación de raíces constituye un proceso muy complejo. Fomenta el enraizado al incidir sobre las hojas verdes, pero lo inhibe al actuar directamente en sitios productores de raíces. Una dosificación lumínica baja provoca emisión de raíces antes que emisión de hojas, y disminuye la evaporación del agua de constitución de la estaca, manteniéndola turgente. Esta dosificación debe ser óptima, pues la carencia de luz bloquea la función fotosintética necesaria al desarrollo de la planta. Un mínimo de 30 por ciento de luz (10) favorece la fotosíntesis, pero debe evitarse el ingreso de mucha luz porque provoca aumento de temperatura, lo cual hace disminuir el porcentaje de enraizamiento (10, 13, 38, 47).

2.5.2.4 Humedad

Se distingue humedad absoluta y humedad relativa. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor acuoso por unidad de volumen de aire. La humedad relativa expresa el porcentaje de saturación, se relaciona con la velocidad con que se evapora el agua de una superficie o de una planta, y constituye un factor importante en la propagación por estacas (7, 40).

En atmósfera seca hay aumento de evapotranspiración y las estacas pueden desecarse. Precisa entonces, una alta humedad relativa del ambiente en los comienzos del estacado, para reducir la evapotranspiración y evitar marchitamiento de los propágulos (40).

La humedad ambiente será constante y de 95 a 100 por ciento (10). El medio de enraizamiento también requiere adecuada humedad y óptima aireación (52).

En condiciones de invernadero, se puede mantener 90 a 95 por ciento de humedad relativa conveniente al enraizado, sombreando el plantel de estacas y regándolo con aspersores de nebulización intermitente, regulados automáticamente por un reloj o por un higrómetro (52). Bajo este sistema, se usa relativamente poca agua y las temperaturas en el área de enraizamiento son suficientemente altas para favorecer el enraizado de estacas (22).

2.6 Características de las especies tratadas

2.6.1 Acrocarpus fraxinifolius Light. (Caesalpiniaceae) (2, 24).

Nombres vulgares: Shingle tree, pink cedar, red cedar, mundani, mandania (3, 17).

Descripción: Arbol caducifolio de tamaño grande o mediano, de crecimiento rápido y con tronco alto y cilíndrico (3, 17, 24, 25).

Hojas bipinnadas, grandes, alternas, sin espinas, con 5-6 pares de pinnas más una terminal, cada pinna con unos 8 pares de hojuelas elípticas o lanceoladas como de 10 cm de largo, con pecíolo y raquis prominentes hacia arriba. Flores en racimos axilares de 15-30 cm de largo,

pétalos rojos de 6-10 mm de largo, estambres largos y conspicuos. Fruto legumbre, aplanada, estrechamente alada a un lado, de 8-16 cm de largo por 1-2 cm de ancho, con 2-18 semillas pequeñas y duras, de media no y muy irregular poder germinativo (2, 3, 17, 24, 25).

Distribución y habitat: Especie nativa del sur de Asia, de India y Birmania, aclimatada en Cuba e introducida en Turrialba, Costa Rica. Prospera bien en elevaciones bajo-medianas, con climas de húmedos a muy húmedos (3, 17, 24, 25).

Propagación vegetativa: En un ensayo de García (19) con esta especie, en Turrialba, las estacas tratadas con AIB y las estacas testigo, presentaron respectivamente 2,8 y 1,1 por ciento de callos, 10 semanas después de plantadas.

Usos: Madera muy dura y fuerte, muy durable y fácil de trabajar, color caoba claro, atractivo, grano fino; podría emplearse sustituyendo al cedro en carpintería y construcciones; sirve para cajas, taja-maniles y muebles (3, 17, 24). El árbol es utilizado para dar sombra al cafeto (17).

2.6.2 Cedrela mexicana Roem. (Meliaceae) (24).

Sinónimos: Cedrela odorata L., C. yucatan Blake (51), C. sintenisii C.DC. (32).

Nombres vulgares: Cedro colorado, cedro blanco, cóbano, cedro amargo, cedro hembra, spanish cedar, cigar box-cedar, cedro, cedar (17, 24, 32, 49, 51).

Descripción: Arbol grande, de 12 a 30 hasta 40 m de altura y

de 0,3 a 0,9 m de diámetro; de crecimiento recto y con copa grande, alta y redondeada; presenta corteza fisurada. Hojas grandes hasta de 1 m de largo, paripinnadas, alternas, con 10-20 pares de hojuelas oblongo-lanceoladas, glabras (15, 24, 32, 51). Flores pequeñas, en panículas largas, terminales o axilares, corola verde-amarillenta con 5 pétalos angostos y oblongos (24, 32). Fruto cápsula, dehiscente 5-valvada, de forma subcilíndrica, contiene 20-30 semillas ligeras, aladas y de elevada capacidad germinativa rápida y uniforme (15, 17, 24).

Distribución y habitat: Especie originaria de América Central; nativa desde México hasta América del Sur, ocurre a lo largo de las Antillas Mayores y Menores hasta Trinidad-Tobago, Ecuador, Perú, Brasil y Guyanas; introducida en el sur de Florida. Ampliamente distribuida en elevaciones bajas de América tropical con climas desde secos hasta muy húmedos, puede darse bien con sólo 900 mm de lluvia en suelos húmedos y profundos de estribaciones de montaña, hasta en climas más húmedos pero con suelos bien drenados; es muy resistente a sequías, puede también ocurrir en condiciones de meseta seca, con lluvias de 750 mm y 1.200 m de altitud (15, 24, 32).

Propagación vegetativa: Se reproduce abundantemente por estacas cortadas de árbol padre defoliado (17). Burgos (5) reporta que esta especie presentó acentuada aptitud para enraizar estacas tratadas con AIB, a las ocho semanas de plantadas. Experimentos de Acosta-Solís (1) obtuvieron éxito en enraizado de estacas de esta especie. Estudios de De Vastey (47) con estacas tomadas de árboles de 5-6 años de edad en ,

esta especie, no tuvieron éxito.

Usos: Madera muy apreciada y la más importante para usos domésticos en América tropical por sus excelentes condiciones de durabilidad, peso ligero, color pardo rojizo claro, aroma, y en general, facilidad para cortar, cepillar y trabajar. Se adapta a múltiples usos, como madera fina de ebanistería para muebles, instrumentos musicales y talladuras; de carpintería para puertas, ventanas, cajas de cigarrillos puros, construcciones en general (15, 17, 24, 32, 49).

2.6.3 Cordia alliodora (Ruíz & Pavon) Oken (Boraginaceae) (16, 29, 32, 51)

Sinónimos: Cerdana alliodora Ruíz & Pav. (16, 29, 32, 51).

Cordia consanguinea Klotzch ex Chodat (51).

Cordia alliodora (Ruíz & Pav.) Cham (31, 41).

Nombres vulgares: Laurel, laurel blanco, laurel negro, bojón, hormiguero, árbol del ajo, pardillo, capá prieto, guacimila (16, 29, 31, 32, 41, 51).

Descripción: Arbol caducifolio, de tamaño mediano a grande, alcanza alturas hasta de 45 m, DAP desde 0,7 m hasta 1,0 m; tronco recto y cilíndrico, sin aletones; corteza externa finamente fisurada, color pardo amarillento o pardo grisácea; copa simétrica, regular, pequeña, con ramas verticiladas en la parte superior, que presentan abultamientos alargados y huecos producidos por hormigas que habitan en el interior (16, 29, 31, 41). Hojas simples, alternas, pecioladas, deciduas de 3-8 cm de ancho y 10-20 cm de largo, margen entero, ápice agudo, lámina elíptica u oblonga, verde oscura y opaca en el haz y verde clara y pubescente

en el envés (16, 29, 31, 41). Flores perfectas, pequeñas, corola tubular glabra, de 1 cm de largo; blanca; en panículas axilares o terminales, de 10-30 cm de ancho (16, 41). Fruto nuecesilla oblonga, contiene una semilla de 4-5 mm de largo, blanca, con la corola adherida, la cual le sirve como ala en la dispersión por el viento (16, 41, 46). La viabilidad de la semilla está condicionada al momento de recolección y a sembrarla de inmediato, ya que 1-2 semanas después de cosechada deja de ser viable en algunos casos (46).

Distribución y hábitat: Ampliamente distribuida en Cuba, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Antillas Menores y Trinidad-Tobago. Introducida en Jamaica. También desde el centro de México, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Ecuador, hasta el Norte de Argentina (16, 29, 31, 32, 51).

Crece bien en Trópico Húmedo a Trópico Lluvioso de América Central y Noroeste de América del Sur (2.000 - 5.000 mm de lluvia y 24 C). En Centro América también es común en Trópicos Secos (1.000 - 2.000 mm de lluvia). El óptimo crecimiento ocurre en áreas con lluvia de 1.500 - 2.000 mm. Por donde se extiende esta especie, raramente crece en elevaciones mayores a 1.000 m y generalmente está establecida a menos de 500 m (46). Prefiere suelos livianos, frescos y bien drenados; soporta bien los suelos pedregosos y semisecos durante el verano, y no prospera en suelos pantanosos o anegados por mucho tiempo. En Costa Rica es importante como especie "pionera" de conucos y potreros abandonados (31).

Propagación vegetativa: De Vastey (47), en segundo intento por enraizar estacas de esta especie, tratadas con regulador de crecimiento en polvo "Saradix B₃" (AIB y ANA), logró 14 por ciento de éxito a las

16 semanas de la plantación. En estudio simultáneo, estacas irradiadas con Cesio 137, no enraizaron.

Usos: Valiosa madera, color marrón claro, lustrosa, moderadamente blanda, fuerte, tenáz y fácil de trabajar, buen pulimento y resistente a ataque de termites de la madera seca. Sus variados usos en América tropical, incluyen ebanistería y carpintería, fabricación de chapas, maderas terciadas decorativas, parquet, construcciones, etc. El árbol es empleado como sombra del cafeto (16, 31, 32, 41).

2.6.4 Eucalyptus deglupta Blume (Myrtaceae) (21)

Sinónimo: Eucalyptus naudiniana F.v.M. (4, 21).

Nombres vulgares: Leda, kamarere, Mindanao gum (4, 21).

Descripción: Árbol gigante, pasa de 85 m de altura y su diámetro llega a 2,0 m; tronco recto y cilíndrico, libre de ramas muertas; gambas frecuentes hasta de 4,0 m de altura; corteza delgada, desprendible, color de verduzco a pardo; copa moderadamente abierta. Hojas pecioladas y opuestas cuando jóvenes. alternas al madurar, membranáceas, color verde pálido, ovadas o lanceoladas, de 5-14 cm de largo y de 2-7 cm de ancho, sin olor típico. Flores en umbela, numerosas, pequeñas, blancas, en panículas terminales y axilares. Fruto cápsula pedicelada, ovoide o globosa, de 5 por 4 mm. Floración y fructificación a muy temprana edad. La semilla mantenida al ambiente presenta poder germinativo relativamente corto (4, 21).

Distribución y habitat: Naturalmente distribuida en islas de Indonesia, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda y Mindanao. Experimentalmente

prospera en Asia y Africa tropical y en Centro y Sur América. Ocurre naturalmente en zonas tropicales húmedas, con precipitaciones de 3.500 a 5.000 mm sin estación completamente seca; desde el nivel del mar a 1.350 m y hasta 2.000 m de altitud. Temperatura media anual de 28 C y suelos húmedos pero no sumergidos, bien drenados (4, 21).

Propagación vegetativa: De la poca información al respecto se sabe que Davidson (12) obtuvo de 90 a 99 por ciento de enraizamiento de estacas de E. deglupta tratadas con hormonas antes de la plantación. También, Hurov (26) reporta haber enraizado en vivero, estacas de esta especie tratadas con fitohormonas.

Usos: Madera de grano grueso, color atractivo de pardo claro a pardo oscuro o rojizo, fuerte. Muy útil y apreciada por su fácil trabajabilidad, para construcciones livianas y pesadas, así como para muebles y ebanistería; no se presta para madera terciada, pero podría ser empleada para pulpa de papel. Sirve también para postes y pilotes y sus flores para producción de miel de abeja (12, 26).

2.6.5 Simarouba amara Aubl. (Simaroubaceae) (24, 33, 43)

Sinónimo: Quassia simaruba (Aubl.) Nootboom (49).

Nombres vulgares: Aceituno, simaruba, soemaroeba, simarupa, maruba, marupa, negrito, cujitle (24, 33, 43, 49).

Descripción: Arbol grande que llega hasta 43 m de altura y puede medir de 0,5 a 0,6 hasta 0,91 m de diámetro, con corteza lisa. Hojas imparipinnadas, alternas, con 10-30 hojuelas oblongas, subcoriáceas, glabras, alternas en el raquis, verde oscuras en el haz y mucho

más claras en el envés. Flores en panículas terminales, con 30 cm o más de longitud, muy ramificadas, con muchas flores densamente agrupadas en las ramificaciones, sésiles, con pétalos de 2,5 cm de largo. Frutos drupa oblonga u oval, semejante a aceituno, de color negro-púrpura al madurar (24, 33, 43).

Distribución y habitat: Especie nativa desde Belice y Guatemala, Venezuela, Trinidad, Guyanas hasta Brasil. Tiene su habitat en elevaciones bajas, con climas de muy húmedos a pluviales. Su rango altitudinal va desde el nivel del mar hasta unos 850 m (24, 43).

Propagación vegetativa: Casi no existe información sobre este aspecto de la especie. En un ensayo de García (19) en Turrialba, no hubo enraizamiento de estacas de esta especie, tratadas con AIB, a las 10 semanas de plantadas; informa sobre una alta mortalidad de las mismas.

Usos: Madera blanca, fácil de trabajar. Muy popular para cielos rasos, cajas, estantería, muebles sencillos y toda construcción interior. Puede ser empleada para contrachapados, chapas, instrumentos musicales, juguetes y pulpa de papel (24, 33). En Turrialba, se está ensayando la eficiencia de esta especie para enriquecimiento de bosques secundarios.

2.6.6 Swietenia macrophylla King (Meliaceae) (3, 17, 24, 25, 41, 43)

Sinónimos: S. candollei Pittier, S. tessmannii Harms., S. krukovii Gleason & Panshin, S. belizensis Lundell (32, 33).

Nombres vulgares: Caoba, aguano (en Perú), chacalte, caoba americana, Venezuelan mahogany, Broad leaf mahogany, Central American

mahogany, Honduras mahogany (5, 17, 24, 32, 33, 41, 43).

Descripción: Arbol caducifolio, tamaño mediano a grande, llega hasta 70 m de altura y a 3,5 m de DAP; tronco recto, libre de ramas, contrafuertes bien formados hasta 2-3 m de alto; corteza fisurada color café claro; copa abierta y redondeada. Ramas jóvenes de color pardo grisáceo, con muchas cicatrices de hojas caídas, glabras, con lenticelas protuberantes. Hojas paripinnadas, grandes, alternas, con 8-12-16 hojuelas glabras, de 2,5 a 5,7 cm de ancho por 6,4 a 15,3 cm de largo, oblicuamente lanceoladas, color verde oscuro. Flores pequeñas, abundantes, en panículas axilares de hasta 15 cm de largo, fragantes, color amarillo verdoso, 5 pétalos oblongos. Fruto cápsula, leñosa, erecta, ovoide u oblonga, de 12 a 20 cm de largo y unos 3 cm de diámetro, 4-5-valvada, dehiscente desde la base, color moreno rojizo, en pedúnculo de 7-15 cm de largo. Semillas numerosas, planas, de alas largas, color castaño, de 7,6 a 8,9 cm de largo por 1,9 a 2,5 cm de ancho (6, 24, 32, 41). La semilla es de germinación uniforme, la cual empieza más o menos a los 15 días y se obtiene hasta 85 por ciento (17, 46).

Distribución y habitat: Esta especie ocurre desde el sur de México hacia el Sur por todo el contorno atlántico de Centro América desde Honduras Británica hasta Panamá. También se le encuentra en Colombia, Venezuela y en partes del nacimiento del Amazonas en Perú, Bolivia y Brasil. Introducida al sur de Florida, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, India y otros países tropicales (6, 32, 33, 43). El árbol desarrolla mejor en plantaciones y en el bosque, en suelos fértiles, profundos y bien drenados. Es tolerante a la sombra. Se le encuentra

desde el nivel del mar hasta los 900 m de altitud, en climas de secos a muy húmedos (6, 17, 24, 33).

Propagación vegetativa: Según De Vastey (47), esta especie puede propagarse por estacas en vivero, y consigna en el resultado de sus estudios, que hubo enraizamiento de 10 por ciento y además 62 por ciento de callo, a las 16 semanas de plantadas las estacas bajo condiciones naturales. Burgos (5) en Tingo María, Perú, empleando estacas de 25 cm de longitud y de 2,5 a 5,0 cm de diámetro, tratadas en solución acuosa de AIB en 200 ppm durante 24 horas, encontró a las ocho semanas que las estacas más gruesas tenían callo y su enraizado era de 70 por ciento, contra 40 por ciento del testigo y de las de menor diámetro.

Usos: Madera moderadamente liviana, color castaño rojizo oscuro, fuerte, muy durable, resistente al ataque de termites de la madera seca. Es base de industrias forestales en zonas tropicales de muchos países. Por sus excelentes cualidades, sirve para chapa y madera aserrada, ebanistería, muebles de primera calidad, carpintería en general, instrumentos científicos de alta precisión, pianos, botes y para muchos usos más. Esta madera puede sustituir al cedro en todas sus aplicaciones (6, 17, 32, 41).

2.6.7 Tabebuia rosea (Bertol.) D.C. (Bignoniaceae) (24, 33, 41)

Sinónimos: Tabebuia pentaphylla (L.) Hemsl. (3, 24, 33, 41).

Tecoma pentaphylla Juss. (51).

Nombres vulgares: Roble de sabana (24, 33, 51), apamate, amapa, mano de león, acobo, may flower (33), maculis, palo de rosa, roble prieto (41).

Descripción: Arbol caducifolio, tamaño mediano o grande, alturas de 12-20 hasta 25 m y diámetros de 45-60 hasta 70 cm, tronco recto, con corteza fisurada y suberificada rugosa o lisa, color pardo grisácea a amarillenta, con pocas ramas gruesas y horizontales, ramificación simpodial tipo Tabebuia y copa estratificada (24, 41, 51). Hojas digitado-compuestas, de 10-35 cm de largo incluyendo pecíolo, opuestas, con 5 folíolos coriáceos, de los cuales los dos inferiores son más pequeños, lanceolados o elípticos, color verde oscuro en el haz y verde amarillento en el envés, con abundantes escamitas en ambas superficies (24, 41). Flores vistosas, en panícula corta con ramas cimosas, axilares o terminales, hasta de 15 cm de largo, con cáliz tubular y tubo de corola blanco con lóbulos lila o rosado (24, 41). Fruto cápsula, alargada y estrecha, semejante a una legumbre, longitud de hasta 35 cm, con dos suturas laterales, superficie lisa, color pardo oscuro, con cáliz persistente; contiene numerosas semillas aladas y delgadas, blanquecinas y de 2-3 cm de largo (24, 41).

Distribución y habitat: El rango natural de esta especie se extiende desde México a Centro América, hasta Colombia y Venezuela. Se le encuentra preferentemente en comunidades secundarias, en elevaciones bajas con climas húmedos, pero también con climas secos y en sitios cenagosos. Ocurre indiferentemente en suelos de origen calizo, ígneo o aluvial, pero en general con algún problema de drenaje (24, 33, 41).

Propagación vegetativa: Existe poca literatura sobre propagación agámica de esta especie. En Turrialba, García (19) ensayó estacas

tratadas con AIB en polvo, encontrando 10 semanas después, que tanto las estacas tratadas como las testigo, tenían una alta mortalidad.

Usos: Madera de color amarillenta, semejante a la madera de Quercus. Excelente para muebles y enchapes. Sus buenas características la hacen madera adecuada para piso y otras partes de botes, piezas de molinos, gabinetes y construcciones en general. Es una especie que podría usarse con éxito en plantaciones comerciales (24, 33, 41).

2.6.8 Toona ciliata M.J. Roem var. australis (F.v.M.) C.D.C.

(Meliáceae) (20, 24)

Sinónimos: Cedrela toona Roxb., Toona australis Harms., Cedrela australis F.v.M. (20, 24), Toona sureni (Bl.) Merr. (36).

Nombres vulgares: Toona (24), red cedar, australian cedar, australian toon (20), cedro colorado (36).

Descripción: Arbol de tamaño grande, puede adquirir hasta 50 m de altura y 1,50 m de diámetro, tronco recto y cilíndrico libre de ramas, copa amplia, presenta gambas y corteza rojiza escamosa cuando está desarrollado (20, 24, 35). Hojas deciduas, alternas, paripinnadas, de 30 a 50 cm de largo, con 3 a 8 o más pares de hojuelas opuestas, oblongas u oblongo-lanceoladas, de 4 a 10 cm de largo cada una, de color verde brillante (20, 24). Flores pequeñas, fragantes, blancas, con cinco pétalos oblongos, formando una panícula terminal pendiente (20, 24, 35). Fruto cápsula pedicelada, leñosa, oblonga o elipsoide, de 2 a 2,5 cm de largo y de 0,75 a 1,0 cm de diámetro, de apertura apical •

5-valvada, contiene semillas con alas membranosas de color castaño rojizo (20, 24, 35). El árbol fructifica todos los años y produce abundante semilla fértil (35). La semilla empieza a germinar nueve días después de sembrada, y puede obtenerse de 60 a 80 por ciento de germinación (14).

Distribución y habitat: T. ciliata var. australis se distribuye naturalmente en el este de Australia, desde Ulladulla al sur de Sydney, hasta Atherton en el norte de Queensland. Introducida de Australia a Turrialba, Costa Rica, se observa que prospera muy bien, con rápido crecimiento y libre del ataque de Hypsipyla grandella (20). Es propia de clima cálido y también prospera en zonas templadas (14). Se le encuentra en sitios con precipitación de 1.500 mm o más y con temperaturas máxima y mínima absolutas de 28 C y -2 C respectivamente (18). Streets (44) indica que este árbol tolera ligeras heladas y que su área de distribución se caracteriza por temperaturas absolutas de 43 C y -1 C. Según Holdridge y Poveda (24), el árbol habita en elevaciones de bajas a medianas, con climas de húmedos a muy húmedos. Crece bien en terrenos fértiles y bien drenados, y no le favorecen los suelos pobres, arcillosos compactos y arenosos (35).

Propagación vegetativa: Toona ciliata puede propagarse asexualmente sin dificultad por medio de estacas (36, 44).

Merrifield y Howcroft (36) reportan resultados de sus ensayos con estacas de distintas partes del árbol joven, tratadas con AIB y AIA e instaladas en suelo y en aserrín. Produjeron raíces las estacas de tallo principal, y fracasaron las de pecíolo. En aserrín, enraizaron

un 62,5 por ciento de estacas tratadas con AIB, un 20,0 por ciento de las tratadas con AIA y sólo un 10,0 por ciento del testigo. En suelo, enraizó un 22,0 por ciento de estacas tratadas con AIB.

Zanoni y Whitmore (53), en Turrialba, Costa Rica, probaron es tacas provenientes de los tercios superior, medio e inferior de copa de árbol con 4,5 años de edad, y tratadas con "Rootone-F" antes de plantarlas bajo condiciones naturales de ambiente. A las diez semanas encontraron un 41,7 por ciento de enraizamiento sólo en estacas del tercio inferior.

Usos: Este árbol presenta las mismas características tecnológicas y decorativas, así como los mismos usos de los cedros (35). La madera es semejante a la de Cedrela odorata L.; es de color rojizo brillante, de grano recto y fácil de trabajar. Sus principales usos son en enchapados, muebles, ebanistería, carpintería, cajas de cigarrillos y construcciones en general (20, 24, 35).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo en el invernadero ubicado en el vivero del Departamento de Ciencias Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, a una altitud de 602 m s.n.m. Los diez últimos años (1965-1974) se caracterizaron por tener en promedio: precipitación pluvial de 2.985,2 mm, humedad relativa de 87,3 por ciento y temperatura media de 21,4 C. El sitio corresponde a la formación bosque muy húmedo pre-montano, según la clasificación de formaciones vegetales de Holdridge.

3.2 Humedad relativa y temperatura

3.2.1 En el invernadero

Empleando un higrotermógrafo instalado en el interior del invernadero durante las 12 semanas del experimento, fueron registradas en forma continua las condiciones de humedad relativa y de temperatura.

3.2.2 En el medio ambiente

Durante el mismo período se contó con información diaria de humedad relativa y temperatura del medio ambiente, registradas por la Estación Meteorológica del CATIE, Turrialba.

3.3 Tratamientos

Enraizamiento de tres tipos de estacas de ocho especies forestales tropicales, con y sin el regulador de crecimiento "Rootone-F", bajo

condiciones de invernadero.

Son tres tratamientos:

1. Tratamiento especie forestal (S);
2. Tratamiento tipo de estaca (E); y
3. Tratamiento nivel estimulador de enraizamiento (N).

3.4 Especies ensayadas

- S₁ : Acrocarpus fraxinifolius Wight
- S₂ : Cedrela mexicana Roem
- S₃ : Cordia alliodora (Ruíz & Pavon) Oken
- S₄ : Eucalyptus deglupta Blume
- S₅ : Simarouba amara Aubl
- S₆ : Swietenia macrophylla King
- S₇ : Tabebuia rosea (Bertol) DC.
- S₈ : Toona ciliata M.J. Roem var. *australis* (F.v.M.) C.D.C.

3.5 Preparación de las estacas

3.5.1 Árboles padres y ramas empleadas

Los árboles padres de los cuales se extrajeron ramas para preparar las estacas de este experimento, fueron elegidos de entre distintos sitios del Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, en Turrialba, Costa Rica.

Se seleccionaron ramas tiernas de longitud y diámetro lo más uniformes posible, ubicadas todas en el tercio superior de la copa del árbol.

Algunas características de árboles y ramas empleadas para estacas de las ocho especies ensayadas, se consignan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Árboles padres y ramas empleadas para estacas de las ocho especies forestales.

Especies	Edad árboles padres (años)	Estado del follaje	Sitio	Número de árboles	Longitud promedio de ramas (m)							
					I	II	III	IV				
					Arb. Long. NQ rama	Arb. Long. NQ rama	Arb. Long. NQ rama	Arb. Long. NQ rama				
<u>Acrocarpus</u>												
<u>fraxinifolius</u>	7	Con hojas	Florencia Sur	2	1	1,1	2	0,9	1	1,3	2	1,1
<u>Cedrela</u>												
<u>mexicana</u>	13	Con hojas	Florencia Norte	2	1	1,2	2	1,2	1	1,3	2	1,1
<u>Cordia</u>												
<u>alliodora</u>	7 1/2	Con hojas	Florencia Norte	3	1	0,6	2	0,9	1	0,7	3	1,1
<u>Eucalyptus</u>												
<u>deglupta</u>	6 1/2	Con hojas	Bajo Chino	2	1	1,1	2	1,2	1	1,0	2	1,3
<u>Simarouba</u>												
<u>amara</u>	8*	Con hojas	Florencia Norte	2	1	0,7	2	1,0	1	0,8	2	0,9
<u>Swietenia</u>												
<u>macrophylla</u>	8	Con hojas	Florencia Sur	4	1	1,1	3	1,05	2	1,0	4	0,95
<u>Tabebuia</u>												
<u>rosea</u>	10	Sin hojas	Puente Cajón	4	1	0,7	3	0,8	2	0,7	4	0,8
<u>Toona</u>												
<u>ciliata</u> var.												
<u>australis</u>	4	Con hojas	Florencia Sur	4	1	1,4	3	1,2	2	1,5	4	1,2

* Estimada I, II, III y IV: Replicaciones en el invernadero

3.5.2 Herramientas usadas

Escalera metálica para ascender hasta el tercio superior de la copa del árbol. Podadora de mango largo y cuerda, machete para retirar las ramas. Podadora de mano para preparar las estacas.

3.5.3 Características de las estacas

Para cada especie estudiada, de cada rama utilizada se prepararon tres tipos distintos de estacas:

- E_1 : Estaca apical (del ápice de la rama);
- E_2 : Estaca sub-apical (del sector adyacente al ápice); y
- E_3 : Estaca basal (del extremo basal de la rama).

Todas las estacas midieron 20 cm de longitud y estuvieron desprovistas de hojas.

Se trató de dar uniformidad en diámetro a cada tipo de estacas por especie. Se midió en centímetros el diámetro de cada estaca y se determinó el diámetro promedio para cada tipo de estacas (Cuadro 2).

En la Figura 1 se ilustra la zona porta ramas (tercio superior) de la copa del árbol, y también la ubicación que tuvieron en la rama los tres tipos de estacas extraídas.

3.5.4 Número de estacas

- a. Total experimental, correspondiente a las 8 especies:
1.536 estacas.
- b. Total por especie: 192 estacas, que divididas entre los tres tipos, fueron:

Cuadro 2. Características, número y fecha de recolección y plantación de las estacas.

Especies	Diámetro promedio de las estacas (cm)			Número de estacas plantadas			Total estacas por especie	Fecha de recolección y plantación (año 1975)
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃		
<u>Acrocarpus fraxinifolius</u>	1,5	1,8	2,3	64	64	64	192	3 y 6 mayo
<u>Cedrela mexicana</u>	1,1	1,3	1,6	64	64	64	192	3 y 6 mayo
<u>Cordia alliodora</u>	0,6	1,0	1,5	64	64	64	192	3 y 6 mayo
<u>Eucalyptus deglupta</u>	0,6	1,0	1,4	64	64	64	192	3 y 6 mayo
<u>Simarouba amara</u>	1,0	1,2	1,4	64	64	64	192	4 y 7 mayo
<u>Swietenia macrophylla</u>	0,9	1,0	1,2	64	64	64	192	4 y 5 mayo
<u>Tabebuia rosea</u>	1,2	1,4	1,9	64	64	64	192	4 y 5 mayo
<u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u>	0,9	1,1	1,4	64	64	64	192	4 y 5 mayo

E₁, E₂ y E₃ : Estacas apical, sub-apical y basal.

E₁ : 64 estacas apicales.

E₂ : 64 estacas sub-apicales, y

E₃ : 64 estacas basales.

(Véase el Cuadro 2).

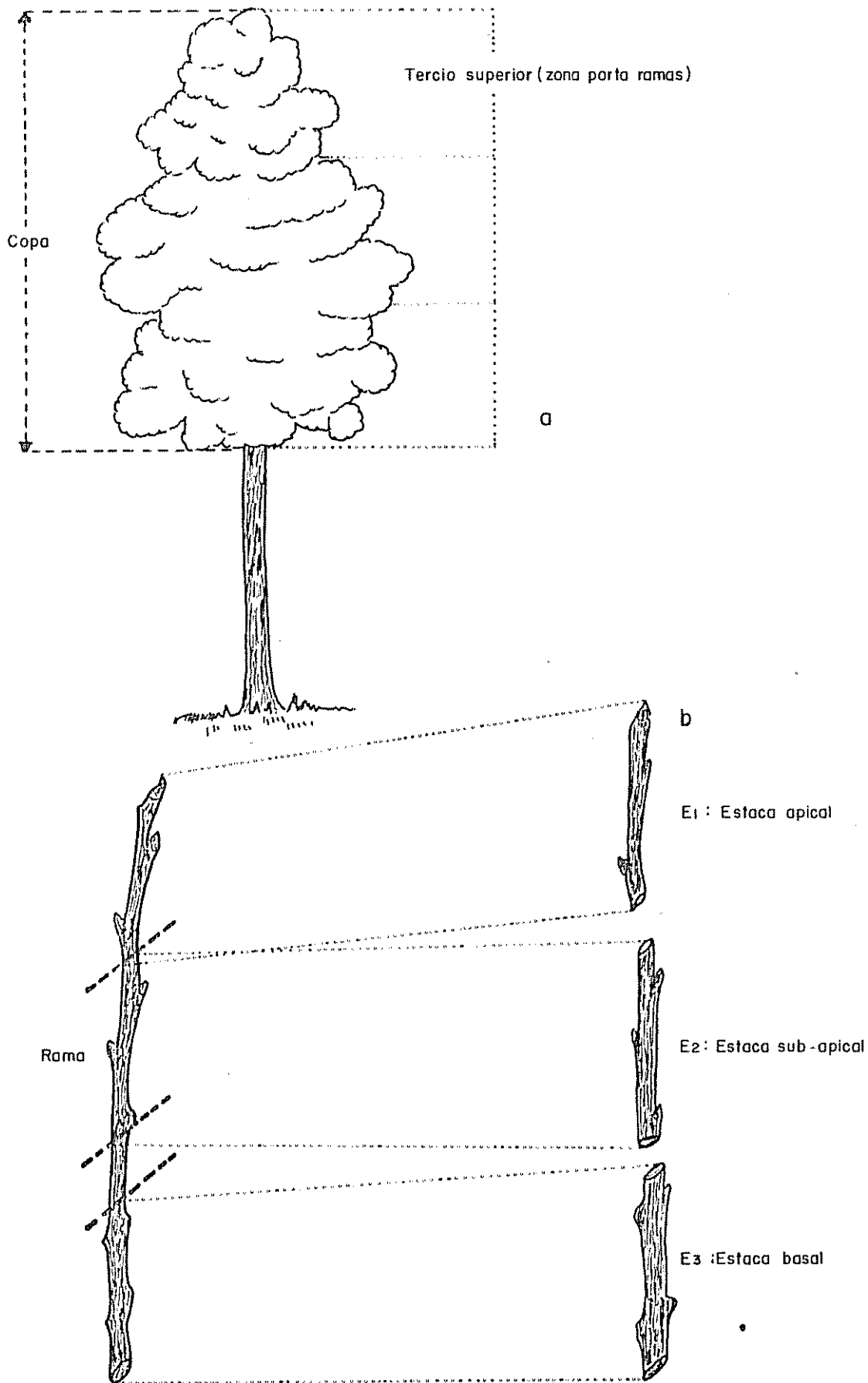


Fig. 1 a) Tercio superior o zona porta ramas en la copa
 b) Posición de los tres tipos de estacas en la rama

humedecido, compactando éste alrededor de las estacas.

3.6 Diseño estadístico

El conjunto experimental estuvo diseñado en Parcelas Divididas dentro del invernadero.

Fueron en total 1.536 estacas distribuidas en tres tratamientos con cuatro replicaciones.

Correspondieron 192 estacas a cada una de las ocho especies (tratamiento S). Cada especie comprendió 64 estacas de cada uno de los tres tipos (tratamiento E). Cada tipo de estacas fue sometido a dos niveles: uno empleando el estimulador "Rootone-F" y otro como testigo (tratamiento II).

El interior del invernadero constó de cuatro secciones de igual extensión. En cada una de estas secciones, se acondicionó una replicación experimental. Cada una de las cuatro replicaciones constó de:

48 estacas de cada una de las ocho especies;

16 estacas de cada uno de los tres tipos; y

8 estacas de cada uno de los dos niveles estimuladores.

La unidad de observación fue la sub-sub-parcela S-E-II (Especie-Tipo de estaca-Nivel) conteniendo ocho estacas instaladas en uno de los dos compartimientos de una caja de madera.

En la Figura 2 se aprecia una vista parcial de una replicación.

La Figura 3 muestra el diseño experimental de los tratamientos en Parcelas Divididas con cuatro replicaciones.

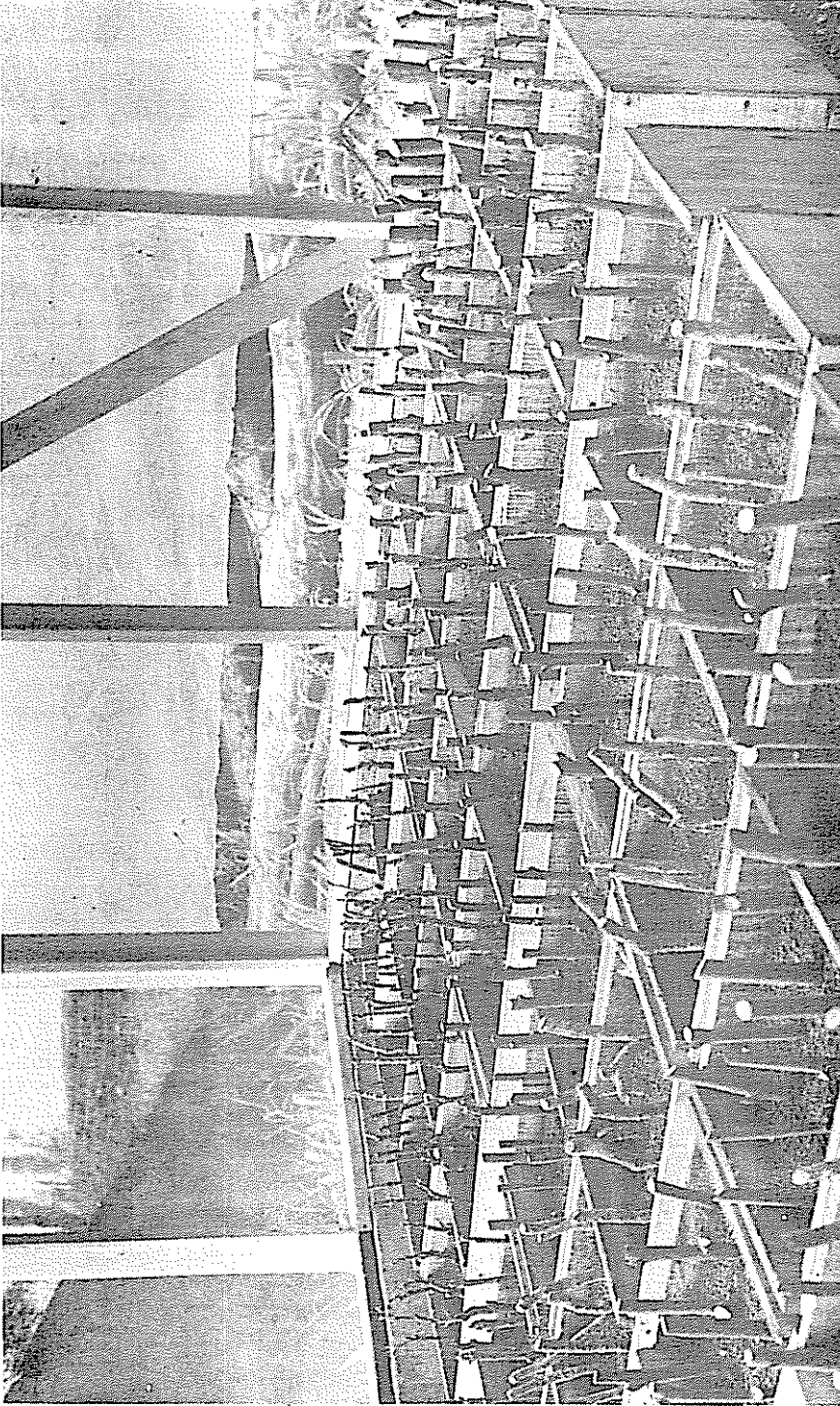
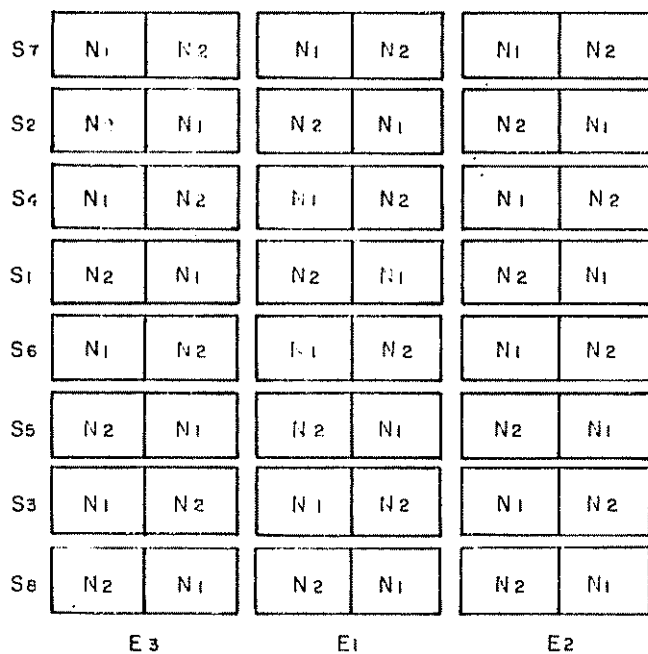
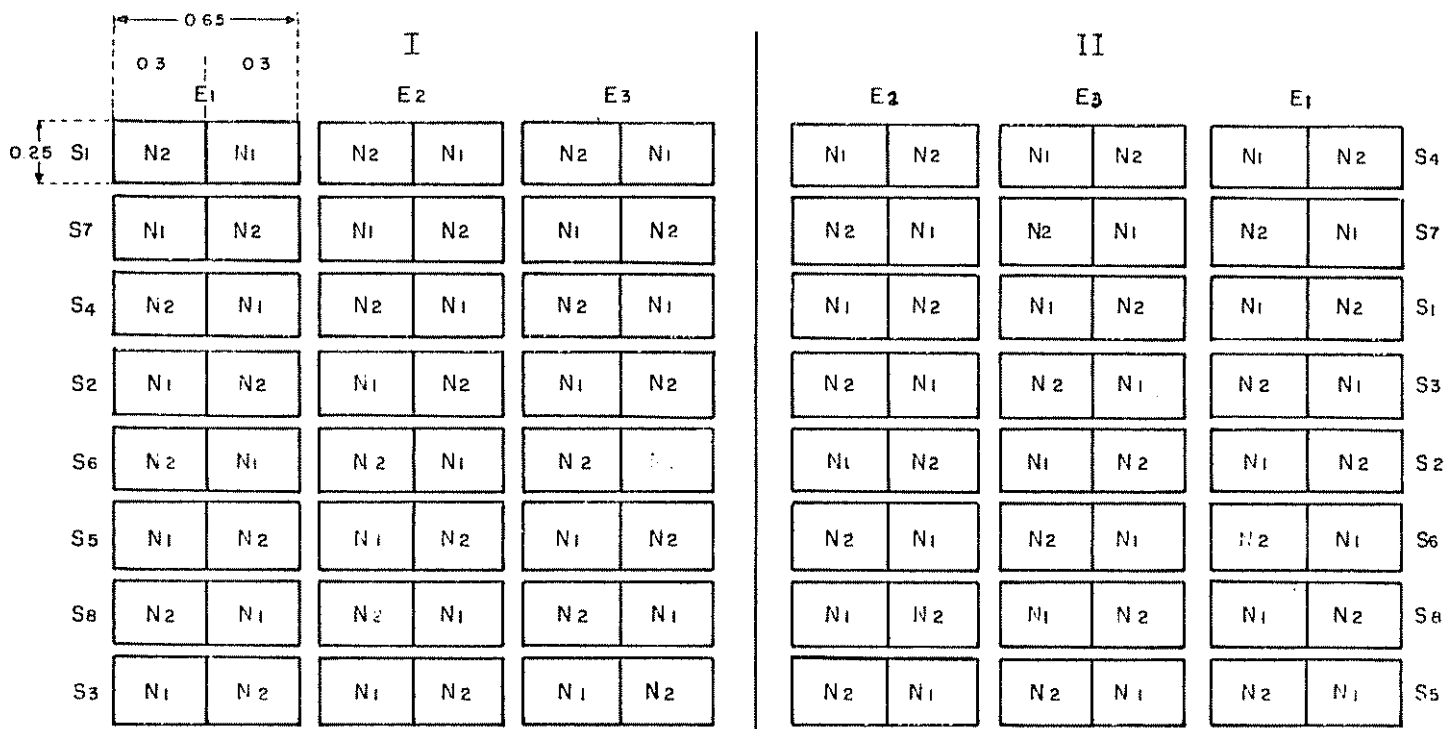
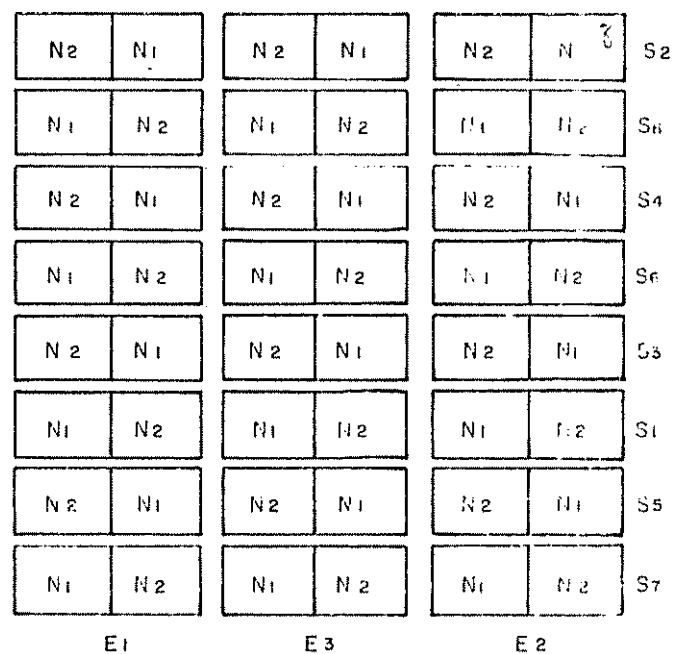


Fig 2 Vista parcial de una replicación dentro del invernadero, con estacas recién instaladas en parcelas divididas



III



IV

N1 = Testigo, sin tratamiento
N2 = Tratado con "Rootone-F"

E1 = Estacas apicales
E2 = Estacas sub-apicales
E3 = Estacas basales

S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 = Especies

I - II - III - IV = Replicaciones

Fig. 3 Disposición de los tratamientos en parcelas divididas con cuatro replicaciones en el invernadero

3.7 Invernadero

Recinto cerrado a base de maya de nylon, subdividido en cuatro compartimientos de 3,2 x 3,2 m, con todas sus superficies cubiertas por tela plástica para facilitar un ambiente fresco y una sombra aproximada a 50 por ciento en el interior.

En el piso de cada compartimiento se acomodaron las 24 cajas con estacas que correspondieron a una replicación del experimento. Cada compartimiento contó con un sistema de tubería con dos boquillas aspersoras, instalado a 2 m sobre el piso, para efectuar el riego por aspersión intermitente de agua.

3.8 Riego por aspersión

El sistema empleó bomba impulsora con motor eléctrico y una tubería conectada al invernadero. Un mecanismo de relojería reguló automáticamente el tiempo de aspersión del agua en períodos intermitentes de cuatro minutos cada hora, en los cuatro compartimientos del invernadero.

3.9 Medio de enraizamiento

Cajas de madera, de 0,65 m de largo, 0,25 m de ancho y 0,25 m de altura, subdivididas en dos compartimientos de 0,30 m por 0,25 m cada uno, conteniendo un substrato (1/3 inferior) de aserrín de madera nuevo, sobre el cual había una mezcla 1:1 de tierra y arena (2/3 superiores) previamente esterilizada con gas bromuro de metilo.

En cada compartimiento de una caja se instaló un S-E-H con ocho estacas.

3.10 Recolección y plantación de las estacas

Generalmente, las estacas fueron preparadas el mismo día de cortadas las ramas del árbol, y plantadas de inmediato en las cajas de enraizamiento.

Para establecer uniformidad de replicación experimental, se cuidó de que una parcela grande con sus tres parcelas pequeñas (E_1 , E_2 y E_3 a N_1 y N_2) contuvieran estacas de un solo árbol, y de que todo el material vegetativo para una replicación proviniera del mismo árbol, por especie. La instalación de las estacas en cada replicación se hizo en una sola jornada, evitando dejarla inconclusa de un día para otro.

Las operaciones de recolección y plantación de todo el plantel de estacas, se efectuó durante el lapso del 3 al 7 de mayo de 1975 (Cuadro 2).

3.11 Cuidados posteriores a la plantación

Instalado el plantel de estacas y durante las 12 semanas del experimento, se hizo funcionar el sistema de riego por aspersión dentro del invernadero, cuidando que sea de cuatro minutos cada hora para evitar la desecación de los propágulos.

Se controló el funcionamiento ininterrumpido del higrotermógrafo dentro del invernadero, a fin de registrar humedad relativa y temperatura durante el período del experimento.

Se cuidó la presencia de media sombra sobre el plantel de estacas, y continuamente se controlaron las malas hierbas que aparecían en las cajas de enraizado.

3.12 Recolección de datos

En los días 26 al 30 de julio de 1975 (doce semanas después de plantadas), las estacas fueron extraídas y observadas individualmente para agruparlas en las tres siguientes categorías:

1. Estacas muertas: las que estaban secas. Es decir, no presentaban ningún signo de vida.

2. Estacas latentes: comprendieron:

2.1 Estacas sin callo: lozanas y vigorosas pero sin formación de tejido cicatricial o 'callo'.

2.2 Estacas con callo: presentaron tejido cicatricial en la zona de corte.

3. Estacas enraizadas: las que presentaron raíces bien definidas, en número y longitud variables. Sus partes subterráneas fueron lavadas cuidadosamente.

Con base en los datos de las estacas enraizadas, se determinaron cifras promedias de número y longitud de las raíces.

4. Número promedio de raíces por estaca: se estableció el número total de raíces y se le dividió entre el número de estacas enraizadas, determinándose el promedio de raíces por estaca enraizada.

5. Longitud promedio de raíces por estaca: contadas todas las raíces, una por una fueron medidas en centímetros. Se estableció la suma de tamaños de las raíces y se le dividió entre el número total de ellas, determinándose la longitud promedio de raíces por estaca.

3.13 Análisis de la información

La información completa sobre tratamientos (obtenida con los datos del plantel a las 12 semanas) fue procesada a través de la computadora IBM-1130 utilizando el programa según modelo estadístico empleado de Parcelas Divididas:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j + \gamma_k + \delta\beta + \delta\alpha + \delta\beta\alpha + \lambda_1 + \lambda\beta + \lambda\delta + \lambda\beta\delta + \lambda\alpha + \lambda\beta\alpha + \lambda\delta\beta\alpha + \lambda\delta\alpha + \Sigma_{ijkl}$$

Como complemento a este análisis global, se efectuó la Prueba de Rango Múltiple (Duncan) con el fin de determinar diferencias entre pares de tratamientos.

4. RESULTADOS

4.1 Condiciones de humedad relativa y temperatura

La humedad relativa y la temperatura en el interior del invernadero y en el medio ambiente exterior durante las doce semanas del experimento, expresadas en promedios semanales siguieron las distribuciones que se presentan en las Figuras 4 y 5. En cada distribución, se grafica también el promedio del ciclo. Resultaron promedios de 47,9 por ciento de humedad relativa mínima y de 15,2 horas con ambiente saturado dentro del invernadero; mientras que en el ambiente exterior los promedios fueron de 57,6 por ciento de humedad relativa mínima y de 13,3 horas con 100 por ciento de saturación. En cuanto a temperatura en el invernadero, los promedios fueron de 29,3 C en máxima y 17,8 C en mínima, con media de 23,6 C; y fuera del invernadero los promedios fueron de 26,8 C en máxima y 18,3 C en mínima, con media de 22,7 C.

Comparando las distribuciones seguidas por cada uno de estos factores dentro y fuera del invernadero (Figs. 4 y 5), se observa lapsos con poca variación entre uno y otro ambiente. También se observa otros momentos en que esas distribuciones son desiguales.

Destaca el hecho de que entre los 56 y 63 días del ciclo (octava semana), dentro del invernadero aumentaron considerablemente las temperaturas después de haber descendido continuamente, para mantenerse a un nivel más o menos alto hasta finalizar la décima semana (Fig. 5). Al mismo tiempo ocurre brusca disminución (aproximadamente

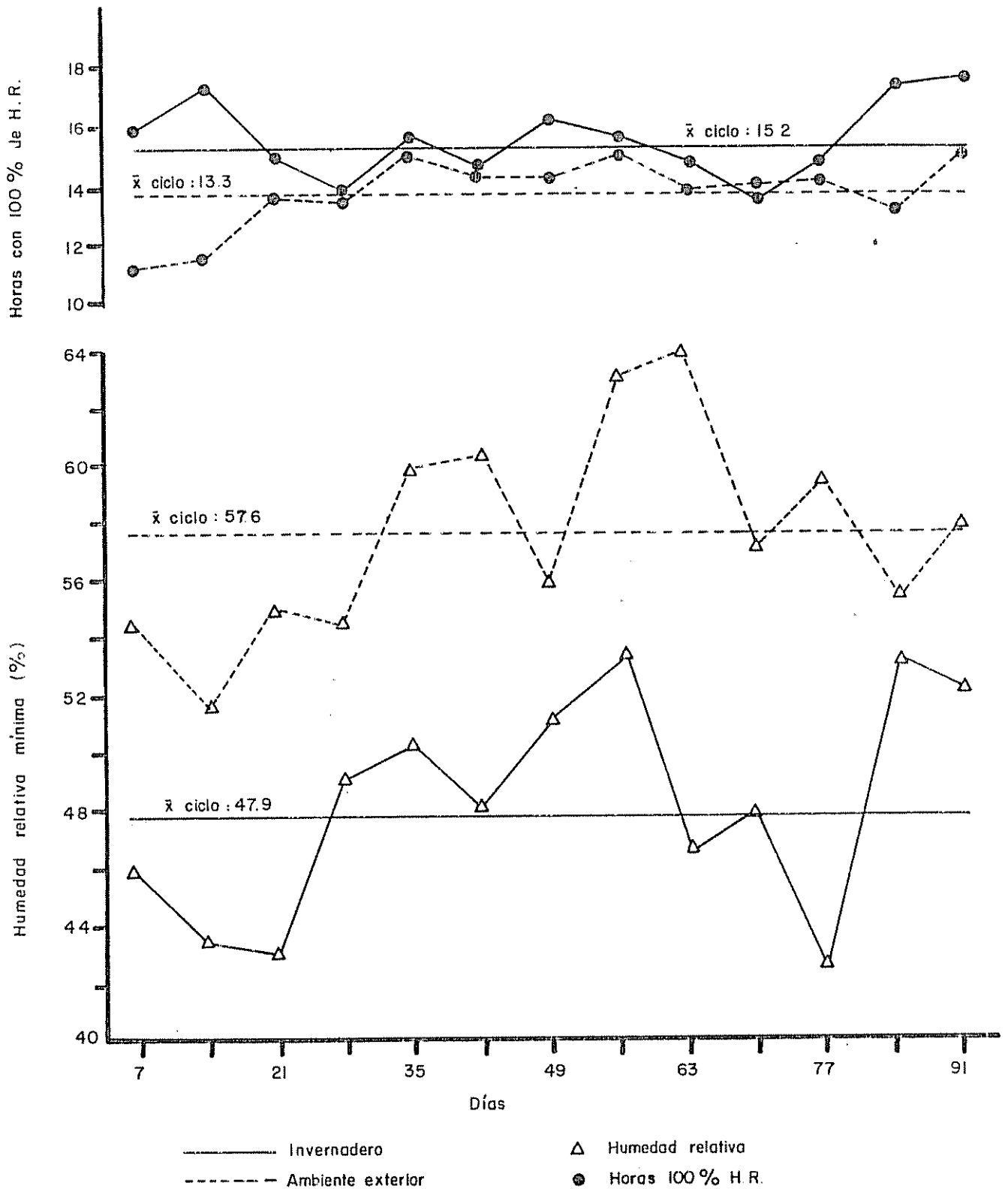


Fig. 4 Humedad relativa mínima y horas con ambiente saturado al 100% dentro del invernadero y en el ambiente exterior, durante el experimento (promedios semanales)

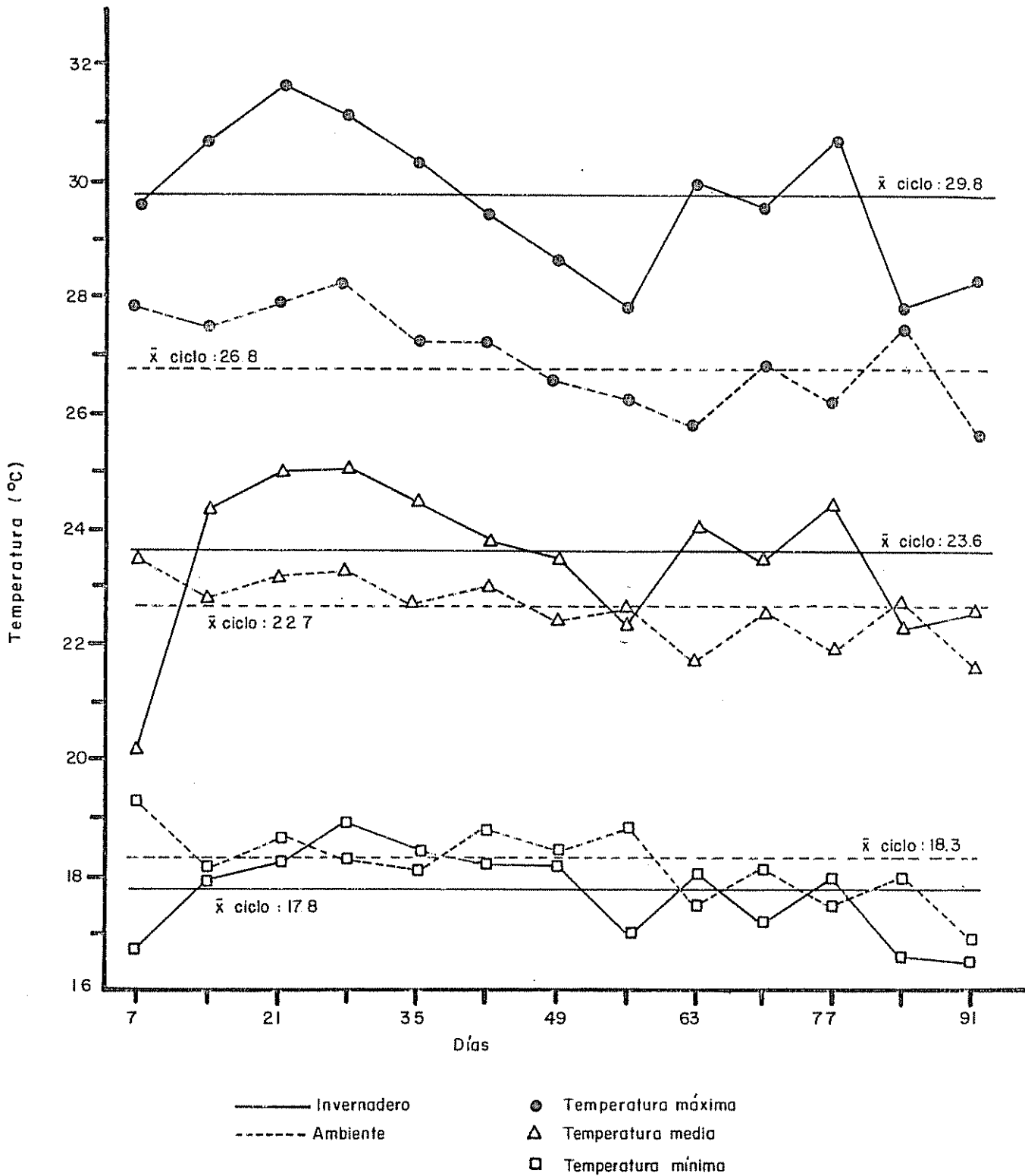


Fig. 5 Temperatura máxima, media y mínima dentro del invernadero y en el ambiente exterior, durante el experimento (promedios semanales)

en 10%) de la humedad relativa mínima, la cual se mantiene a un nivel más o menos bajo también hasta la décima semana en que vuelve hacia su nivel anterior (Fig. 4). En ese mismo lapso, dentro del invernadero, se registró disminución del número de horas con 100 por ciento de humedad relativa (Fig. 4).

4.2 Comportamiento de las estacas

Los resultados obtenidos doce semanas después de instalado el plantel experimental, se presentan en forma global mediante valores porcentuales de cada comportamiento de las estacas: enraizadas, latentes y muertas (Fig. 6 y Cuadro A1), calculados sobre 192 estacas para cada una de las ocho especies ensayadas.

4.2.1 Enraizamiento

De las ocho especies tratadas en este trabajo, al cabo de doce semanas se encontraron resultados de enraizamiento en estacas de tres especies: Acrocarpus fraxinifolius (S_1), Tabebuia rosea (S_7) y Toona ciliata var. australis (S_8). Estos resultados se expresan en forma generalizada sobre 192 estacas (Fig. 6) y por cada interacción de tratamientos sobre 32 estacas (Figs. 7 y 8). En detalle, cada especie enraizada presentó los resultados que vienen a continuación.

4.2.1.1 Acrocarpus fraxinifolius

A las doce semanas de plantadas y con base en el total de 192 estacas por especie, los resultados de enraizamiento en cifra global, muestran un 7,3 por ciento (Fig. 6 y Cuadro A1, columna 3).

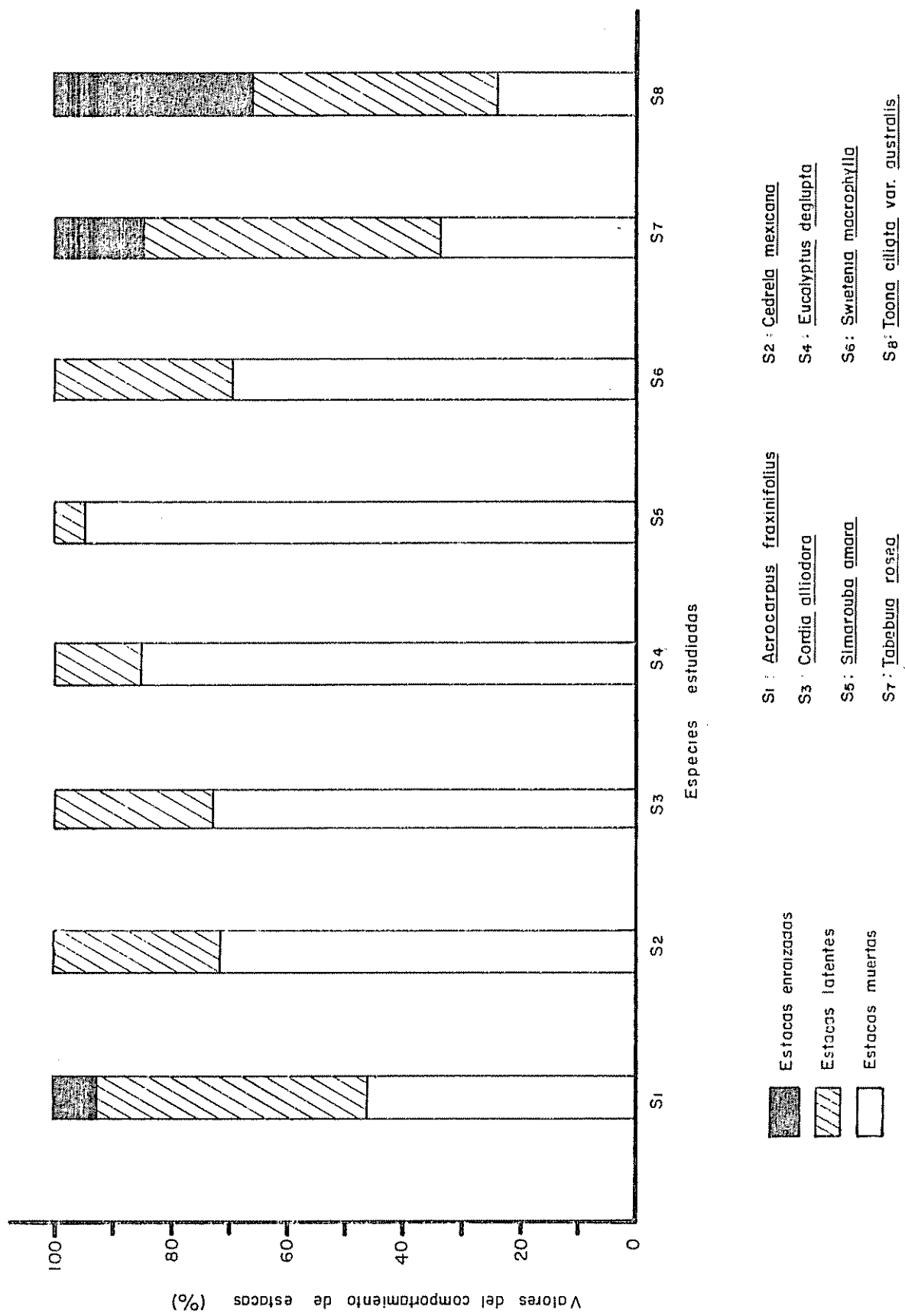


Fig. 6 Comportamiento general de las estacas de ocho especies forestales, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero (192 estacas por especie)

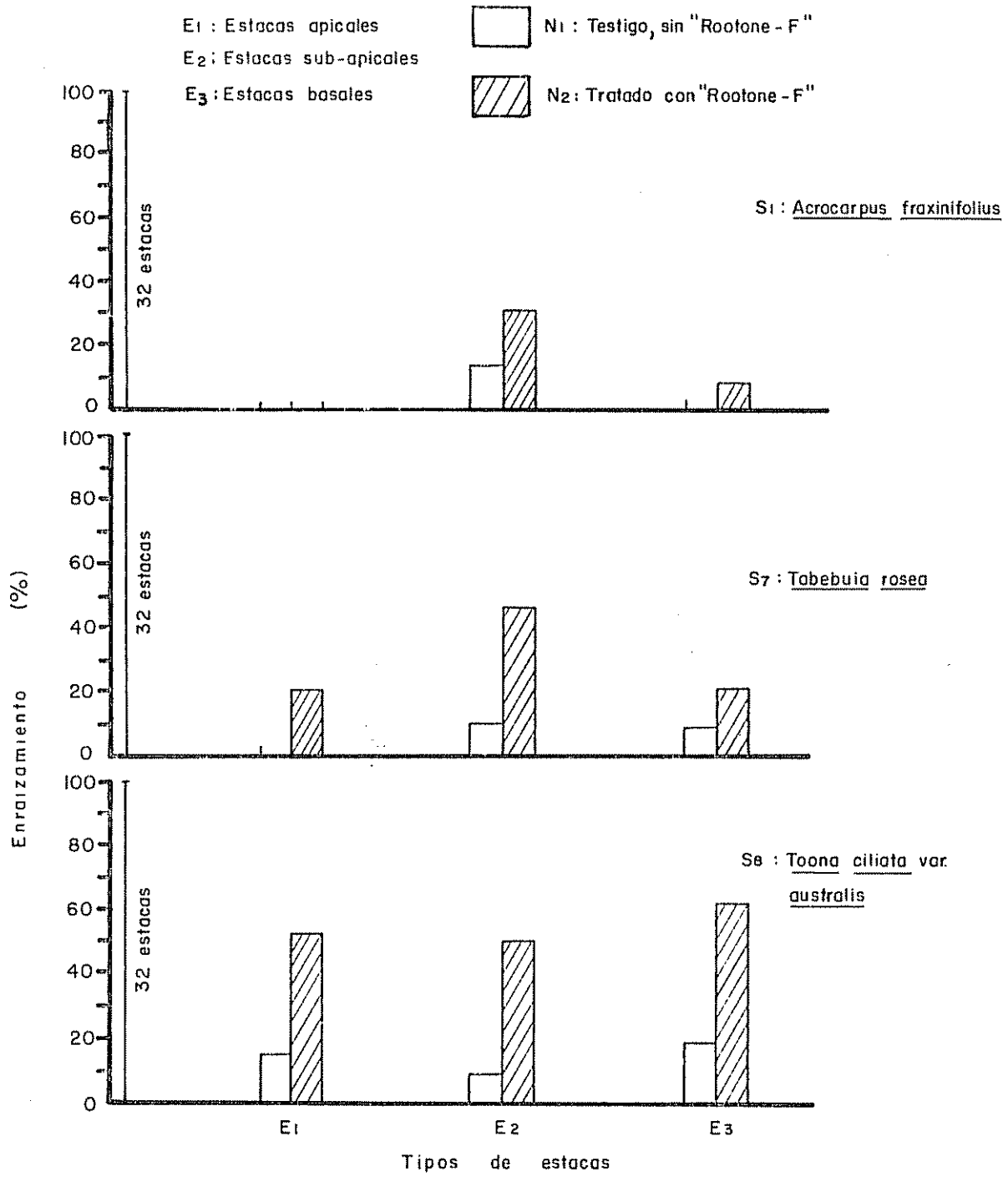


Fig 7 Enraizamiento de tres tipos de estacas en tres especies forestales, sin y con tratamiento fitohormonal, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero

- E1: Estacas apicales
- E2: Estacas sub-apicales
- E3: Estacas basales
- N1: Testigo, sin "Rootone - F"
- N2: Tratado con "Rootone - F"

S1: Acrocarpus fraxinifolius

S7: Tabebuia rosea

S8: Toona ciliata var. australis

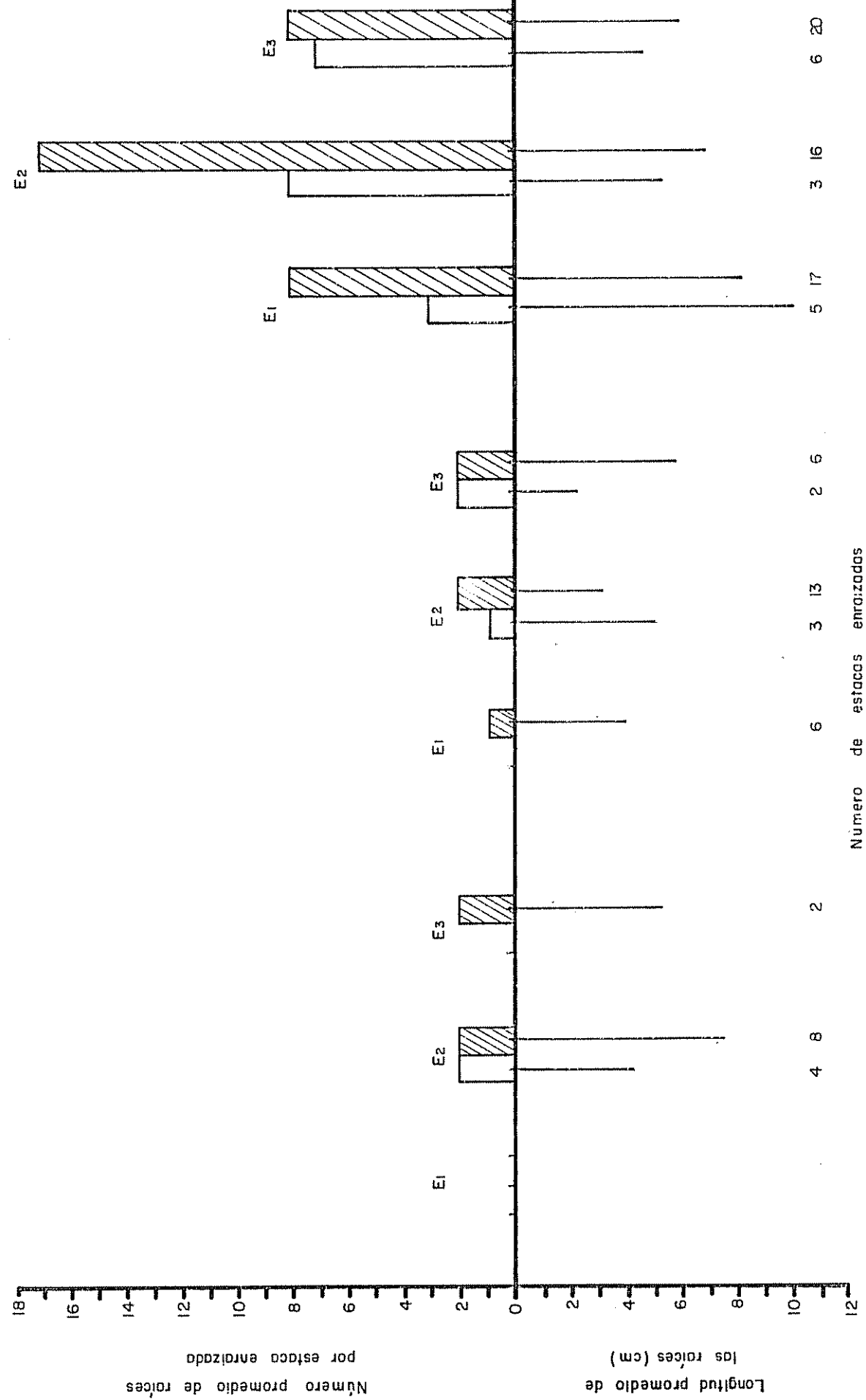


Fig. 8 Número promedio y longitud promedio de raíces en las estacas enraizadas

Las interacciones entre tipos de estacas (E_1 , E_2 y E_3) y niveles estimulantes de enraizamiento (N_1 y N_2), presentaron numéricamente los siguientes resultados (Fig. 7 y Cuadro A2):

a. En estacas apicales (E_1):

No enraizó ninguna, ni de las tratadas con "Rootone-F" (N_2) ni de las testigo (N_1).

b. En estacas sub-apicales (E_2):

- De 32 estacas testigo (N_1), enraizó el 12,5 por ciento. Cada estaca enraizada tuvo dos raíces en promedio, y la longitud promedio de raíces fue de 4,2 cm.

Las estacas con raíces presentaban una hoja en promedio*.

- En 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (N_2), la tasa de enraizamiento aumentó a 25 por ciento. Las estacas enraizadas tenían dos raíces en promedio, con una longitud media de 7,6 cm. Tenían 1,5 hojas en promedio.

c. En estacas basales (E_3):

- En 32 estacas de N_1 no hubo enraizamiento.

- De 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (N_2), el enraizamiento fue de 6,3 por ciento, y estas estacas tuvieron en promedio dos raíces, con 5,3 cm de longitud.

Las estacas enraizadas presentaban una hoja, promedio.

Para ilustración, véanse Figuras 8 y 9.

* La información sobre hojas sólo es ilustrativa.

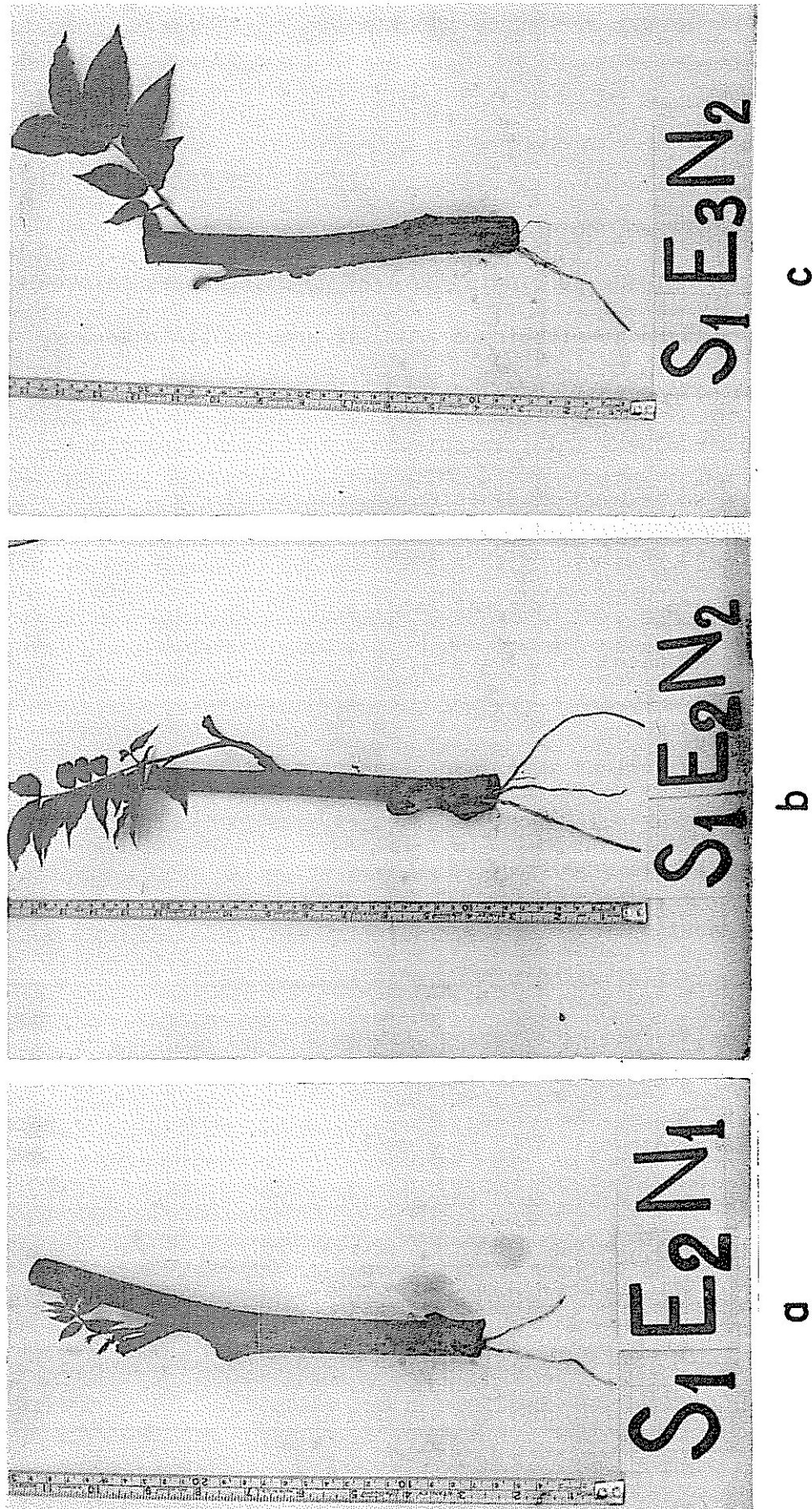


Fig. 9 a) Estaca sub-apical sin tratamiento, enraizada doce semanas después de plantada.
 b) Estaca sub-apical tratada con "Rootone-F", enraizada a las doce semanas.
 c) Estaca basal tratada con "Rootone-F" enraizada a las doce semanas

4.2.1.2 Tabebuia rosea

A las doce semanas se extrajeron las 192 estacas de esta especie; se encontró un 15,6 por ciento de enraizamiento total (Fig. 6 y Cuadro A1, columna 3). Las combinaciones entre tipos de estacas y niveles estimulantes de enraizamiento, ocasionaron en esta especie los siguientes resultados porcentuales (Fig. 7 y Cuadro A2):

a. En estacas apicales (E_1):

- De 32 estacas testigo (H_1), no enraizó ninguna.
- De 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (H_2), enraizó un 18,8 por ciento. Presentaron una raíz de 4 cm de longitud, en promedio.

Las estacas enraizadas tenían tres hojas, en promedio.

b. En estacas sub-apicales (E_2):

- De 32 estacas testigo (H_1), la tasa de enraizamiento fue de 9,4 por ciento. Las estacas enraizadas tuvieron una raíz de 5,1 cm de largo, en promedio.

En promedio, presentaban tres hojas.

- Sobre 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (H_2), la tasa de enraizamiento se incrementó considerablemente a 40,6 por ciento. Los propágulos enraizados presentaron dos raíces de 3,2 cm de longitud, en promedio.

Presentaban seis hojas, en número promedio.

c. En estacas basales (E_3):

- De 32 estacas testigo (H_1), enraizaron un 6,3 por ciento

y estas estacas presentaron dos raíces de 2,3 cm de longitud, en promedio.

Una estaca enraizada tenía en promedio, cuatro hojas.

- Sobre 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (H_2), la tasa de enraizamiento aumentó a 18,8 por ciento. Estas estacas tenían dos raíces en promedio y la longitud media de las raíces era de 5,8 cm.

Las estacas enraizadas presentaban cinco hojas en promedio. Para ilustración, véase las Figs. 8 y 10.

4.2.1.3 Toona ciliata var. australis

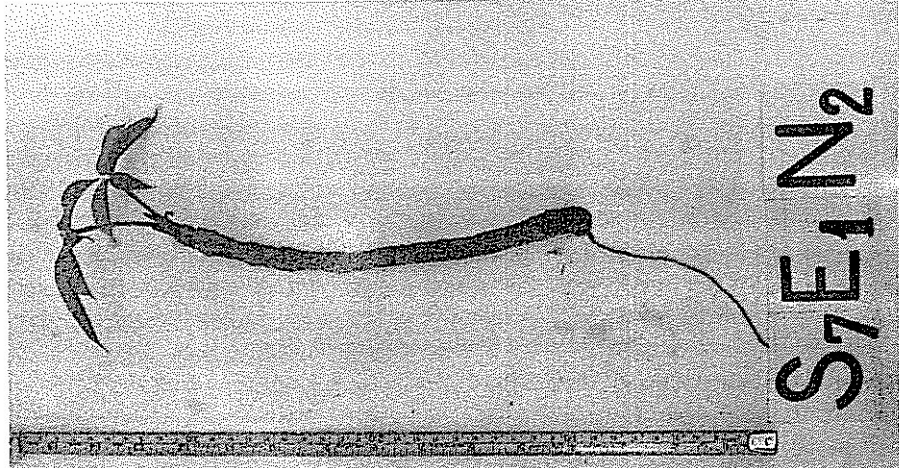
Doce semanas después de plantadas, se extrajeron y observaron las 192 estacas de esta especie. Se encontró que habían enraizado en un 33,9 por ciento; siendo ésta la más alta tasa entre las tres especies enraizadas en este ensayo (Fig. 6 y Cuadro A1, columna 3).

Todas las interacciones entre tipos de estacas (E_1 , E_2 y E_3) y niveles estimuladores de enraizado (H_1 y H_2) en esta especie, tuvieron buen éxito y presentaron altos porcentajes de enraizamiento (Fig. 7 y Cuadro A2).

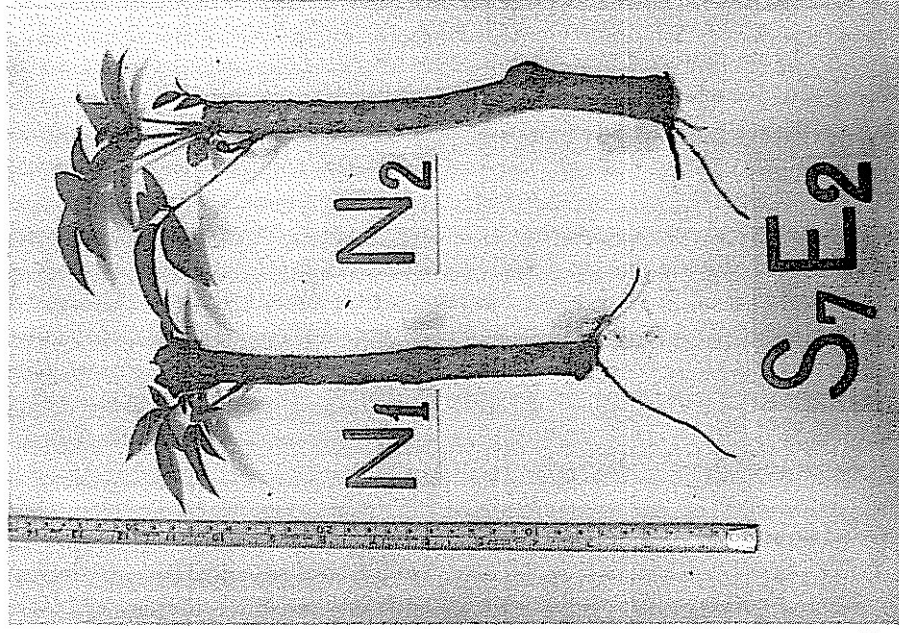
a. En estacas aplicales (E_1):

- De 32 estacas testigo (H_1), enraizó el 15,6 por ciento. Las enraizadas presentaron en promedio tres raíces de 10,1 cm de longitud.

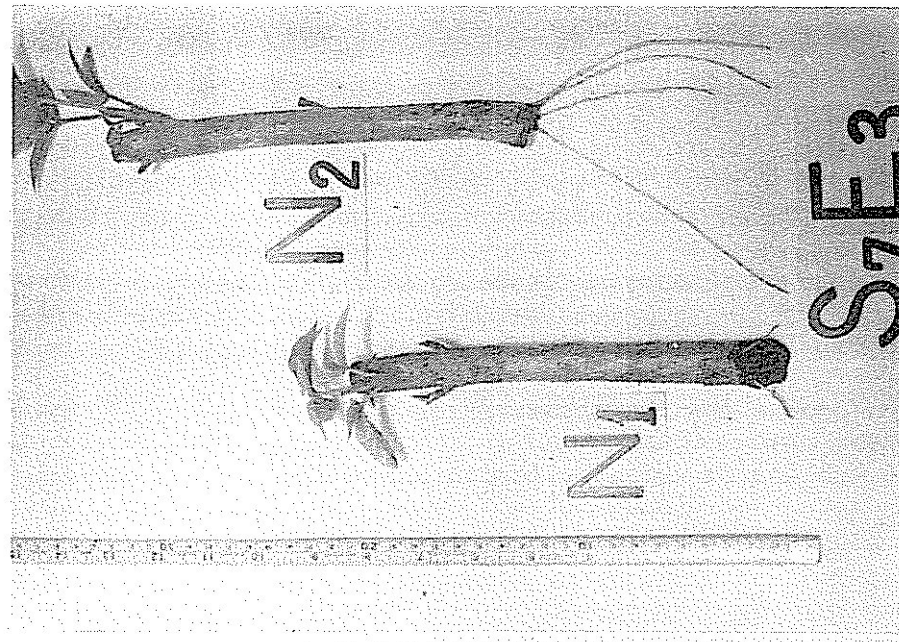
Las estacas con raíces presentaban tres hojas, en promedio.



a



b



c

S7: Tabebuia rosea

Fig. 10 a) Estaca apical tratada con "Rootone-F", enraizada doce semanas después de plantada.
 b) Estacas sub-apicales : testigo (N1) y con "Rootone-F" (N2), enraizadas a las doce semanas.
 c) Estacas basales : testigo (N1) y con "Rootone-F" (N2), enraizadas a las doce semanas.

- Sobre 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (H_2), la tasa de enraizamiento se incrementó a 53,13 por ciento. También aumentó el promedio de raíces por estaca enraizada a ocho raíces, y la longitud promedio de las raíces fue de 8,2 cm. Estas estacas enraizadas presentaban cuatro hojas, en promedio.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - De 32 estacas testigo (H_1) el enraizamiento fue de un 9,4 por ciento. El promedio de raíces por estaca enraizada fue de ocho y la longitud promedio de una raíz resultó de 5,4 cm. El número promedio de hojas por estaca enraizada, estaba en ocho.
 - De 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (H_2), la tasa de enraizamiento tuvo considerable aumento hasta 50 por ciento. Estas estacas enraizadas presentaron en promedio, el mayor número de raíces obtenido en este ensayo (17 raíces), siendo 7 cm su longitud promedio. En las estacas enraizadas se encontraba un número promedio de tres hojas.
- e. En estacas basales (E_3):
 - De 32 estacas plantadas como testigo (H_1), enraizó un 18,8 por ciento. Se encontró un promedio de raíces

por estaca enraizada de siete y una longitud promedio de 4,8 cm en las raíces.

Se encontraba un número promedio de tres hojas en las estacas que enraizaron.

- En las 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (I_2), se alcanzó la más alta tasa de enraizamiento (62,5%) en la especie y entre especies enraizadas en este ensayo.

También presentaron importantes promedios: de ocho raíces por cada estaca enraizada y de 6,1 cm de longitud de las raíces.

Estas estacas enraizadas presentaban en promedio, seis hojas.

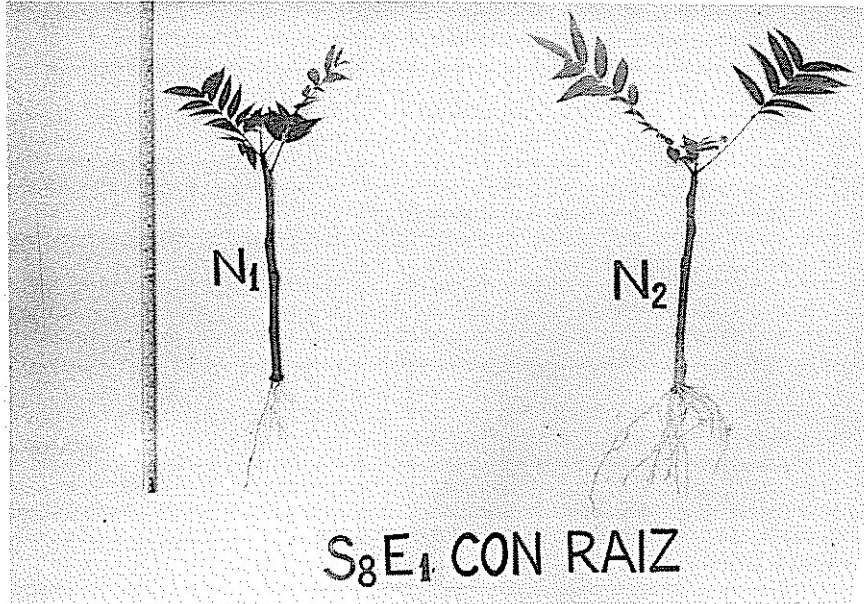
Para ilustración, véase las Figs. 8 y 11.

4.2.2 Latencia

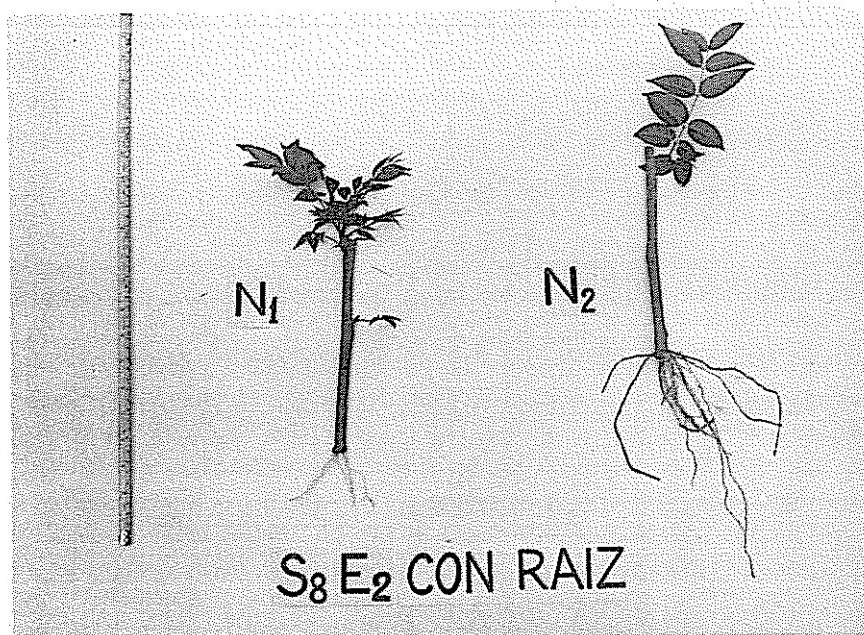
En la Fig. 6 y en la columna 2 del Cuadro A1, se presentan resultados globales de las estacas que se encontraban latentes al momento de observarlas, doce semanas después de plantadas.

Esta categoría de observaciones se basa en los estados fisiológicos de la estaca que antecedieron a la emisión de sus raíces. Comprende estacas sin callo y estacas con callo, que se presentan en datos por aparte con el fin de detallar más la marcha del proceso.

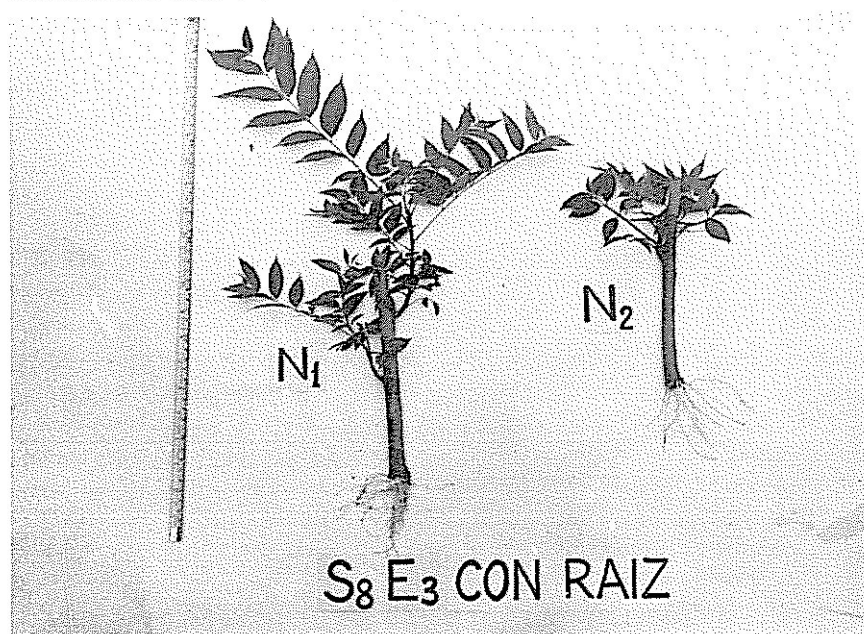
En uno u otro estado, o en los dos estados de esta categoría, fueron encontradas estacas de las ocho especies estudiadas, en cantidades



- a) Estacas apicales testigo (N_1) y con "Rootone-F" (N_2), enraizadas doce semanas después de plantadas



- b) Estacas subapicales : testigo (N_1) , con "Rootone-F" (N_2) enraizadas doce semanas después de plantadas



- c) Estacas basales testigo (N_1) y con "Rootone-F" (N_2), enraizadas doce semanas después de plantadas

variables comprendidas en amplio margen de diferencia: entre 3,1 por ciento y 56,3 por ciento para estacas sin callo, y entre 6,3 y 71,9 por ciento para estacas con callo. Cada porcentaje calculado sobre 32 estacas plantadas, fue encontrado en cada una de las interacciones de tipos de estacas (E_1 , E_2 y E_3) con niveles estimulantes de enraizamiento (N_1 y N_2), para cada especie estudiada (Fig. 12 y Cuadro A3).

4.2.2.1 Acrocarpus fraxinifolius

Sobre las 192 estacas de la especie, a las doce semanas se encontró en total un 46,4 por ciento de latencia, del cual un 34,4 por ciento correspondía a estacas con callo y un 12 por ciento a estacas sin callo (Cuadro 3 y Fig. 6).

En las interacciones entre E_1 , E_2 y E_3 con N_1 y N_2 , se hallaron resultados que expresados porcentualmente (Cuadro A3), son:

- a. En estacas apicales (E_1):
 - De 32 estacas testigo (N_1), el 37,5 por ciento estaba en latencia y no presentaban ninguna hoja.
 - De 32 estacas tratadas con "Rootone-F" (N_2), el 28,1 por ciento se encontraba en dicho estado, y tampoco presentaban hoja alguna.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - De 32 estacas a N_1 , se encontró 50 por ciento en latencia y presentaban una hoja, en promedio.
 - De 32 estacas a N_2 , el 37,5 por ciento estuvo en latencia, presentando dos hojas, promedio.

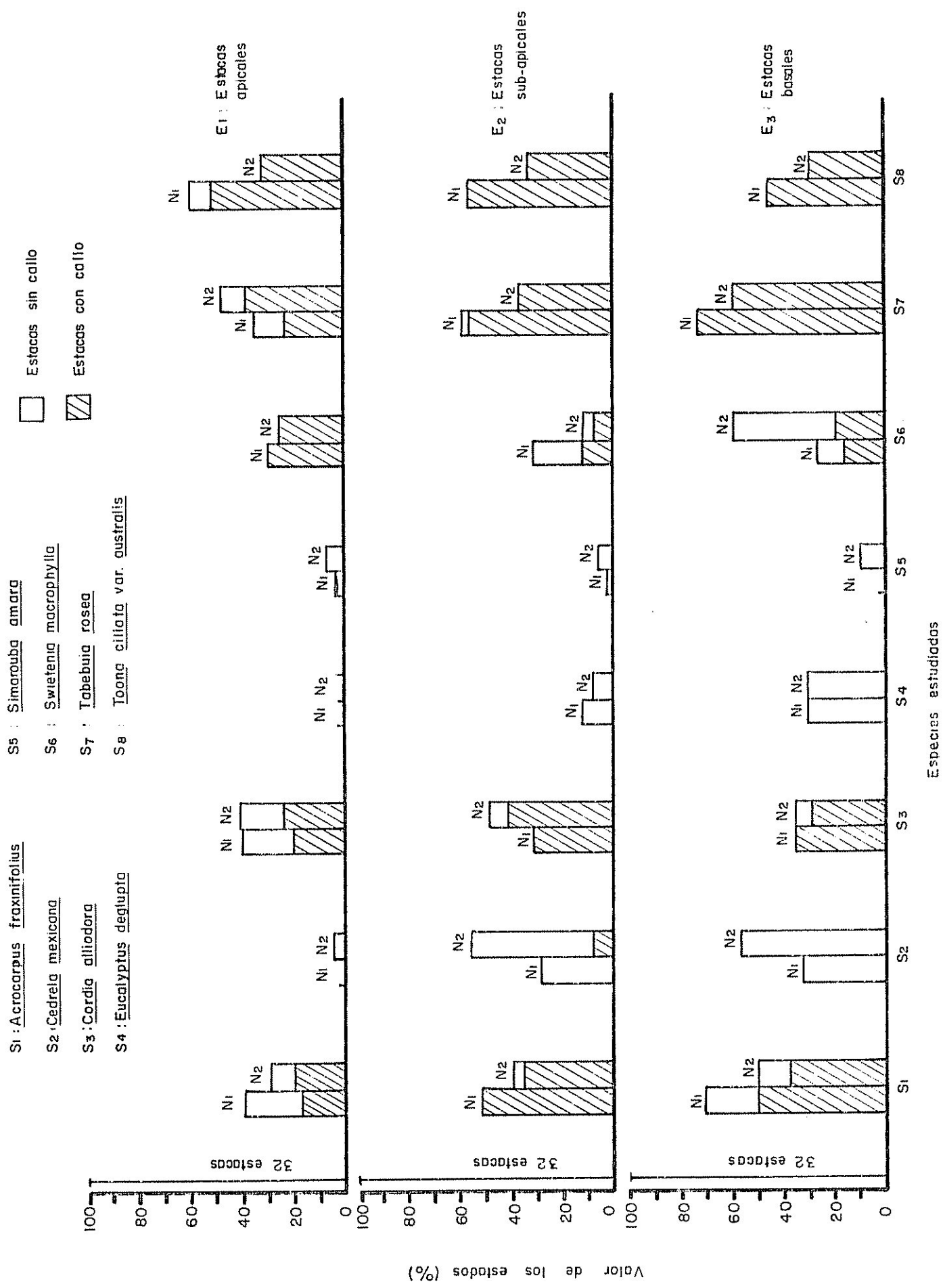


Fig. 12 Estado de las estacas (antes, doce semanas después de plantadas)

c. En estacas basales (E_3):

- De 32 estacas a N_1 , el 75 por ciento correspondió a estacas latentes. Presentaban dos hojas en promedio.

Este tipo de estacas a este nivel (testigo) fue el que arrojó el más alto porcentaje en esta categoría de observaciones, tanto en la especie como entre las ocho especies ensayadas. El 50 por ciento de las estacas plantadas se encontraba con callos y el 25 por ciento sin callos (Cuadro A3).

- De 32 estacas a N_2 , el 50 por ciento estuvo en latencia, presentando una hoja en promedio.

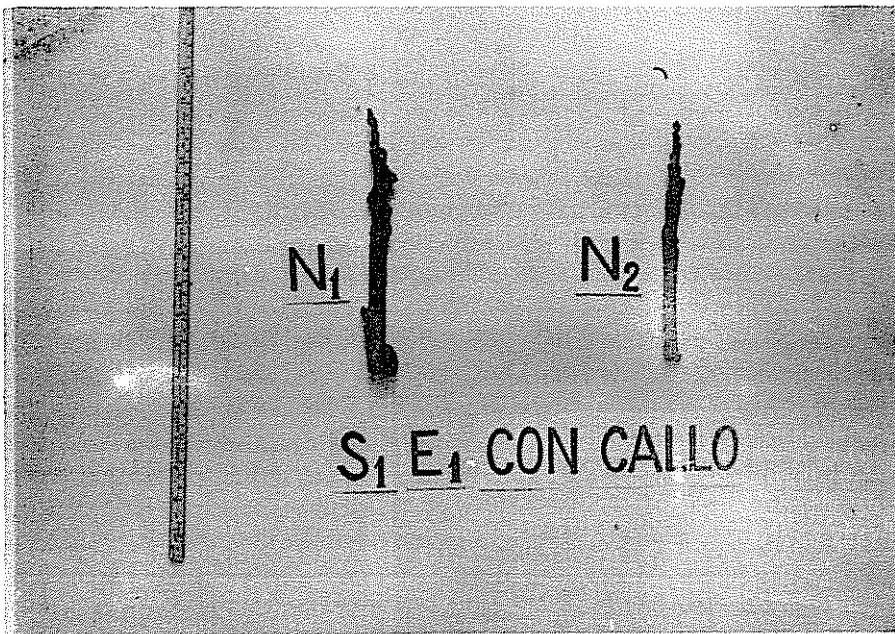
Véase la Fig. 13.

4.2.2.2 Cedrela mexicana

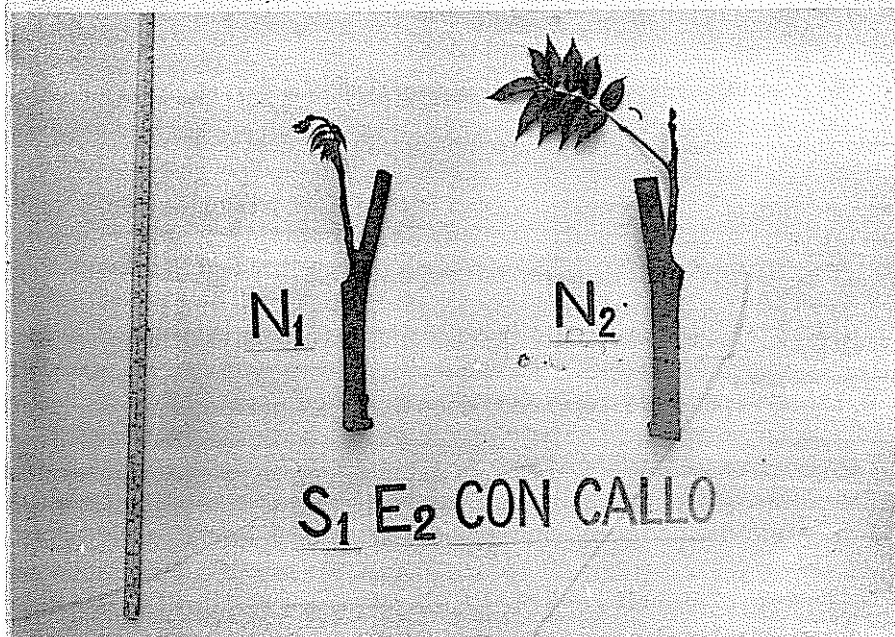
Del total de 192, hubo un 28,6 por ciento de estacas sin callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

En los tres tipos de estacas a los dos niveles estimulantes de enraizamiento (sin y con "Rootone-F"), a las doce semanas sólo habían estacas sin callo, en porcentajes que sobre 32 estacas estuvieron entre 3,1 y 56,3 por ciento (Cuadro A3). En ese momento, las estacas habían perdido todas sus hojas, que originadas en yemas dormidas, estuvieron presentes hasta la sexta semana del período.

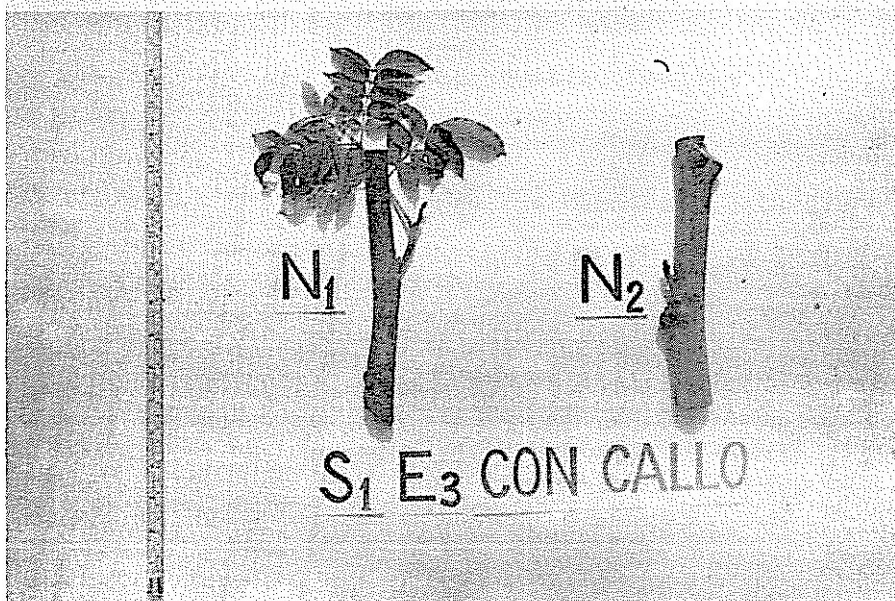
Fig. 13



a) Estacas apicales
testigo (N_1) y con
"Rootone-F" (N_2) en
latencia, doce
semanas después
de plantadas



b) Estacas sub-apicales:
testigo (N_1) y con
"Rootone-F" (N_2) en
latencia, doce
semanas después
de plantadas



c) Estacas basales:
testigo (N_1) y con
"Rootone-F" (N_2) en
latencia doce
semanas después
de
plantadas

4.2.2.3 Cordia alliodora

De 192 estacas de esta especie, estaban en latencia el 37 por ciento de ellas, correspondiendo 7,8 por ciento a sin callo y 29,2 por ciento a callosidad (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Al observar las 32 estacas de cada tipo a cada uno de los dos niveles estimulantes de enraizamiento, se encontraron los siguientes porcentajes (Cuadro A3):

- a. En estacas aplicales (E_1):
 - En las estacas testigo había 37,5 por ciento en latencia, sin presentar ninguna hoja.
 - En las estacas tratadas con "Rootone-F", también había 37,5 por ciento en latencia, presentando tres hojas en promedio.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - Las estacas testigo presentaron 31,3 por ciento de estacas con callo, con cuatro hojas en promedio.
 - Las tratadas con "Rootone-F" presentaban 46,9 por ciento de estacas latentes; tenían cinco hojas.
- c. En estacas basales (E_3):
 - Las estacas testigo tenían 34,4 por ciento de estacas con callo; presentaban cinco hojas en promedio.
 - Las estacas con "Rootone-F" también tenían 34,4 por ciento de estacas latentes, y el promedio de hojas por estaca era de seis.

4.2.2.4 Eucalyptus deglupta

Sobre el total de 192 estacas, la latencia sólo llegó a 14,1 por ciento, correspondiente a estacas sin callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Al momento de tomar estos datos (doce semanas), todas las estacas de la especie habían perdido los brotes foliares originados en yemas desde la segunda hasta la sexta semana del ciclo. A partir de la séptima semana, sobrevino rápida destrucción de corteza y de meristemas en todas las estacas, y en consecuencia, una alta mortalidad.

Observando las 32 estacas de cada tipo a cada uno de los dos niveles, se halló los siguientes resultados (Cuadro A3), en porcentajes:

- a. En estacas apicales (E_1):
 - A N_1 y a N_2 , a las doce semanas, todas las estacas estaban muertas.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - En las estacas testigo, había 12,5 por ciento en estado de latencia, sin callo.
 - En las estacas con "Rootone-F", se encontró sólo 9,4 por ciento en estado de latencia, sin callo (menor tasa en la especie).
- c. En estacas basales (E_3):
 - De 32 estacas testigo, el 31,3 por ciento presentaron estado de latencia, sin callo.
 - De 32 estacas tratadas con "Rootone-F", también el

31,3 por ciento se encontraba en estado de latencia, sin callo.

4.2.2.5 Simarouba amara

De las 192 estacas de esta especie, el estado de latencia fue el más bajo en las ocho especies de este ensayo; llegó sólo a 4,7 por ciento con base a estacas sin callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Evaluando las 32 estacas de cada tipo a cada nivel estimulante de enraizamiento, se determinaron resultados porcentuales (Cuadro A3):

- a. En estacas apicales (E_1):
 - En las estacas a N_1 había sólo 3,1 por ciento de estacas sin callo; sin hojas.
 - En las estacas a N_2 el número de estacas sin callo aumentó a 6,2 por ciento. Sin hoja alguna.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - En estacas a N_1 se encontró un 3,1 por ciento de estacas sin callo. Presentaban una hoja en promedio.
 - En las estacas a N_2 se encontró 6,2 por ciento de estacas sin callo. Sin hojas.
- c. En estacas basales (E_3):
 - Las estacas a N_1 , no presentaron ninguna forma de latencia. Hubo total mortalidad.
 - Las estacas a N_2 , presentaron un 9,4 por ciento de estacas sin callo. Sin hojas.

Varias estacas sub-apicales (E_2) y basales (E_3) a N_1 y a N_2 (sin

y con "Rootone-F") emitieron hojas a partir de la quinta semana del ciclo para ir perdiéndolas casi a todas hacia el final del mismo (12 semanas). Se observó fuerte pudrición y muerte de corteza y meristemas en la estaca.

4.2.2.6 Swietenia macrophylla

De 192 estacas de esta especie, se encontró un 30 por ciento de estacas latentes, correspondiendo 12 por ciento a estacas sin callo y 18,2 por ciento a estacas con callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Se observó en la mayoría de estacas de los tres tipos a los dos niveles estimulantes de enraizamiento, que a partir de la segunda semana del ciclo, las yemas emitieron hojas que se mantuvieron bien hasta más o menos la octava semana. Hacia la novena semana, las hojas se debilitaron y comenzaron a desprenderse de la estaca, llegando al final del ciclo a encontrárseles en número reducido insertadas en el propágulo. Simultáneamente, se observó podredumbre de corteza y también de tejidos cicatriciales en muchas estacas.

Al evaluar las 32 estacas de cada tipo a cada uno de los dos niveles estimulantes, se encontró resultados (Cuadro A3), que en porcentajes, con:

- a. En estacas aplicales (F_1):
 - En las estacas testigo había 28,1 por ciento de estacas con callo. Presentaban dos hojas en promedio.

- En las estacas con "Rootone-F", la tasa de estacas con callo fue de 25 por ciento. Sin hoja alguna.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
- Las estacas testigo presentaban un 31,3 por ciento de estacas latentes (sin y con callo). Con una hoja en promedio.
 - Las estacas tratadas con "Rootone-F", presentaron un 12,5 por ciento de estacas latentes. Sin hoja alguna.
- c. En estacas basales (E_3):
- Las estacas a H_1 tenían un 25 por ciento de estacas entre sin callo y con callo. Sin ninguna hoja.
 - Las estacas a H_2 , presentaron un alto porcentaje (59,4%) de estacas latentes, correspondiendo 40,6 por ciento a estacas sin callo y 18,8 por ciento a estacas con callo. En este momento (doce semanas), las estacas terminaban de defoliarse.

4.2.2.7 Tabebuia rosea

Sobre 192 estacas, la latencia fue encontrada en 51,1 por ciento de estacas. Esta es la más alta tasa para esta categoría de observaciones dentro de las ocho especies ensayadas. De ese total, la mayoría (46,9%) corresponde a estacas con callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Observando las 32 estacas correspondientes a cada tipo (E_1 , E_2 y E_3) a cada uno de los dos niveles (H_1 y H_2), los resultados hallados,

en % (Cuadro A3), son los siguientes:

- a. En estacas apicales (E_1):
 - Las testigo presentaron 34,4 por ciento de estacas sin callo y con callo. Tenían en promedio una hoja.
 - Las tratadas con "Rootone-F" tenían 46,9 por ciento en total de estacas sin callo y estacas con callo. Presentaban un promedio de dos hojas.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - En las testigo se encontró un 59,4 por ciento de estacas sin callo y estacas con callo. Estas estacas en latencia tenían tres hojas en promedio.
 - En las tratadas con "Rootone-F" había un 37,5 por ciento correspondiente a estacas con callo. Presentaban seis hojas en promedio.
- c. En estacas basales (E_3):
 - Las testigo presentaron 71,9 por ciento de estacas con callo. Esta es la más alta tasa para estacas en latencia de esta especie. Estas estacas con callo tenían un promedio de cuatro hojas.

Se observó una abundante producción de tejido cicatricial y enraizamiento de estacas en esta especie. La sección enterrada de la estaca presentaba callosidades blanquecinas delgadas y longitudinales, formadas sobre rupturas en la corteza, previamente producidas. Las raíces

se iniciaron y desarrollaron en estas formaciones callosas.

Véase la Fig. 14.

4.2.2.8 Toona ciliata var. australis

De 192 estacas plantadas, el 42,2 por ciento de ellas estaba en latencia, correspondiendo el 40,6 por ciento a estacas con callo y sólo un 1,6 por ciento a estacas sin callo (Fig. 6 y columna 2 del Cuadro A1).

Sobre 32 estacas de cada uno de los tres tipos (E_1 , E_2 y E_3) a cada nivel (i_1 y i_2) se hallaron resultados (Cuadro A3), que en % son:

- a. En estacas apicales (E_1):
 - Las testigo presentaron 59,4 por ciento de estacas latentes, siendo la mayoría (50%) de estacas con callo y un 9,4 por ciento de estacas sin callo. Tienen dos hojas en promedio.
 - Las tratadas con el estimulador "Rootone-F", tenían 31,3 por ciento de estacas con callo. Presentaban cuatro hojas en promedio.
- b. En estacas sub-apicales (E_2):
 - En estacas testigo (i_1) se encontró un 56,3 por ciento de estacas con callos. Con cuatro hojas en promedio.
 - En estacas tratadas con "Rootone-F" (i_2), la tasa de estacas con callo bajó a 34,4 por ciento.

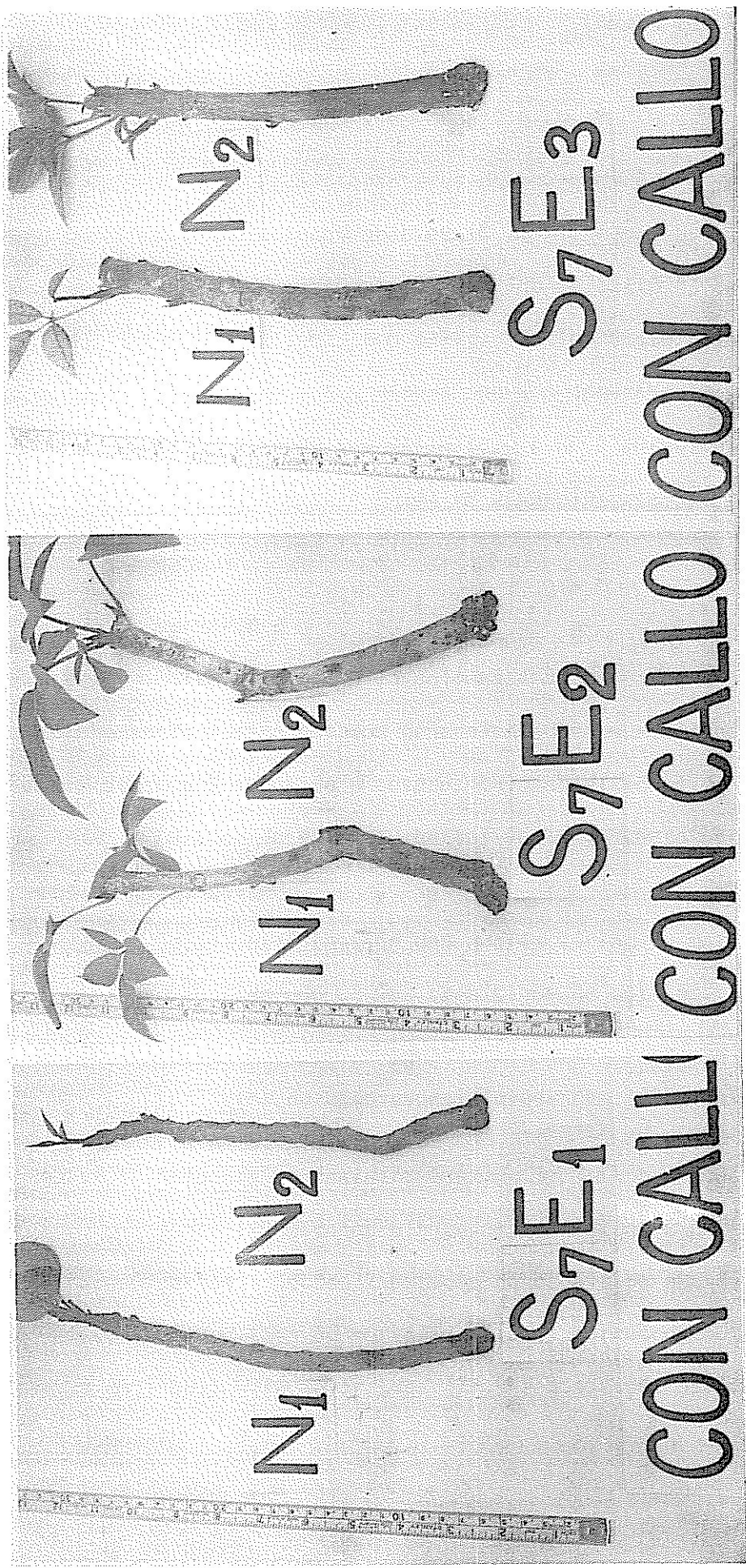


Fig. 14 a) Estacas apicales : testigo N₁ y con "Rootone - F" (N₂) en latencia

b) Estacas sub-apicales : testigo (N₁) y con "Rootone - F" (N₂) en latencia

c) Estacas basales : testigo (N₁) y con "Rootone - F" (N₂) en latencia. Doce semanas después de plantadas

Presentaban tres hojas, promedio.

c. En estacas basales (E_3):

- En las estacas testigo se halló 43,8 por ciento de estacas con callo. Tenían nueve hojas en promedio.
- En las tratadas con "Rootone-F", la cantidad de estacas con callo bajó a 28,1 por ciento. Presentaban seis hojas en promedio.

Véase la Fig. 15.

4.2.3 Mortalidad

En la Fig. 6, en la columna 1 del Cuadro A1 y en el Cuadro A3, se presentan los resultados generales sobre mortalidad de las estacas, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero.

La tasa de estacas muertas varió de una a otra de las ocho especies ensayadas.

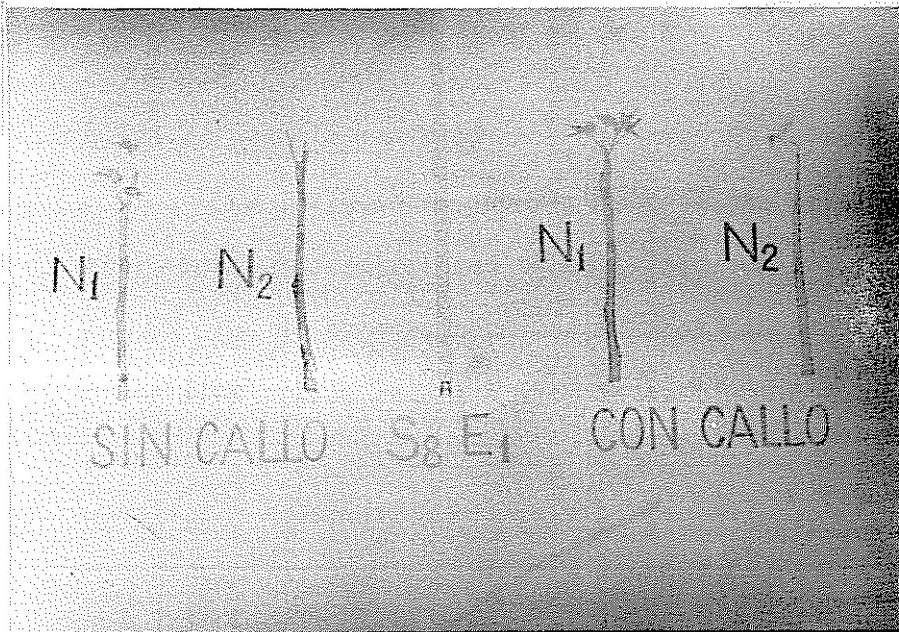
Se encontró también una amplia variación entre las tasas de mortalidad en cada uno de los tres tipos de estacas, a los dos niveles estimulantes de enraizamiento (Cuadro A3).

Los datos de cada especie presentan los siguientes resultados:

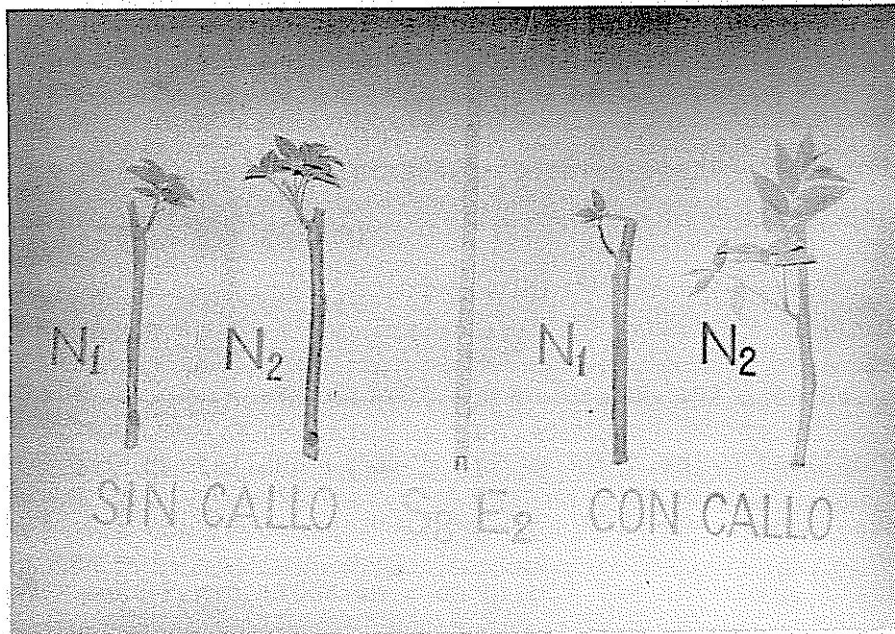
4.2.3.1 Acrocarpus fraxinifolius

Sobre 192 estacas plantadas, se encontró un 46,3 por ciento de estacas muertas. Sobre 32 estacas de cada tipo a cada uno de los dos niveles, la menor tasa de mortalidad (25%) correspondió a estacas basales testigo (E_3N_1) y la mayor tasa (71,9%) a estacas aplicales tratadas con "Rootone-F" (E_1N_2).

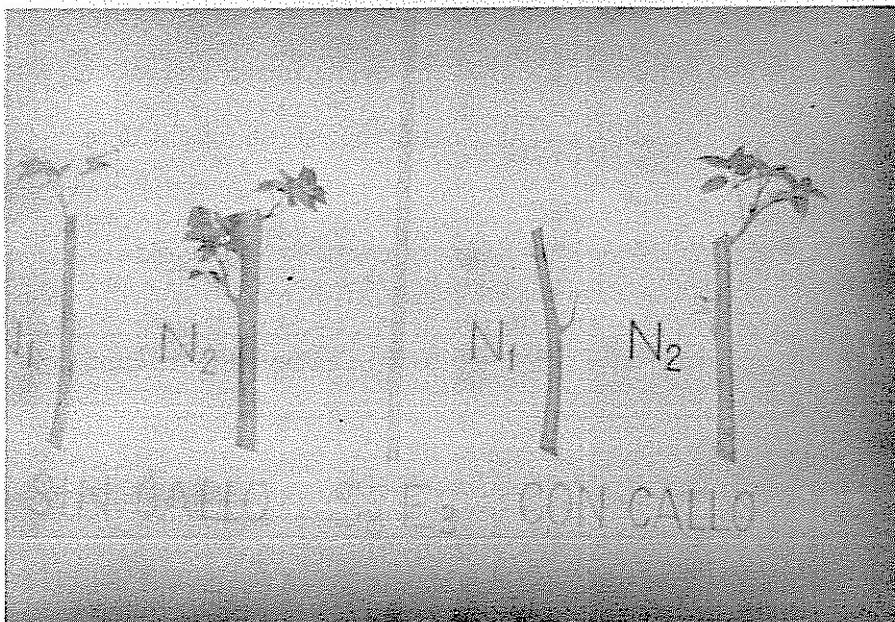
Fig. 15



a) Estacas apicales : testigos (N₁) y con "Rootone-F" (N₂) en latencia, doce semanas después de plantadas.



b) Estacas sub-apicales : testigos (N₁) y con "Rootone-F" (N₂) en latencia, doce semanas después de plantadas.



c) Estacas basales : testigos (N₁) y con "Rootone-F" (N₂) en latencia, doce semanas después de plantadas.

4.2.3.2 Cedrela mexicana

De 192 estacas, el 71,4 por ciento de ellas estuvieron muertas. Sobre las 32 estacas de cada interacción, la menor mortalidad (43,8%) fue de estacas basales tratadas con "Rootone-F" (E_3N_2), y la mayor (100%), fue de las aplicales testigo (E_1N_1). La mortalidad se presentó en las estacas, desde la séptima semana del ciclo, con caída de hojas y pudrición de la corteza y meristemas.

4.2.3.3 Cordia alliodora

Sobre 192 estacas, hubo 63 por ciento de estacas muertas. Sobre 32 estacas, las sub-apicales con "Rootone-F" (E_2N_2) murieron menos (53,1%) y las estacas sub-apicales testigo (E_2N_1) tuvieron la mayor mortalidad (68,8%).

4.2.3.4 Eucalyptus deglupta

Murió el 85,9 por ciento de 192 estacas. De 32 estacas, la menor mortalidad se encontró en las basales testigo (E_3N_1) y en las basales con "Rootone-F" (E_3N_2) con 68,8 por ciento cada grupo; y murieron totalmente (100% en cada grupo) las aplicales testigo (E_1N_1) y las tratadas con "Rootone-F" (E_1N_2). Desde la séptima semana del ciclo ocurrió una general mortalidad de estacas con caída de las hojas y mucha pudrición de la corteza.

4.2.3.5 Simarouba amara

Arrojó la más altas tasas de mortalidad entre las ocho especies ensayadas. Murió el 95,3 por ciento de las 192 estacas plantadas.

Sobre 32 estacas de cada interacción la menor tasa de mortalidad (90,6%) fue de las basales con "Rootone-F" (E_3N_2) y la mayor tasa (100%) fue de las basales testigo (E_3N_1).

Desde la sexta semana del ciclo, se presentó y aumentó gradualmente una casi general mortalidad de las estacas, con caída de los brotes foliares y con pudrición de corteza y meristemas.

4.2.3.6 Swietenia macrophylla

De las 192 estacas plantadas, el 9,8 por ciento fue de estacas muertas. Sobre las 32 estacas, la menor tasa de mortalidad se presentó con 40,6 por ciento en la interacción E_3N_2 (estacas basales con "Rootone-F"), correspondiendo la mayor tasa (87,5%) a las estacas sub-apicales con "Rootone-F" (E_2N_2).

Hacia la novena semana del ciclo empezó a producirse marchitamiento y caída de los brotes foliares, presentándose posteriormente una abundante pudrición de la corteza y de los callos (tejido cicatricial) formados en las estacas.

4.2.3.7 Tabebuia rosea

Presentó un 33,3 por ciento de estacas muertas, sobre las 192 plantadas. Sobre 32 estacas, el menor porcentaje de estacas muertas (21,9%) fue encontrado en los grupos de estacas sub-apicales con "Rootone-F" (E_2N_2) y de estacas basales testigo (E_3N_1); y el mayor porcentaje (65,6%) estuvo en las estacas apicales testigo (E_1N_1).

La mortalidad de las estacas sobrevino al presentarse pudrición de corteza y de tejido cicatricial.

4.2.3.8 Toona ciliata var. australis

Murieron sólo el 23,9 por ciento de las 192 estacas plantadas, siendo ésta la más baja tasa de mortalidad entre las ocho especies de este ensayo. En las 32 estacas de cada tipo a cada nivel estimulante, también se encontró los más bajos índices de mortalidad entre las ocho especies: el menor se presentó con 9,4 por ciento en estacas basales tratadas con "Rootone-F" (E_3N_2) y el mayor (37,5%) en las basales testigo (E_3N_1).

4.3 Influencia de "Rootone-F" en el enraizamiento

Comparando los resultados de estacas enraizadas y estacas en latencia consignados en el Cuadro A2 y en la columna 1 del Cuadro A3, para las especies Acrocarpus fraxinifolius, Tabebuia rosea y Toona ciliata var. australis, se observa que en casi todas las interacciones entre cada uno de los tres tipos de estacas (apicales, sub-apicales y basales) con cada nivel estimulante de enraizamiento (testigo y con "Rootone-F"), existió una importante relación entre la latencia de propágulos y la producción de raíces. El efecto estimulante del "Rootone-F" se presentó (comparado con el testigo) adelantando la producción de raíces y aumentando la tasa de enraizamiento en el mismo tipo de estacas y en un momento determinado, en las tres especies mencionadas.

4.4 Capacidad de enraizamiento de los tipos de estacas

En las tres especies enraizadas, cada uno de los tres tipos de estacas sin y con "Rootone-F" (Cuadro A2), mostró distinta habilidad

para emitir raíces.

Comparando las tasas de enraizamiento agrupadas por tipos de estacas y haciendo una evaluación cuantitativa general, resultó el siguiente orden de importancia en su capacidad para enraizar:

- 1° Estacas sub-apicales (E_2)
- 2° Estacas basales (E_3)
- 3° Estacas apicales (E_1)

Este orden se mantiene al comparar las características de número promedio de raíces por estaca y longitud promedio de las raíces (Fig. 3 y Cuadro A2), comprobándose en esta forma, la superioridad para el enraizamiento de las estacas sub-apicales en relación con los otros dos tipos.

4.5 Rendimiento de las especies enraizadas

Con base en la información de enraizamiento, latencia y mortalidad (Figs. 6 y 7 y Cuadros A1, A2 y A3), así como de las características cuantitativas y cualitativas de las raíces producidas por las estacas de las tres especies enraizadas, se puede cuantificar el rendimiento general de las especies relacionadas entre sí, resultando el siguiente orden de importancia:

- 1° Toona ciliata var. australis

Mayor número de estacas enraizadas; mayor número promedio de raíces por estaca enraizada y mayor longitud promedio de las raíces.

Menor número de estacas latentes.

Menor número de estacas muertas.

2° Tabebuia rosea

Mediano número de estacas enraizadas; mediano número promedio de raíces por estaca enraizada y mediana longitud promedio de las raíces.

Mayor número de estacas latentes.

Mediano número de estacas muertas.

3° Acrocarpus fraxinifolius

Menor número de estacas enraizadas; menor número promedio de raíces por estaca enraizada y menor longitud promedio de las raíces.

Mediano número de estacas latentes.

Mayor número de estacas muertas.

4.6 Análisis estadísticos

La información comprende tres criterios del comportamiento de las estacas: Enraizamiento, latencia y mortalidad.

La evaluación de la información obtenida doce semanas después de instalar el plantel de estacas, fue realizada por un análisis de varianza para las siguientes causas de variación: Especies Forestales, Tipos de Estacas, Niveles Estimulantes de Enraizamiento, y sus interacciones.

El análisis de varianza practicado según el modelo estadístico utilizado en este trabajo (Parcelas Divididas), arrojó los resultados que se presentan en el Cuadro 3.

Complementando el análisis de varianza en Estacas Enraizadas, a

Cuadro 3. Análisis de varianza (modelo para replicaciones, especies, tipos de estacas, niveles estimulantes, y sus interacciones) de tres comportamientos de estacas (enraizamiento, latencia y mortalidad).

Fuente de variación	Grados de libertad (n-1)	(1) Estacas enraizadas	(2) Estacas latentes	(3) Estacas muertas
Replicaciones (R)	3	1,25 N.S.	1,81 N.S.	1,30 N.S.
Especies (S)	7	24,63 **	4,30 **	5,95 **
Error (a)	21			
Tipos de estacas (E)	2	1,79 N.S.	5,85 **	6,67 **
E x S	14	0,26 N.S.	1,39 N.S.	0,77 N.S.
Error (b)	48			
Niveles estimulantes (N)	1	19,64 **	0,03 N.S.	2,63 N.S.
N x E	2	0,91 N.S.	0,13 N.S.	0,11 N.S.
N x S	7	5,55 **	0,70 N.S.	0,76 N.S.
N x E x S	14	0,09 N.S.	0,25 N.S.	0,34 N.S.
Error (c)	72			
TOTAL	191			

(1), (2) y (3) : Número de la columna.

N.S. : Estadísticamente no significativo al 5%

** : Estadísticamente significativo al 1%

efecto de individualizar las diferencias significativas entre promedios en pares de tratamientos, se llevó a cabo la prueba de rango múltiple (Duncan), cuyos resultados amplían los resultados de la prueba de F (Cuadro 4).

4.6.1 Estacas enraizadas

El análisis de varianza (Cuadro 3, columna 1) arroja resultados altamente significativos para especies forestales (S), para niveles estimulantes de enraizamiento (N) y también para la interacción N x S.

Con base en las tres especies enraizadas: Acrocarpus fraxinifolius (S_1), Tabebuia rosea (S_7) y Toona ciliata var. australis (S_8), se realizó la prueba de Duncan, cuyo resultado establece diferencia significativa sólo entre las especies S_8 y S_7 .

La prueba de Duncan para los niveles: estacas testigo (N_1) y estacas tratadas con "Rootone-F" (N_2), resultó en que N_2 es significativamente diferente de N_1 .

Dado que la interacción de especies (S) por niveles estimulantes de enraizamiento (N) resultó altamente significativa en el análisis de la varianza previo, la interpretación tenía que hacerse dando mayor importancia a esa interacción, que a los efectos principales N y S por separado. Por esta razón se efectuó la prueba de Duncan para N x S, de la cual resulta que la interacción especie Toona ciliata var. australis con el estimulador "Rootone-F" (S_8N_2) es significativamente diferente de la interacción especie Tabebuia rosea con el estimulador "Rootone-F" (S_7N_2).

Cuadro 4. Prueba de Duncan para la influencia de: a) especies forestales, b) niveles estimulantes de enraizamiento y c) interacciones, sobre el enraizamiento de estacas.

a) Especies forestales (S)	Enraizamiento de estacas (promedios)	
<u>Acrocarpus fraxinifolius</u> (S ₁)	0,07	^{1/}
<u>Tabebuia rosea</u> (S ₇)	0,16	
<u>Toona ciliata</u> var. <u>australis</u> (S ₈)	0,34	
b) Niveles estimulantes de enraizamiento (H)		
Estacas testigo (H ₁)	0,05	^{1/}
Estacas con 'Rootone-F' (H ₂)	0,30	
c) Interacciones (S x H)		
S ₁ H ₁	0,04	^{1/}
S ₇ H ₁	0,05	
S ₁ H ₂	0,10	
S ₈ H ₁	0,15	
S ₇ H ₂	0,26	
S ₈ H ₂	0,53	

^{1/} Los promedios unidos por una misma línea no difieren significativamente (5%) entre sí.

4.6.2 Estacas latentes

Del análisis de varianza practicado (Cuadro 3, columna 2) para este comportamiento de las estacas, se deduce que existe diferencia altamente significativa para la variable especies forestales (S) y para la variable tipos de estacas (E).

4.6.3 Estacas muertas

Así mismo, del correspondiente análisis de varianza para estacas muertas (Cuadro 3, columna 3), los resultados muestran diferencia altamente significativa también para las variables especies forestales (S) y tipos de estacas (E).

5. DISCUSION

5.1 Enraizamiento de estacas

En las especies enraizadas Toona ciliata var. australis, Tabebuia rosea y Acrocarpus fraxinifolius, la diferencia altamente significativa hallada en los análisis estadísticos, demuestra que el "Rootone-F" ejerce positiva influencia, estimulando y adelantando una mayor producción de raíces en las estacas tratadas, comparadas con las estacas testigo que también demuestran capacidad de enraizamiento. El método de tratamiento empleado se adapta al buen enraizamiento, principalmente en estacas sub-apicales, que presentaron mayor capacidad, y también en estacas basales, de las tres especies mencionadas.

Estacas apicales, sub-apicales y basales de Toona ciliata var. australis, tratadas o sin tratar, parecen ser muy capaces de enraizar cuando son preparadas a partir de árbol padre con unos cuatro años de edad. Las estacas obtenidas de árboles jóvenes arraigan más fácilmente que las obtenidas de árboles viejos, observándose que la capacidad de enraizamiento disminuye entre los años quinto y décimo de edad (52).

Un efecto importante del tratamiento con "Rootone-F" consistió en acelerar la emisión de raíces en los tres tipos de estacas de Toona ciliata var. australis, pero con resultados más ventajosos en la estaca del tipo basal. Esto, por un lado se adapta a que las estacas leñosas no tratadas con reguladores de crecimiento demoran mucho para enraizar (10), y por otro lado, lleva a considerar la posibilidad de que la mayor capacidad

de enraizado de la especie se manifieste en un determinado tipo de estacas, cuando éstas son tratadas con estimuladores de enraizamiento en polvo.

Las estacas de los tipos apical, sub-apical y basal de Tabebuia rosea, tratadas o sin tratar, se comportan altamente posibles de enraizar doce semanas después de plantadas; mostrando un adelanto y una mayor producción de raíces cuando son tratadas con "Rootone-F".

En este trabajo se emplearon estacas de árboles defoliados de Tabebuia rosea (Cuadro 1) en un período de reposo próximo a terminar y por entrar en un nuevo período de actividad vegetativa. García (19) opina que este período de reposo vegetativo del árbol, es probablemente un factor contrario al enraizado de estacas, diez semanas después de plantadas. Los presentes resultados contrastan esa opinión y revelan alta capacidad de enraizamiento de las estacas en esta especie. A este respecto, Hartmann y Kester (22) y Haundorf (38) señalan que el estado fisiológico del árbol y la época de recolección de estacas, son factores influyentes sobre el enraizamiento cuando se emplean reguladores de crecimiento vegetal, y que cada especie tiene su época óptima para el estacado.

El hecho de que las estacas sub-apicales con y sin "Rootone-F" y basales con "Rootone-F" de Acrocarpus fraxinifolius presentaron incipiente enraizado doce semanas después de plantadas, en este trabajo, y de que García (19), a las diez semanas encontró callosidades en estacas del

centro de la rama; indican que los propágulos, principalmente sub-apicales, tomados del tercio superior de copa de árbol joven, podrían alcanzar buen enraizamiento cuando se de mayor duración al estacado y se use "Rootone-F".

5.2 Latencia de estacas

El buen comportamiento vegetativo de estacas de Cedrela mexicana, Cordia alliodora y Swietenia macrophylla durante ocho semanas, la presencia de algunos propágulos con callo (principalmente sub-apicales) a las doce semanas, así como la alta significancia obtenida del análisis estadístico respectivo, señalan una posibilidad de enraizamiento en las tres especies, siempre que el estacado sea de mayor duración y en presencia de adecuadas condiciones de medio ambiente. Acosta-Solís (1), Burgos (5) y De Vastey (47), reportan éxitos alcanzados al enraizar estacas de estas tres especies.

5.3 Mortalidad de estacas

Las variaciones de condiciones de temperatura y humedad relativa así como un lento drenaje del substrato de enraizamiento, ocurridas en el último tercio del ciclo, ocasionaron mortalidad de propágulos de las ocho especies ensayadas, con diferencias altamente significativas entre especies (Cuadro 3) y con las más altas tasas en Simarouba amara y Eucalyptus deglupta (Cuadros A1 y A3), manifestándose por desecamiento, marchitamiento y muerte con pudrición de corteza y meristemas de estacas.

Parace ser que bajo condiciones de invernadero, las estacas apicales presentaron mayor tendencia a la mortalidad, disminuyendo en las sub-apicales y basales. El análisis estadístico para tipos de estacas (Cuadro 3) arroja diferencias altamente significativas, tanto en Simarouba amara y Eucalyptus deglupta, como en las restantes especies estudiadas.

6. CONCLUSIONES

1. Las especies Toona ciliata var. australis, Tabebuia rosea y Acrocarpus fraxinifolius, pueden propagarse por estacas del tercio superior de la copa, bajo condiciones de invernadero.
2. En las mismas tres especies, las estacas sub-apicales presentan mayor capacidad de enraizamiento. Les siguen las estacas basales y las estacas apicales.
3. En estas tres especies, el fitorregulador en polvo "Rootone-F" influye estimulando y adelantando una mayor producción de raíces en las estacas tratadas, comparadas con sus testigos.
4. Toona ciliata var. australis, posee buena aptitud para propagarse desde estacas del tercio superior de copa de árbol padre joven, tratadas antes de la plantación.
5. Tabebuia rosea es capaz de enraizar estacas apicales, sub-apicales y basales con o sin tratamiento, tomadas del tercio superior de la copa de árbol defoliado, en período de reposo próximo a terminar para reingresar en actividad vegetativa.
6. Cedrela mexicana, Cordia alliodora y Swietenia macrophylla podrían enraizar, siempre que el estacado dure más de doce semanas, en presencia de adecuadas condiciones de medio ambiente.
7. Simarouba amara y Eucalyptus deglupta son altamente sensibles a factores adversos del medio ambiente, y muestran dificultad para enraizar estacas bajo condiciones de invernadero.

8. Las condiciones del medio ambiente determinan los resultados del estacado. Un adecuado control de estas condiciones conducirán al éxito del método en invernadero.

7. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo, imponen la necesidad de profundizar estudios de propagación por estacas en las ocho especies ensayadas y en otras especies valiosas.

Para este efecto, es recomendable preparar y poner en práctica un Proyecto de Propagación Vegetativa de Especies Forestales (que podría abarcar los distintos métodos de propagación asexual), dando prioridad al método de estacas, en razón a sus avances existentes.

Para propagación por estacas, se recomienda efectuar los siguientes trabajos:

- a. Ensayar los efectos del medio de enraizamiento sobre el drenaje necesario, empleando tierra, arena de río y aserrín de madera y sus mezclas en distintas proporciones.
- b. Probar otros sistemas de riego según la época del estacado. Probar el riego por nebulización, variando el tiempo de aspersion intermitente en el invernadero.
- c. Ensayar efectos en el enraizado de estacas, en distintos momentos del período de reposo vegetativo de árboles caducifolios.
- d. Ensayar la influencia de la edad del árbol padre sobre el enraizamiento de estacas.
- e. Ensayar el efecto de la topófisis en el enraizamiento de las estacas.

- f. Ensayar técnicas y dosis de tratamiento con distintas sustancias estimulantes del enraizamiento de estacas.

8. RESUMEN

La Dasonomía Tropical requiere de la propagación agámica para hacer mejoramiento genético de árboles poseedores de características deseables. El presente estudio intentó conocer la capacidad de las especies Acrocarpus fraxinifolius Wight, Cedrela mexicana Roem, Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken, Eucalyptus deglupta Blume, Simarouba amara Aubl, Swietenia macrophylla King, Tabebuia rosea (Bertol) DC y Toona ciliata M.J. Roem var. australis (F.v.M.) C.DC. para propagarse vegetativamente. El estudio consistió en probar el efecto de un fitoregulator en polvo sobre el enraizamiento de estacas de tres tipos distintos, bajo condiciones de invernadero. Se efectuó en el vivero del Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, en Turrialba, Costa Rica.

En general, se emplearon ramas del tercio superior de copa de árbol. Cada rama produjo tres estacas distintas: apical, sub-apical y basal. Las estacas de cada tipo fueron de dos niveles: tratadas con "Roctone-F" y testigos. Todas las estacas, sin hojas, midieron 20 cm de longitud y fueron plantadas verticalmente en un medio esterilizado (tierra y arena 1:1 sobre aserrín nuevo de madera) contenido en cajas de madera acondicionadas en invernadero, bajo riego por nebulización intermitente y mediana luminosidad.

El ensayo duró doce semanas: del 3 de mayo al 30 de julio de 1975.

Se obtuvo éxito en tres especies, en este orden de importancia

de enraizado: Toona ciliata var. australis, Tabebuia rosea y Acrocarpus fraxinifolius. En estas especies, el "Rootone-F" estimuló adelantando y aumentando la producción de raíces en un mismo tipo de estacas, presentando mayor capacidad de enraizamiento la estaca de tipo sub-apical, seguida de los tipos basal y apical.

A las doce semanas, se encontraron estacas latentes (sin y con "callo") en cantidades variables entre las ocho especies. De las cinco especies no enraizadas, Cordia alliodora, Swietenia macrophylla y Cedrela mexicana, en ese orden de importancia, presentaron las mayores tasas de latencia.

La mortalidad de estacas varió de una a otra de las ocho especies, presentándose las más altas tasas en propágulos de Simarouba amara y Eucalyptus deglupta. De la octava semana al final del ciclo variaron las condiciones del medio ambiente, provocando desecamiento, defoliación y muerte de las estacas.

8a. SUMMARY

Vegetative propagation is a valuable tool in tree improvement programs when working with trees with desirable characters. The present study attempted to learn more of the ability of Acrocarpus fraxinifolius Wight, Cedrela mexicana Roem, Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken, Eucalyptus deglupta Blume, Simarouba amara Aubl, Swietenia macrophylla King, Tabebuia rosea (Bertol) DC and Toona ciliata M.J. Roem var. australis (F.v.H.) C.DC to be propagated vegetatively. The study consisted of testing the effects of a powdered phytohormone in rooting three distinct types of cuttings under greenhouse conditions. This was carried out at the CATIE Forestry Department nursery in Turrialba, Costa Rica.

In general, only branches from the upper third of the tree were used. Each branch produced three types of cuttings: apical, sub-apical and basal. Each type was tested at two levels: treated with Rootone-F, and control. All cuttings, stripped of leaves, measured 20 cm in length and were planted vertically in a sterilized medium (1:1 loam and sand, over a layer of fresh sawdust), contained in wooden boxes situated within the greenhouse, and were subjected to intermittent spray irrigation and medium light conditions.

The trial lasted twelve weeks: from May 3 to July 30, 1975.

Rooting success was obtained with three of the species, listed in order of greatest to least degree: Toona ciliata var. australis, Tabebuia rosea and Acrocarpus fraxinifolius. In these species, Rootone-F

increased the speed and quantity of root production, holding cutting type constant. Sub-apical cuttings showed a greater rooting capacity, followed by basal, then apical cuttings.

At the end of twelve weeks, latent cuttings (with or without callous) were found in quantities that varied among the eight species. Of the five species that did not root, Cordia alliodora, Swietenia macrophylla and Cedrela mexicana, in order, presented the greatest degree of latency.

Cutting mortality varied among the eight species, being greatest in Simarouba amara and Eucalyptus deglupta. Environmental conditions changed after the eighth week, causing wilting, defoliation and cutting mortality.

9. LITERATURA CITADA

1. ACOSTA-SOLIS, M. Propagación vegetativa de leñosas y forestales. *La Hacienda* 54(4):33-36. 1959.
2. BACKER, C. A. y BAKHUIZEN, R. C. Flora of Java. Vol. I. Noordhoff-Groningen-The Netherlands, 1963. 648 p.
3. BENTHALL, A. P. The trees of Calcutta. And its neighbourhood. Calcutta, India, Thacker, 1946. 513 p.
4. BOLAÑOS, M. M. Eucaliptos de mayor interés para España. *Boletín del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias* 26(73):62-63. 1955.
5. BURGOS, J. A. Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú. *Caribbean Forester* 15(1-2):14-53. 1954.
6. CALIX P., R. Identificación dendrológica y anatómica de 37 especies arbóreas de Honduras. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 181 p.
7. CLARKE, G. L. Elements of ecology. New York, John Wiley, 1954. 560 p.
8. CONCHA M., M. y MONTALDI, E. R. Enraizamiento de Eucalyptus camaldulensis Dehn. *IDIA (Argentina) Supl. For.* no. 12:65-72. 1964.
9. COOPER, W. C. y STOUTEMYER, V. T. Propagación vegetativa de plantas tropicales. *La Hacienda* 40(6):286-288, 40(7):340-342 y 40(8):396-400. 1945.
10. CUCULIZA, P. J. Propagación de plantas. Lima, Perú, Talleres Gráficos Villanueva, 1955. 280 p.
11. CHASE, V. C. y STRAIN, B. R. Propagation of some woody desert perennials by stem cuttings. *Madroño, Berkeley* 18(8), (240-3). 1966. (Compendio en *Forestry Abstracts* 28(4):647. 1967).
12. DAVIDSON, J. Reproduction of Eucalyptus deglupta by cuttings. *New Zealand Journal of Forestry Science* 4(2):191-203. 1974.
13. ERICKSON, A. L. Propagación por estaca. *In Manual del Curso de Cacao: Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1957. pp. 65-90.*

14. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Notas sobre semillas forestales. Cuaderno de Fomento Forestal no. 8. Roma, FAO, 1956. 370 p.
15. _____. Métodos de plantación de bosques en el Africa Tropical. Cuaderno de Fomento Forestal no. 8. Roma, FAO, 1957. 334 p.
16. _____. Estudio de preinversión para el desarrollo forestal del noroccidente. Ecuador. Informe Final. Tomo IV. Arboles comunes de la provincia de Esmeraldas. Roma, FAO, 1969. 536 p.
17. FORS, A. J. Maderas cubanas. 4 ed. La Habana, Impresora Mundial, 1957. 162 p.
18. FRANCIS, W. D. Australian rain-forest trees. Forestry and Timber Bureau. Sydney, Commonwealth of Australia. 1951. 469 p.
19. GARCIA V., V. J. Enraizado de estacas, de seis especies forestales, con tres niveles de ácido indolbutírico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 41 p.
20. GRIJPMAN, P. y RAMALHO, R. Toona spp., posibles alternativas para el problema del barrenador Hypsipyla grandella de las Meliáceae en América Latina. Turrialba 19(4):531-547. 1969.
21. _____. Eucalyptus deglupta Bl. una especie forestal prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba 19(2): 267-283. 1969.
22. HARTMANN, H. T. y KESTER, D. E. Plant propagation. Principles and practices. 2 ed. New Jersey, Prentice-Hall, 1968. 702 p.
23. HITCHCOCK, A. E. Effect of peat moss and sand on rooting response of cuttings. Bot. Gaz. 86, (211-48). 1928. (Compendiado en Forestry Abstracts 3(1):8. 1941).
24. HOLDRIDGE, L. R. y POVEDA A., L. J. Arboles de Costa Rica. Vol. 1. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1975. 546 p.
25. _____. Manual de identificación de los árboles de Costa Rica. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1971. 101 p. (mimeografiado).
26. HUROV, H. R. The propagation of semi-hardwood leafy cuttings using polyethylene bags and sheets with aluminium reflectors. Annual Meeting of Plant Propagators Society, 11th, Washington, D.C., 1961. Proceedings. pp. 84-86.

27. HUTCHINGS, G. C. y LARSEN, J. A. Stimulation of root growth on cuttings from hardwood forest trees. Proc. Ia. Acad. Sci. 36:191-200. 1929. (Compendiado en Forestry Abstracts 3(1): 4. 1941).
28. HYODO, M. Stem cuttings of Robinia pseudoacacia var. bessoniana treated with Rootone and α -naphthalene sodium acetate. Bull. For. Exp. Sta., Meguro, Tokyo no. 65, (57-9). 1953. (Compendiado en Forestry Abstracts 15(4):435. 1954).
29. JOHNSON, P. y MORALES, R. A review of Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba 22(2):210-220. 1972.
30. KOMISSAROV, A. Biological basis for the propagation of wood plants by cuttings. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, 1968. 250 p.
31. LAMPRECHT, H. Pardillo (Cordia alliodora). Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Forestal, Boletín 2(7):39. 1955.
32. LITTLE, E. L., WADSWORTH, F. H. y MORRERO, J. Arboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Puerto Rico, Editorial Universidad, 1967. 827 p.
33. LONGMOOD, F. R. Present and Potential Commercial Timbers of the Caribbean. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook no. 207, 1962. 167 p.
34. LLANO GOMEZ, E. Propagación de plantas. Bogotá, Colombia, Colina-gro, 1952. 157 p.
35. MANGIERI, H. R. Una nueva especie forestal de gran valor maderero para Argentina: Toona ciliata var. australis. Revista Forestal Argentina 16(3-4):130-132. 1972.
36. HERRIFIELD, L. E. y HOWCROFT, M. H. S. Propagation of cedar, Toona sureni (Bl.) Herr., from cuttings treated with growth substances. Turrialba 25(1):54-57. 1975.
37. MITCHELL, J. W. y NARTH, P. C. Fitohormonas y otros reguladores de crecimiento. Madrid, Aguilar, 1950. 151 p.
38. NAUNDORF, G. Las fitohormonas en agricultura. Barcelona, España, Salvat, 1951. 405 p.
39. OGASAWARA, K. Studies on cuttings of forest trees. (I). The relationship between the rooting behaviour and the region of the tree from which cuttings were collected. J. Jap. For. Soc. 38(8):297-300. 1956. (Compendiado en Forestry Abstracts 18(4):463. 1957).

40. OOSTING, H. J. Ecología vegetal. Trad. del inglés por José García Vicente. Madrid, Aguilar, 1951. 436 p.
41. PENNINGTON, T. D. y SARUKHAN, J. Manual para identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. México, I.N.I.F.-FAO, 1968. 413 p.
42. PRIMO Y., E. y CUÑAT B., P. Herbicidas y fitorreguladores. 2 ed., Madrid, Aguilar, 1968. 300 p.
43. STANDLEY, P. C. y STEYERMARK, J. A. Flora of Guatemala. Part V. Chicago Natural History Museum, Fieldiana-Botany Vol. 24, 1946. 502 p.
44. STREETS, R. J. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, Clarendon Press, 1962. 765 p.
45. TODA, R. The region of the crown from which cuttings should be collected. J. Jap. For. Soc. 35, (157-60). 1953. (Compendiado en Forestry Abstracts 15(4):435. 1954).
46. TROENSEGAARD, J. Semillas forestales. Segunda parte. Ecuador, Centro de Capacitación Forestal, 1971. 21 p.
47. VASTEY, J. DE. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Mag. Agr., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 67 p.
48. VEKHOV, N. K. Vegetative propagation of trees and shrubs by means of summer cuttings. Bull. Appl. Bot. and Plant Breeding, Suppl. 61:1-247. 1933-4. (Compendiado en Forestry Abstracts 3(1):2. 1941).
49. VINK, A. T. Surinam timbers. Paramaribo, Surinam Forest Service, 1965. 253 p.
50. WHITEMAN, J. y WIANIANT JUNIOR, H. V. Rooting of cuttings from second-growth Redwood trees and sprouts may be practical. Tree Plant. Notes 18(1):13. 1967. (Compendiado en Forestry Abstracts 28(4):647. 1967).
51. WHITMORE, J. L. y HARTSHORN, G. S. Literature review of common tropical trees. Contribution no. 8. Washington, Institute of Forest Products, University of Washington, 1969. 113 p.

52. WRIGHT, J. W. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de silvicultura y productos forestales no. 16. Roma, FAO, 1964. 436 p.
53. ZANONI M., C. y WHITMORE, J. L. Efecto de la topófisis en el enraizamiento de estacas de Toona ciliata var. australis. Problema Especial. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1975. 23 p.

10. A P E N D I C E

Cuadro Al. Valores relativos del comportamiento de estacas de ocho especies forestales, doce semanas después de plantadas.

Especies	Esta- cas plan- tadas	(1) MUERTAS				(2) LATENTES				(3) ENRAIZADAS															
		I		II		I		II		I		II													
		NO	total	NO	total	NO	total	NO	total	NO	total	NO	total												
<u>Acrocarpus</u> <u>fraxinifolius</u>	192	28	20	29	12	85	46,3	8	5	4	6	23	12,0	12	16	12	26	66	34,4	-	7	3	4	14	7,3
<u>Cedrela</u> <u>mexicana</u>	192	19	37	33	48	137	71,4	28	11	14	-	53	27,6	1	--	1	--	2	1,0	-	-	-	-	-	-
<u>Cordia</u> <u>alliodora</u>	192	5	28	47	41	121	63,0	9	-	6	15	7,8	34	20	1	1	56	29,2	-	-	-	-	-	-	-
<u>Eucalyptus</u> <u>deglupta</u>	192	36	38	45	46	165	85,9	12	10	3	2	27	14,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Simarouba</u> <u>amara</u>	192	46	46	43	48	183	95,3	2	2	5	-	9	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Swietenia</u> <u>macrophylla</u>	192	37	29	28	40	134	69,8	2	4	9	8	23	12,0	9	15	11	-	35	18,2	-	-	-	-	-	-
<u>Tabebuia</u> <u>rosea</u>	192	10	24	15	15	64	33,3	4	-	4	-	8	4,2	22	20	23	25	90	46,9	12	4	6	8	30	15,6
<u>Toona</u> <u>ciliata</u> var. <u>australis</u>	192	13	9	13	11	46	23,9	3	-	-	-	3	1,6	17	21	20	20	78	40,6	15	18	15	17	65	33,9

I, II, III y IV: Replicaciones en el invernadero

(1), (2), (3): Número de columna

Cuadro A2. Estacas enraizadas, doce semanas después de plantadas bajo condiciones de invernadero.

Especies	Tipos de estacas	Niveles de tratam. estimul.	Estacas plantadas	Estacas enraizadas		Raíces			
				Número	%	Número total	Promedio por estaca	Suma de los tamaños (cm)	Longitud promedio (cm)
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	E ₁	N ₁	32	--	--	--	--	--	
		N ₂	32	--	--	--	--	--	
	E ₂	N ₁	32	4	12,5	6	2	25,0	4,2
		N ₂	32	8	25,0	16	2	121,5	7,6
	E ₃	N ₁	32	--	--	--	--	--	--
		N ₂	32	2	6,3	3	2	16,0	5,3
<i>Tebebuia rosea</i>	E ₁	N ₁	32	--	--	--	--	--	
		N ₂	32	6	18,8	8	1	32,0	4,0
	E ₂	N ₁	32	3	9,4	4	1	20,5	5,1
		N ₂	32	13	40,6	26	2	84,0	3,2
	E ₃	N ₁	32	2	6,3	3	2	7,0	2,3
		N ₂	32	6	18,8	12	2	69,8	5,8
<i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i>	E ₁	N ₁	32	5	15,6	14	3	141,0	10,1
		N ₂	32	15	46,9	141	8	1.162,0	8,2
	E ₂	N ₁	32	3	9,4	23	8	123,5	5,4
		N ₂	32	16	50,0	264	17	1.836,0	7,0
	E ₃	N ₁	32	6	18,8	43	7	208,0	4,8
		N ₂	32	20	62,5	156	8	946,0	6,1

E₁, E₂ y E₃ : Estacas apical, sub-apical y basal. N₁ y N₂ : Sin y con estimulador "Rootone-F".

Cuadro A3. Estacas latentes y estacas muertas, doce semanas después de plantadas.

Especies	Tipos de estacas	Niveles de tratam. estimul.	Estacas plantadas	(1)				(2)			
				Sin callo		Con callo		Total		Estacas muertas	
				Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
<u>Acrocarpus fraxinifolius</u>	E ₁	N ₁	32	7	21,9	5	15,6	12	37,5	20	62,5
		N ₂	32	3	9,4	6	18,7	9	28,1	23	71,9
	E ₂	N ₁	32	-	-	16	50,0	16	50,0	12	37,5
		N ₂	32	1	3,1	11	34,4	12	37,5	12	37,5
	E ₃	N ₁	32	8	25,0	16	50,0	24	75,0	8	25,0
		N ₂	32	4	12,5	12	37,5	16	50,0	14	43,8
<u>Cedrela mexicana</u>	E ₁	N ₁	32	-	-	-	-	-	-	32	100,0
		N ₂	32	1	3,1	-	-	1	3,1	31	96,9
	E ₂	N ₁	32	9	28,1	-	-	9	28,1	23	71,9
		N ₂	32	15	46,9	2	6,3	17	53,2	15	46,9
	E ₃	N ₁	32	10	31,3	-	-	10	31,3	22	68,8
		N ₂	32	18	56,3	-	-	18	56,3	14	43,8
<u>Cordia alliodora</u>	E ₁	N ₁	32	6	18,75	6	18,75	12	37,5	20	62,5
		N ₂	32	5	15,6	7	21,9	12	37,5	20	62,5
	E ₂	N ₁	32	-	-	10	31,3	10	31,3	22	68,8
		N ₂	32	2	6,3	13	40,6	15	46,9	17	53,1
	E ₃	N ₁	32	-	-	11	34,4	11	34,4	21	65,6
		N ₂	32	2	6,3	9	28,1	11	34,4	21	65,6

E₁, E₂ y E₃ : Estacas apical, sub-apical y basal. (1) y (2): Número de columnasN₁ y N₂ : Sin y con estimulador "Rootone-Fu"

continúa.....

Cuadro A3 (continuación)

Especies	Tipos de estas- cas	Niveles de tratam. estimul.	Estacas plan- tadas	(1)				(2)			
				Sin callo		Con callo		Total		Estacas muertas	
				Número	%	Número	%	Número	%	Nº	%
<u>Eucalyptus deglupta</u>	E ₁	N ₁	32	-	-	-	-	-	-	32	100,0
		N ₂	32	-	-	-	-	-	-	32	100,0
	E ₂	N ₁	32	4	12,5	-	-	4	12,5	28	87,5
		N ₂	32	3	9,4	-	-	3	9,4	29	90,6
	E ₃	N ₁	32	10	31,3	-	-	10	31,3	22	68,8
		N ₂	32	10	31,3	-	-	10	31,3	22	68,8
<u>Simarouba amara</u>	E ₁	N ₁	32	1	3,1	-	-	1	3,1	31	96,9
		N ₂	32	2	6,3	-	-	2	6,3	30	93,8
	E ₂	N ₁	32	1	3,1	-	-	1	3,1	31	96,9
		N ₂	32	2	6,3	-	-	2	6,3	30	93,8
	E ₃	N ₁	32	-	-	-	-	-	-	32	100,0
		N ₂	32	3	9,4	-	-	3	9,4	29	90,6
<u>Swietenia macrophylla</u>	E ₁	N ₁	32	-	-	9	28,1	9	28,1	23	71,9
		N ₂	32	-	-	6	25,0	8	25,0	24	75,0
	E ₂	N ₁	32	6	18,8	4	12,5	10	31,3	22	68,8
		N ₂	32	1	3,1	3	9,4	4	12,5	28	87,5
	E ₃	N ₁	32	3	9,4	5	15,6	8	25,0	24	75,0
		N ₂	32	13	40,6	6	18,8	19	59,4	13	40,6

E₁, E₂ y E₃ : Estacas apical, sub-apical y basal.

(1) y (2) : Número de columnas

N₁ y N₂ : Sin y con estimulador "Procyone-Fu"

continúa,...

Cuadro A3 (continuación)

Especies	Tipos de estacas	Niveles de tratam. estimul.	Estacas plan-tadas	(1)						(2)	
				Sin callo		Con callo		Total		Estacas muertas	
				Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Tabebuia rosea	E ₁	N ₁	32	4	12,5	7	21,9	11	34,4	21	65,6
		N ₂	32	3	9,4	12	37,5	15	46,9	11	34,4
	E ₂	N ₁	32	1	3,1	18	56,3	19	59,4	10	31,3
		N ₂	32	-	-	12	37,5	12	37,5	7	21,9
	E ₃	N ₁	32	-	-	23	71,9	23	71,9	7	21,9
		N ₂	32	-	-	18	56,3	18	56,3	8	25,-
Toona ciliata var. australis	E ₁	N ₁	32	3	9,4	16	50,0	19	59,4	8	25,0
		N ₂	32	-	-	10	31,3	10	31,3	7	21,9
	E ₂	N ₁	32	-	-	18	56,3	18	56,3	11	34,4
		N ₂	32	-	-	11	34,4	11	34,4	5	15,6
	E ₃	N ₁	32	-	-	14	43,8	14	43,8	12	37,5
		N ₂	32	-	-	9	28,1	9	28,1	3	9,4

E₁, E₂ y E₃ : Estacas apical, sub-apical y basal. (1) y (2): Número de columnas

N₁ y N₂ : Sin y con estimulador "Rootone-F"