

**ESTUDIOS SOBRE PROPAGACION DE ESPECIES FORESTALES
POR ESTACAS**

Por

JEAN DE VASTEY

**Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados
Turrialba, Costa Rica**

A la memoria de
Elida Frédérique
quien me enseñó a
leer y escribir.

ESTUDIOS SOBRE PROPAGACION DE ESPECIES FORESTALES
POR ESTACAS

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



Gerardo Budowski Consejero



Waldemar Albertin Comité



Luis Montoya Comité



Robin Cuany Comité

Marzo, 1962

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos al Dr. Gerardo Budowski por su ayuda y estímulo en el desarrollo del presente trabajo, así como por su apoyo en las gestiones para ingresar al Instituto.

También, desea extender sus agradecimientos al Ing. Waldemar Albertín, Dr. Robin L. Cuany y al Ing. Luis Montoya, miembros del Comité Consejero por su amable cooperación en la preparación de esta tesis. Agradecimientos especiales están dirigidas al Dr. Pierre G. Sylvain y al Ing. Gerard Schreuder por sus consejos; a la señora doña Ghislaine de Montoya por su ayuda en la revisión bibliográfica.

Reconoce y agradece la colaboración prestada por la Sección Forestal del Departamento de Agricultura e Industria de Costa Rica.

También quiere manifestar su profunda gratitud a los Ings. y Especialistas Emile F. Toussaint, Nodzu Dambreville, Bertin Dadaille y Remy Delphin por sus recomendaciones favorables y desinteresadas, las cuales le han permitido obtener la beca.

Finalmente el autor expresa su gratitud al Département de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural d'Haiti, al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA y al Programa de Becas de la misma Organización por haberle brindado la oportunidad de realizar estudios postgraduados.

BIOGRAFIA

Jean de Vastey nació en Léogane, Haiti, el 19 de agosto de 1927. Cursó sus estudios primarios en Saint-Marc (Haiti) y luego siguió sus estudios secundarios en los Lycées Stenio Vincent y Alexandre Pétion, donde obtuvo su bachillerato. Hizo sus estudios agronómicos en la Universidad de Haiti.

Desde su graduación ha desempeñado varios cargos en el Servicio Forestal de su país.

En el año 1953 recibió un adiestramiento forestal en la "Tropical Forest Experiment Station", Río Piedras, Puerto Rico.

Durante el año 1958 asistió a un Curso de Especialización en Daso nomía, con sede en la Universidad Rural, Río de Janeiro, Brasil, auspiciado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Proyecto 29 de la Organización de Estados Americanos.

En julio de 1960, ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, como estudiante graduado del Departamento de Daso nomía, con una beca otorgada por la Organización de Estados Americanos. Terminó sus estudios en marzo de 1962.

CONTENIDO

	Página
Agradecimiento.....	iv
Biografía.....	v
Contenido.....	vi
Índice de Cuadros.....	viii
Índice de Gráficas.....	ix
Índice de Figuras.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	2
A. Factores genéticos y fisiológicos.....	2
1. Factores inherentes a los caracteres del árbol padre.....	2
2. Edad del árbol padre.....	4
3. Factores referentes a la parte utilizada.....	5
a. Tipo y edad de la estaca.....	5
b. Posición de la estaca en el árbol padre.....	6
c. Largo de la estaca.....	8
d. Area foliar.....	9
4. Influencia de la época.....	10
B. Factores externos.....	11
1. Condiciones de cultivo.....	11
a. Medio de enraizamiento.....	11
b. Temperatura.....	12
c. Luminosidad.....	12
d. Humedad.....	13
2. Tratamiento especial de las estacas.....	14
a. Acción de agentes físicos.....	14
b. Acción a las sustancias químicas.....	15
c. Influencia de la fitohormonas.....	15
III. MATERIALES Y METODOS.....	20
1. Ubicación del campo experimental.....	20
2. Grupos de ensayos.....	21
3. Equipo de propagación y medio de enraizamiento....	21
4. Especies ensayadas y preparación de las estacas...	22
a. Origen de las estacas.....	22
b. Herramientas usadas.....	22
c. Características de las estacas.....	22
5. Métodos especiales aplicados en el arraigamiento de cuatro especies tropicales con y sin hormona.....	24

6. Métodos especiales aplicados en el arraigamiento de estacas irradiadas de <u>Cordia alliodora</u> y <u>Cedrela mexicana</u>	24
7. Cuidos después de la siembra.....	25
8. Recolección de datos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
A. Arraigamiento de 21 especies tropicales bajo condiciones naturales.....	27
1. Especies arraigadas cuatro meses después de la plantación.....	27
2. Especies no arraigadas cuatro meses después de la plantación.....	37
B. Arraigamiento de cuatro especies tropicales con y sin hormona.....	44
1. Especie arraigada.....	44
2. Especies no arraigadas.....	48
C. Arraigamiento de estacas irradiadas de <u>Cordia alliodora</u> y <u>Cedrela mexicana</u>	49
V. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	50
A. Determinación de las fases fisiológicas de las especies.....	51
B. Proyecto para ensayos futuros.....	51
1. Aspecto comparativo del poder de enraigar según la edad del árbol padre, la posición de las estacas en éste y el tipo de estacas.....	51
2. Aspecto comparativo del poder de enraizar según el largo de las estacas.....	53
3. Aspecto de la densidad foliar.....	53
4. Efecto del medio de enraizamiento.....	53
5. Aspersión y humidificación.....	54
6. Uso de hormona.....	54
VI. RESUMEN.....	56
SUMMARY.....	58
RESUME.....	60
VII. LITERATURA CITADA.....	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ^o		Página
1.	Especies forestales. Características de las estacas y fecha de siembra en el ensayo bajo condiciones naturales.....	23
2.	Especies forestales. Características de las estacas y fecha de siembra en el ensayo con hormona....	24
3.	Comportamiento de las estacas que mostraron cierto arraigamiento.....	28
4.	Número de estacas arraigadas y número de raíces formadas en las parcelas de <u>Fraxinus americana</u>	47
5.	Análisis de variancia. Número de raíces.....	48

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica Nº	Página
1. Observaciones sobre estacas de varias especies bajo condiciones naturales (cuatro meses después de la plantación).....	29
2. Observaciones sobre el arraigamiento y el crecimiento.....	30
3. Observaciones sobre las estacas de Fraxinus....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura N ^o	Página
1. Estaca arraigada de <u>Casuarina equisetifolia</u> Forst (cuatro meses después de la plantación).....	32
2. Estacas arraigadas de <u>Cordia alliodora</u> (R.& P.) Cham. (Cuatro meses después de la plantación).....	33
3. Estaca arraigada de <u>Erythrina poeppigiana</u> (Walp) C.F. Cook (Cuatro meses después de la plantación.)	35
4. Estaca arraigada de <u>Gliricidia sepium</u> (Jacq.) Steud (Cuatro meses después de la plantación).....	36
5. Estacas arraigada y no arraigada de <u>Swietenia macrophylla</u> King (Cuatro meses después de la plan- tación).....	38
6. Estaca arraigada de <u>Triplaris americana</u> L. (Cuatro meses después de la plantación).....	39
7. Estacas arraigadas de <u>Fraxinus americana</u> L. (Tres meses y medio después de la plantación.).....	46

I. INTRODUCCION

Desde tiempos remotos, la propagación vegetativa ha venido usándose en la horticultura con miras a conservar y multiplicar las variedades así como para uniformar las existencias de plantas valiosas. Con el mismo propósito y también para multiplicar árboles resistentes a las enfermedades y a los insectos, clones de crecimiento rápido o de buen fenotipo, se ha tratado de aplicar la multiplicación asexual en la dasonomía. En los últimos años han habido numerosos intentos para tal fin.

De los métodos de propagación vegetativa, la multiplicación por estacas ha resultado ser a veces más barata y menos laboriosa que el injerto y el acodo. Por esta razón, la propagación por estacas de las especies forestales ha recibido suma atención aunque hasta la fecha los estudios al respecto se han limitado a los países templados principalmente. En varios casos el uso de hormonas ha sido ventajoso para el enraizamiento de las estacas.

A pesar de la importancia y de las múltiples aplicaciones que pueda tener, muy poco se sabe de la posibilidad de multiplicar por estacas las especies forestales de la América Tropical. Aún cuando se sabe que ciertos árboles tropicales se reproducen por estacas, se ignoran los factores que limitan la aplicación de tal técnica para otras especies.

El presente trabajo aporta los resultados de una serie de ensayos y constituye un intento para averiguar la posibilidad de propagar por estacas algunos árboles de la América Tropical, determinando cuando es posible, los factores que limitan la aplicación de dicho método.

II. REVISION DE LITERATURA

En general, las plantas se propagan sexualmente por medio de las semillas y asexualmente ya sea por injerto, acodo o por estacado.

El injerto consiste en aplicar una parte de una planta, con una o mas yemas, a otra planta llamada patrón con el fin de que se suelda con él.

El acodo es un sistema de propagación de las plantas, que consiste en introducir en un medio de enraizamiento una de sus ramas, sin separarla del tronco y dejando que sobresalga su extremo superior, con el objeto de que, arraigando, pueda luego cortarse en la base de unión y constituir un individuo independiente.

El estacado o multiplicación por estaca consiste simplemente en la plantación de una parte de hoja, de rama o de raíz para que se haga planta. La propagación por estacas de rama constituye el objeto del presente trabajo.

Sin querer incluir todo lo escrito sobre la propagación por estacas, la presente revisión de literatura se limitará a una reseña de los factores que afectan dicho modo de multiplicación, principalmente en lo que se refiere a las especies forestales.

Se suele dividir estos factores en factores genéticos y fisiológicos y factores externos.

A. Factores genéticos y fisiológicos

1. Factores inherentes a los caracteres del árbol padre

El factor más importante es la aptitud natural de enraizar que varía según la especie. Constituye un factor hereditario que es muy diferente de una especie a otra y aún entre individuos de la misma especie.

Al respecto Vekhov (54) indica variaciones en el poder de enraizar del orden de 0-94% en 24 especies de Acer, de 0-78% en 21 especies (o variedades) de Fagus y de 0-100% en 20 especies de Fraxinus.

También en el género Populus, se ha observado variación del poder de enraizamiento según el árbol usado. Cunningham (9) indica que al experimentar estacas de 30 clones de Populus deltoides Marsh, con 4 repeticiones para cada clon se verificaron promedios de arraigamiento variando de 3 a 100%. Más éxito se obtuvo en otro ensayo con 30 clones de álamo híbrido en el cual se observaron promedios de arraigamiento que variaron de 92 a 100%.

Suelen dividirse las plantas en fáciles de arraigar, en plantas difíciles y plantas refractarias. En la práctica hortícola sólo la primera categoría puede permitir, usando las estacas, un rendimiento comercial interesante. Dentro de esta serie se encuentran las especies de los géneros Salix (46), Tilia y Fraxinus (20).

Al contrario, los pinos son conocidos por ser difíciles de arraigar (54). Con la ayuda de técnicas y tratamientos adecuados, las estacas de este grupo pueden arraigar satisfactoriamente. Las investigaciones realizadas en varios países han establecido que las llamadas "especies difíciles" pueden reproducirse por estacas bajo ciertas condiciones especiales. Después de haber estudiado un gran número de árboles y arbustos, Vekhov (54) concluyó que es posible propagar todas las especies difíciles en cierto grado, siendo necesario determinar las condiciones óptimas que rigen la formación de raíces dentro de un tiempo regular y que permiten la sobrevivencia de las estacas hasta el funcionamiento de las raíces.

También Parry (42) piensa que la mayoría de las especies, incluso las coníferas, pueden propagarse por estacas, a condición de aplicar los

métodos hortícolas convenientes, tales como el uso de las camas calientes y los tratamientos hormonales. En cambio, De France (10), afirma que, en general, no han aprovechado los tratamientos hormonales las plantas difíciles de propagar por estacas.

2. Edad del árbol padre

Un factor muy importante en el enraizamiento de las estacas, lo constituye la edad del árbol padre. Al respecto Delisle (11) observa que usándose estacas de "madera de un año" se encontró una disminución en el enraizamiento de las estacas de Pinus strobus L. a medida que aumentaba la edad del árbol padre. Acerca de la misma especie, Doran y otros (18) piensan que es necesario recole^{cion}ar las estacas luego de ^{aparecer} las características deseables en el árbol padre, pues las estacas son mejores cuando son extraídas de árboles jóvenes.

De otros experimentos con estacas de Pinus sylvestris L. tratadas hormonalmente, resultó 70% de enraizamiento cuando las estacas se extrajeron de árboles con 3 años de edad y 10% cuando los árboles padres tenían 20 a 25 años. La dosis óptima de hormona resultó más elevada para los últimos árboles (35).

Por otra parte, la selección y el mejoramiento de variedades de Pinus strobus L. resistentes a la roya causada por Cronartium ribicola Fischer ha venido manteniendo el interés de los fitopatólogos, genetistas y dasónomos. Los trabajos dedicados a este asunto empezaron en 1949 en la región de "Inland Empire" y desde entonces se han multiplicado a través de los Estados de Wisconsin, New York, California, Montana y en el Canadá. A pesar de que el injerto ha sido empleado con éxito, la multiplicación por estacas sigue constituyendo una interesante

posibilidad. Más de 8000 brotes han sido usados para pruebas de enraizamiento. Los brotes extraídos de las selecciones o de otros árboles de la misma especie de 10-65 años han producido fácilmente el callo pero no han enraizado. Sin embargo, las estacas preparadas de plantas con cinco años de edad, enraizaron muy bien (4).

Al mismo respecto, Satoo, Negisi y Nakamura (45) relatan que en dos clones determinados, el poder de enraizamiento de las estacas de Cryptomeria disminuye a medida que aumenta la edad de los clones y que tal observación no se ha hecho en estacas provenientes de otros dos árboles élites de la misma especie.

También se ha observado que el porcentaje de arraigamiento baja a medida que aumenta la edad del árbol padre, en Tsuga canadensis (L.) Carr., Picea glauca (Moench) Voss, P. abies (L.) Karst. y en el género Quercus (12, 31, 35, 47).

La literatura consultada respecto a la edad del árbol padre, la expresa en término de años; y por lo tanto, puede dar a pensar que se trata simplemente de la edad cronológica, es decir el número de días que han transcurrido desde la germinación de la semilla. Parece mucho mejor relacionar el poder de enraizamiento con la edad fisiológica. Esta última depende de las diferentes etapas que corre la planta desde la germinación de la semilla hasta la muerte. Este concepto da una mejor idea del estado general del árbol y permite comprender la importancia de la época en el estacado.

3. Factores referentes a la parte utilizada

a. Tipo y edad de la estaca

En general, se conocen varios tipos de estacas sea las de madera dura, las de madera suave y las de madera semi-herbácea, estacas con o

sin hoja, estacas con o sin yemas latentes. También se distingue entre estacas con y sin nudo. Por otra parte, se usan a veces estacas con tacón y estacas con martillo. La estaca con tacón consta en su base de una pequeña parte de madera más vieja que la del cuerpo de la estaca. La estaca con martillo consta en su base una parte más grande, llegando a ser una corta sección de tallo con madera más vieja que el resto de la estaca (25). En un número relativamente reducido de especies, las estacas de cualquier tipo arraigan muy bien. En cambio, se acepta que, en general, los resultados pueden variar y varían en efecto según el tipo de estacas usadas. Kirkpatrick (34) observó que los brotes de uno o dos años constituyen el mejor material para reproducir las especies de coníferas.

Por otra parte, Vekhov (54) relata que en la mayoría de los especies ensayadas, que incluyen principalmente Acer, Alnus, Betula, Fagus y unas especies de Fraxinus, Liriodendron y Magnolia, las estacas semi herbáceas han mostrado mayor capacidad de enraizar mientras que en otros casos como en Acer negundo L. y algunas especies de Betula y Catalpa las ramas y los brotes más maduros dan los mejores resultados. Eso tiene mucho que ver con la edad o el estado de madurez de la estaca. De este estado pueden resultar variaciones en el prendimiento de las estacas apicales o basales, respecto a la parte empleada.

b. Posición de la estaca en el árbol padre

Las diferentes partes de una planta no tienen en un momento dado el mismo estado fisiológico. Algunas partes de la planta pueden estar al estado vegetativo, otras en estado de florecencia. La razón de las diferencias en el poder de enraizar según la posición de la estaca en el árbol no es clara. En la opinión del autor puede ser debido a

una desigual distribución de las auxinas y de las reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta.

Los trabajos de Doran (16) en Amherst (Massachusetts) indican que las estacas provenientes de las ramas bajas de Pinus strobus L. dan los mejores porcentajes de prendimiento que las demás ramas. El mismo investigador (15) encontró en la misma Estación de Massachusetts que la estaca de Ginkgo extraída de la mitad superior de un brote del año en curso enraiza bien sin tratamiento hormonal. Las estacas preparadas a partir de la parte inferior del mismo brote arraigan mejor cuando han sido tratados con ácido indolbutírico.

Además, Snow (48) encontró que "los segmentos laterales del período de crecimiento en curso" producidos por las ramas laterales y bajas producen el mejor material para la propagación de Pinus strobus L.. Thiman y Delisle (52) observaron que los brotes laterales de la misma especie y Picea abies (L.) Karst, arraigan mas fácilmente que los brotes terminales.

Hutching y Larsen (30) encontraron que en Fraxinus pennsylvanica Marsh. var. lanceolata y Populus deltoides Marsh., las estacas "secundarias", o sea aquellas que no incluyen la porción apical, arraigan mejor que las estacas terminales.

Por otra parte, Baak (2) y Hoffmann (29) concuerdan en que en el género Populus las estacas apicales producen plantas de peor forma y crecimiento más lento que aquellas preparadas a partir de la parte baja de los retoños.

Por otro lado, Ogasawara (39) relatando el estudio sobre el efecto de topófisis en el Populus nigra var. italica, nota que no hubo relación entre el porcentaje de arraigamiento y la posición donde se extrajeron

las estacas, pero que estacas del tope de una rama y de la parte más baja de la copa tienden a tener mejor habilidad de enraizamiento. Este autor sugiere que el arraigamiento de las estacas se encuentra más influenciado por el tiempo de recolección que por la posición de las estacas en el árbol padre.

También se han llevado a cabo estudios comparativos entre diferentes razas de Cryptomeria japonica D. Don.. Toda (53) anota que en cuatro razas, las estacas arraigan mejor cuando son extraídas de las ramas bajas; en otras cuatro razas, las estacas preparadas con ramas de la parte alta del árbol enraizan mejor mientras que no se puede observar tal diferencia en otro grupo de cuatro razas. Otros experimentos establecen la existencia de razas de Cryptomeria que arraigan con mayor éxito que otras y también que sobreviven mejor después del trasplante (38).

c. Large de la estaca

La práctica hortícola ofrece varios casos en los cuales el largo puede ser de mucha importancia en la propagación vegetativa de las especies forestales. Muy poco se sabe en realidad acerca de tal efecto y, como consecuencia, poco ha sido publicado al respecto. De acuerdo con Snow (49), las estacas de cuatro pulgadas resultan mejores que las de seis pulgadas en la propagación de Acer rubrum L. y A. saccharum Marsh.

Acerca del Picea abies (L) Karst., Deuber y Farrar (13, 14) relatan que, recoleccionadas en el "Marsh Botanical Garden" de la Universidad de Yale, (New Haven, Connecticut), desde octubre hasta enero, las estacas de 4-8 pulgadas de largo fueron superiores a las de 2-4 pulgadas. Por otra parte, Grace y Farrar (21) trabajando con la misma especie encontraron que las estacas de 5-10 cm. eran superiores a las de 10-20 cm.

En Formosa (33), se hicieron experimentos para averiguar el porcentaje de enraizamiento de las estacas de Tamarix aphylla y el efecto del largo como del diámetro de las últimas. Se emplearon estacas de 6,9 y 12 cm. de longitud y diámetro de 3,1-6,0 hasta 12,1-15,0 mm. Se sacó la conclusión de que las estacas más largas con los diámetros más grandes dan los mejores resultados. Pero, desde un punto de vista económico, las estacas de 12 cm. de largo y 3,1 - 6,0 mm. de diámetro y un esparciamiento de 40 cm. x 30 cm. en un terreno que contaba de un cierto grado de sombra natural, resultaron ser mejores. Dos meses después de plantadas, las estacas más gruesas habían formado callo y habían arraigado en un 70%. Las estacas testigos como las de diámetro menor arraigaron en un 40%. De estas estacas resultaron plantas normales que crecían más o menos al igual de las plantas criadas sexualmente.

d. Area foliar

Aunque la presencia de hojas en la estaca puede favorecer la desecación de la estaca se acepta generalmente tal presencia como un factor favorable debido a los carbohidratos que sintetizan las hojas. Además, es aceptado que las sustancias rizógenas se elaboran en las hojas y en otras partes verdes de la planta. Estas sustancias circulan de arriba para abajo y provocan la formación de células meristemáticas específicamente rizógenas que son capaces de proliferar y edificar nuevas raíces si disponen de suficientes glucidos.

Trabajando con muchas especies de árboles y arbustos, Vekhov (54) encontró que las estacas más convenientes las constituyen los renuevos del verano con sus hojas. Deuber (12) cita un ejemplo en el cual la eliminación de las agujas de la tercera parte basal de las estacas de Pinus strobis L. redujo el porcentaje de enraizamiento y de sobrevivencia.

Sin embargo, no hay una regla fija para todas las especies. Lo esencial es mantener en las estacas la cantidad de hojas que puedan asegurar la fotosíntesis y la translocación normal, a la vez que mantengan la transpiración al mínimo (25).

4. Influencia de la época

Hay plantas que se propagan por estacas en cualquier momento del año a condición de mantener las estacas en condiciones favorables al arraigamiento. En cambio, otras plantas se propagan por estacas solamente en cierta época del año. Se puede pensar que ciertas especies tienen una época óptima en la cual se verifica el mayor éxito del estacado (25).

En la región noroeste de Estados Unidos, Griffith (23) observó que las estacas de Picea sitchensis (Bong.) Carr. y Pseudotsuga taxifolia (Lamb.) Britton recoleccionadas desde diciembre hasta marzo dieron mejor respuesta al tratamiento óptimo de hormona que aquellas estacas recoleccionadas durante los meses anteriores o posteriores al período indicado.

También, en otros experimentos llevados a cabo en Minnesota se encontró que las estacas de Tilia americana L. preparadas durante la estación inactiva no arraigaron mientras que aquellas recoleccionadas a fines de la primavera arraigaron regularmente bien (43).

Además, Doran y McKenzie (17) observaron que las estacas de raíces del Ulmus carpinifolia var. Buisman arraigaron muy bien cuando fueron recoleccionadas en marzo. Aunque estos experimentos realizados en Massachusetts se llevaron a cabo bajo condiciones de invernadero se supone que la multiplicación por estacas es factible también bajo condición de campo.

Además, Doran (15) encontró que en la Estación Experimental de Amherst (Massachusetts) las ramitas de Ginkgo del año en curso arraigan muy bien cuando son recoleccionadas a mediados de junio. En cambio, el mismo material recoleccionado a fines de julio arraiga mucho menos.

Por otra parte, Doran y otros (18) confirman que las últimas semanas del invierno constituyen el mejor período para recoleccionar estacas de Pinus strobus L. en el mismo lugar. Las estacas preparadas a mediados del verano toman más tiempo para arraigar.

Por otra parte, Kotari (36) observó que en el Japón el período de recolección de las estacas es el factor más importante en la propagación de Cryptomeria.

B. Factores externos

Estando la estaca dotada de las características internas necesarias, su arraigamiento depende aún de varias condiciones externas.

1. Condiciones de cultivo

Bajo este título se agrupan en general el medio de enraizamiento, la temperatura, la humedad y la intensidad luminosa.

a. Medio de enraizamiento

No hay un medio de enraizamiento que convenga a todas las especies. Cada vegetal tiene un medio en el cual sus estacas arraigan, no arraigan o arraigan mejor. Además, para la misma especie, un medio dado puede convenir mejor que otro según la época del estacado.

Un total de 8700 estacas de Acer Saccharum provenientes de cuatro estados de los Estados Unidos fueron plantadas en tres tipos de medios de enraizamiento, 1) perlita, 2) aserrín y 3) una mezcla de partes iguales de musgo, turba y arena. Los porcentajes de arraigamiento fueron como

sigue: 45% en la perlita, 35% en el aserrín y 20% en la mezcla indicada (44).

Hitchcock (26), de acuerdo con sus experimentos, indica que una mezcla a partes iguales de turba y arena es mejor para el enraizamiento de una variedad de estacas de árboles y arbustos. También la misma mezcla resultó favorable en el enraizamiento de estacas de Picea abies L. (22, 52).

Por otra parte, Thiman y Delisle (52) encontraron que en general, una mezcla de 2 partes de arena por una parte de turba dieron resultados ligeramente superiores a los de la arena sola. En cambio, Kirkpatrick (34) relata que una mezcla 2:1 arena y turba de musgo constituye el mejor medio para estacas de coníferas.

b. Temperatura

La temperatura óptima varía con la especie. Vale la pena distinguir entre la temperatura del aire ambiente y la temperatura del medio de enraizamiento. El control de este factor es muy difícil en grandes espacios. En algunas especies basta la protección de las estacas de los rayos directos del sol. Sin embargo, en otros casos el enraizamiento implica el control de la temperatura ambiental y el uso de las camas calientes, lo que se puede conseguir solo bajo condiciones de invernadero.

En cuanto a las estacas de coníferas, Kirkpatrick (34) afirma que los resultados óptimos de enraizamiento se encontraron bajo un rango de temperatura de 60°F. durante la noche hasta 75°F. durante el día.

c. Luminosidad

Otro factor que puede afectar los procesos fisiológicos del

enraizamiento lo constituye la luz. A veces, la dosificación de la luz puede ser necesaria.

Los experimentos efectuados en la "Station Experimentale de l' Assomp^{tion}" (Provincia de Quebec, Canadá) se dedicaron a estudiar el efecto de la luz sobre el enraizamiento de estacas de Olmo, Ulmus americana L. Se cultivaron las estacas bajo vidrio, con alto porcentaje de humedad y diferentes intensidades de luz. Se encontraron los siguientes resultados:

- El Olmo puede enraizar a una baja intensidad de luz.
- Las intensidades más bajas dan en la mayoría de los casos mejores resultados que las intensidades sustancialmente altas.
- En ciertos casos, altas intensidades de luz dan resultados buenos pero no superiores a aquellos obtenidos a bajas intensidades. Además de estas conclusiones, se ha supuesto que la reducción de la luz disminuye el uso de la humedad por la planta y ayuda esta última a mantener su turgencia (41).

d. Humedad

En general, suele distinguirse entre la humedad absoluta y la humedad relativa. El primer concepto se refiere a la cantidad de vapor de agua por unidad de volumen de aire. La humedad relativa es la expresión del tanto por ciento de saturación. Está mas relacionada con la velocidad de evaporación del agua, de una superficie o de una planta (8, 40). En la propagación por estacas, la humedad relativa constituye un factor muy importante.

Cuando la atmósfera está seca la evapotranspiración es alta (40) y la desecación de la estaca puede ser el resultado de tal condición. Por esta razón la humedad relativa del ambiente debe ser muy alta a principios del estacado para reducir la evaporación y asimismo evitar la

marchitez de las estacas.

También el medio de enraizamiento debe estar siempre en condición apropiada de humedad y a la vez, debe ser adecuadamente aireada.

2. Tratamiento especial de las estacas

a. Acción de agentes físicos

Agua. El remojo de las estacas es en ciertas especies una práctica recomendable mientras que en otras puede constituir una práctica desfavorable al enraizamiento. La acción del agua como agente físico no ha sido aún el objeto de un estudio sistemático y profundo.

Refiriéndose al contenido de humedad de las estacas de álamo Zabielski (59), observó que las estacas de Populus robusta y P. regenerata dieron mejores porcentajes de arraigamiento cuando se las había remojado en agua durante 48 horas antes de sembrarlas. También un remojo de 24 horas resultó más beneficioso que sembrar las estacas sin remojárlas.

Calor y humo. Además del agua, el calor ha sido empleado para activar el arraigamiento (25). Tratando las estacas de Salix y de Populus con un baño caliente y corto, o con humo, Molisch citado por Verleyan pudo observar una acción favorable sobre el enraizamiento (57).

Radiación. En torno a los efectos de las radiaciones sobre la formación de raíces, muy poco ha sido publicado. Sparrow y Gunckel (50) creen que la irradiación gamma crónica de 1820 roentgens diarios tiene un efecto estimulante sobre la formación de raíces en los tallos de Kalanchoë spp. Tal estímulo se verifica en cierto tiempo al suspender la irradiación. Christensen y Sparrow citados por Sparrow y Gunckel (50) encontraron que la irradiación con rayos X duros, en zonas localizadas de tallos, causa la formación de raíces por encima de la zona

irradiada en esquejes de tallo de Impatiens spp.. Al sembrarlos en vermiculita después de exponerlos a 2000, 4000, 8000, 16000 y 32000 roentgens, se observó que las raíces se desarrollaban por encima del sector irradiado del tallo. El fenómeno se verificó con mayor intensidad en los esquejes cometidos a 16000 y 32000 roentgens. La zona irradiada murió con 2000 r o más.

b. Acción de las sustancias químicas

Antes de la comercialización de las hormonas, varios intentos habían establecido el valor de ciertos tratamientos con sustancias químicas. Soluciones de hidróxido de potasio, el bióxido de manganeso, el ácido acético, el permanganato de potasio así como otras sustancias han manifestado con diferentes grados efectos estimulantes y beneficiosas.

c. Influencia de las fitohormonas

Clases de fitohormonas. Con el uso de las fitohormonas la multiplicación por estacas ha conocido una nueva era. Especies consideradas como refractorias han podido arraigar.

Doran y McKenzie (17) señalan la posibilidad de propagar por estacas de madera suave las especies Ulmus japonica (Rehd) Sarg., U. americana L., U. parvifolio Jacq. y U. carpinifolio Gleditsch var. Buisman, a condición de que las estacas sean tratadas con ácido indolbutírico.

Importantes ensayos han sido realizados sobre la conveniencia y las dosis y formas más apropiadas de las hormonas. Usando estacas de Ilex, Pachysandra, Hibiscus, Acer y Chrysanthemum, Hitchcock y Zimmerman (28) encontraron un efecto beneficioso de los ácidos indolacético, indolpropiónico, indolbutírico o naftalenoacético sobre el enraizamiento. El número de raíces aumentó y, a la vez, estas salieron de una área más grande del tallo en comparación con los testigos.

También se comprobó que soluciones concentradas de ácido indolbutírico estimula el enraizamiento de varias especies del género Acer. Enright (19) menciona que con tal tratamiento se observaron raíces más largas y más numerosas, un aumento en el porcentaje de estacas arraigadas, una reducción del período necesario para el arraigamiento y una extensión de la estación favorable a la propagación.

En cuanto al Pinus pinaster, Machado (37) señala que en el Portugal se obtuvieron buenos resultados al multiplicar esta especie por estacas tratadas con 2% de ácido traumático en pasta de lanolina. También se han hecho estudios sobre la respuesta de las estacas de Cryptomeria a tratamientos hormonales u otros. Durante el período 1954-1957, se llevaron a cabo experimentos dedicados al enraizamiento de estacas provenientes de viejos árboles de dicha especie. La aplicación de alfa-naftaleno acetato de sodio resultó muy beneficioso especialmente cuando este tratamiento fue precedido de una aspersion con una solución de sucrosa. Un pre-tratamiento con solución de $K Mn O_4$ resultó menos eficaz que la de sucrosa. Igualmente menos propicia se quedó una aspersion foliar con urea. Los mejores resultados se obtuvieron al utilizar camas calentadas electricamente en combinación con el tratamiento hormonal después de una aspersion de sucrosa (58).

Por otra parte, Doran y otros (18) encontraron que las estacas de Pinus strobus L. recoleccionadas en la última parte del invierno y a partir de las ramas bajas arraigan bien y regularmente rápido cuando fueron tratadas con una solución relativamente fuerte de ácido indolbutírico.

Especificidad de las fitohormonas.

Un buen número de sustancias químicas tiene efectos estimulantes sobre el enraizamiento de las estacas pero solo tres de estas son utilizadas en escala mayor. Son los ácidos indolacético, indolbutírico y naftaleno acético. Se ha encontrado que existe una cierta especificidad hormonal. Todas las fitohormonas no producen el mismo efecto en todas las plantas. Por otra parte, siendo aplicada una determinada hormona, los resultados suelen variar según la concentración, el medio, el método de aplicación y la época del año.

Griffith (23) encontró la superioridad del ácido indolbutírico sobre los ácidos indolacético y naftalenoacético en el enraizamiento de estacas de Pseudotsuga taxifolia Britt. y Picea sitchensis (Bongard) Carrière.

En otros experimentos, Hitchcock y Zimmerman (27) encontraron que las sales potásicas de los ácidos mencionados eran más eficaces que los mismos ácidos.

Por otra parte, el ácido indolacético dió 91.5% de enraizamiento, aplicado a estacas de Robinia pseudoacacia; el ácido naftalenoacético resultó ser casi tan eficaz como el anterior pero su acción fue definitivamente más lenta; el ácido indolbutírico resultó ser relativamente inferior (51).

Baptist (3) anota que el ácido naftalenoacético fue más eficaz que el indolacético en las estacas de Hevea brasiliensis.

Forma de aplicación

Las fitohormonas se aplican generalmente en solución, en pasta o en polvo. Sus efectos pueden variar con el transportador o el solvente

así como las especies. Numerosos experimentos usando diferentes transportadores se llevaron a cabo acerca de la eficacia de las diferentes formas comerciales de hormonas. La opinión de la mayoría de los investigadores parece favorable a las presentaciones en polvo de talco (20).

Trabajando con varias especies, Hitchcock y Zimmerman (28) encontraron que el remojo de las puntas basales de las estacas en una solución acuosa de sustancias de crecimiento resultó particularmente eficaz en los géneros Ilex, Taxus, Hibiscus y Pachysandra. Este método parece ofrecer mejores posibilidades para iniciar el crecimiento de las raíces en la estaca que el uso de preparación en lanolina de las mismas sustancias. En lo que se refiere a la concentración, las soluciones acuosas fueron de 100 hasta 500 veces más eficaces que las preparaciones en lanolina.

Dosis

La influencia de la dosis aplicada sobre el enraizamiento es muy importante ya que variando la dosis se pueden encontrar diferentes porcentajes de arraigamiento.

Al respecto, Chiba y Kotani (7) relatan un estudio realizado en el Japón y en el cual se usaron estacas de 5 cm. de largo extraídas de un árbol de 10 años. El material vegetativo fue tratado con el B-indolacético de Potasio a las concentraciones de 0.04, 0.12 y 0.20%. El remojo en agua pura constituyó el tratamiento testigo. Resultó que el uso de la hormona había acortado el período necesario para el enraizamiento y, a la vez, había aumentado la cantidad de raíces. Con mayor concentración se observó mejor resultado, excepto en las estacas recoleccionadas en octubre y noviembre.

En otros estudios llevados a cabo en el Japón, se utilizaron estacas de Pinus densiflora Sieb. & Zucc. con 0.5 cm. de diámetro y 5 cm. de largo. Se usaron dosis de 10 y 1 mg/gramo de ácido indolacético y talco, y tres medios diferentes (arena quartzica, vermiculita, suelo). Los mejores resultados se observaron con la dosis más alta y en el medio compuesto de quartzo y arena. Algunas de las estacas plantadas en la vermiculita prendieron mientras que las sembradas en el suelo murieron todas (32).

Por otra parte, Griffith (23) observó que las concentraciones más eficaces fueron de 25 y 5 partes por millón de ácido indolbutírico respectivamente para las estacas de Pseudotsuga taxifolia Britt. y Picea sitchensis (Bongard) Carrière.

Aplicándose el ácido indolacético a estacas de "madera verde" de Acer rubrum L. y Acer saccharum Marsh., los porcentajes más elevados de prendimiento se obtuvieron a las concentraciones de 200 mg/litro y 50 mg/litro respectivamente para la primera y la segunda especie (49).

Además, el tratamiento de 24 horas con una solución conteniendo de 4 a 20 mg. de ácido indolacético por 100 centímetros cúbicos o 2 a 10 mg. de ácido indolbutírico o ácido naftaleno acético por 100 cc fue eficaz para varias especies. Soluciones conteniendo de 1 a 4 mg. por 100 cc. fueron igualmente eficaces cuando la duración del tratamiento fue de 2 a 4 días (28).

III. MATERIALES Y METODOS

1. Ubicación del campo experimental

Los diferentes ensayos exploratorios de que consta el presente trabajo se llevaron a cabo en el vivero del Departamento de Recursos Renovables del Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados, Turrialba, Costa Rica. Geográficamente el Centro se determina aproximadamente por $9^{\circ} 53'$ de latitud N y $83^{\circ} 39'$ de longitud E. Su elevación es de 602 metros sobre el nivel del mar. El año 1961, la temperatura se ha caracterizado por una media anual de $22^{\circ} 38'C$; la máxima y la mínima absoluta han alcanzado 31.7 y $10.8^{\circ}C$. respectivamente.

Durante el tiempo que duraron los ensayos la precipitación, la temperatura y la humedad relativa se distribuyeron así:

Mes	Precipitación en mm.	Temperatura en $^{\circ}C$. (Promedios)			Humedad re- lativa % Promedio diario
		Max. $^{\circ}C$	Min. $^{\circ}C$	Media	
Enero de 1961	85.0	27.22	15.02	21.12	84.09
Febrero	5.0 ←	28.22	14.96	21.57	80.45
Marzo	42.5	28.44	15.74	22.09	82.05
Abril	56.9	28.85	16.24	22.54	81.52
Mayo	145.1	27.90	17.00	22.45	88.43
Junio	361.5 ↗	27.54	17.27	22.41	90.99
Julio	359.8	27.11	18.30	22.71	88.80
Agosto	166.5	27.54	18.58	23.06	86.75
Septiembre	262.2 ↗	27.50	17.83	22.67	86.38
Octubre	255.9	27.84	17.84	22.84	87.58
Noviembre	385.4	27.12	17.64	22.38	87.30
Diciembre	247.	27.51	17.82	22.66	87.54
Total	2373.5	332.79	204.24	268.50	1031.88
Promedio	181.1	27.73	17.02	22.38	85.99

En cuanto a la textura, el suelo del vivero en su estado natural es una arcilla húmica limosa, pero debido a las aplicaciones repetidas de arena y ceniza el mismo ha vuelto a un medio bien permeable y favorable al desarrollo de brinzales forestales.

2. Grupos de ensayos

El presente trabajo constó de tres grupos de ensayos:

- a) Arraigamiento de 21 especies tropicales, bajo condiciones naturales.
- b) Arraigamiento de estacas de cuatro especies tropicales, con y sin hormona.
- c) Arraigamiento de estacas irradiadas de Cordia alliodora (R. & P.) Cham. y Cedrela mexicana Roem.

3. Equipo de propagación y medio de enraizamiento

En los ensayos bajo condiciones naturales y con hormona se emplearon los métodos rutinarios de preparación de suelo. Se establecieron eras de 1.20 m. de ancho, tratando de uniformizar la tierra lo más posible. Estas camas de propagación fueron protegidas lateralmente por unas tablas. Por encima, la protección se consiguió mediante una "pantalla" plegable formada de varillas de Bambú unidas entre ellas por un hilo metálico. Este abrigo de 1.70 m. de ancho se colocó horizontalmente a 2 metros por encima de la era donde quedó durante los cuatro meses que duraron los ensayos.

En estas eras se plantaron las estacas en la tierra pura en el caso del ensayo bajo condiciones naturales mientras que el medio de enraizamiento, para el ensayo con hormona, se compuso de tres partes de tierra y una de arena de río.

En el último ensayo, el equipo usado fue diferente. Se levantó un

invernadero con varillas de caña brava (Gymnerium sagittatum Beauv.) y una armadura de madera. El techo de este invernadero fue cubierto de polietileno negro.

Respecto al medio de enraizamiento, se usó una mezcla de 50% de tierra y arena colocada en bolsas de polietileno blanco (15.3 x 32.0 cm.).

4. Especies ensayadas y preparación de las estacas

a. Origen de las estacas

Los árboles padres usados en los ensayos bajo condiciones naturales y con irradiación se encontraron en la zona de Turrialba, Costa Rica. Las estacas empleadas en el ensayo con hormona fueron preparadas a partir de plantas encontradas en el Vivero de la Sección Forestal del Gobierno de Costa Rica (Finca Los Lotos, Avance). Todos los árboles padres crecían en plena luz.

b. Herramientas usadas

Se usó un cuchillo bien afilado para cortar las estacas de madera dura y una cortapluma para las de madera suave.

c. Características de las estacas

Las estacas de 30 cm. de largo se prepararon de las ramas bajas, excepto en el caso de Fraxinus en el cual se usaron brinzales enteros. El diámetro de las estacas varió de 0.25 hasta 2 cm. Dentro de cada especie los diámetros ~~diámetros~~ fueron casi iguales.

Como la mayoría de las estacas no tenían hojas, las pocas que tenían fueron eliminadas evitando dañar las yemas latentes.

En los Cuadros Nos. 1 y 2 se indican las especies ensayadas en los experimentos bajo condiciones naturales y con o sin hormona. También se indican la edad de los árboles padres, el diámetro de las esta-

CUADRO Nº 1. Especies forestales. Características de las estacas y fecha de siembra en el ensayo bajo condiciones naturales.

Especies	Edad del árbol padre año	Fecha de recolección y siembra	Diámetro promedio en cm.	Número de estacas sembradas
<u>Alnus jorullensis</u> H.B.K.	1	Junio 30, 1961	0.25	50
<u>Casuarina equisetifolia</u> Forst.	4	Febrero 4, 1961	0.25-1.50	30
<u>Casuarina equisetifolia</u> Forst.	4	Abril 26, -	1.20	40
<u>Casuarina equisetifolia</u> Forst.	4	Junio 30, -	1.00	50
<u>Casearia sylvestris</u> Sw.	12-15	Abril 26,	1.50	39
<u>Castilla elastica</u> Cerv.	Retoño de 2 años	Abril 26,	1.50	40
<u>Cedrela mexicana</u> Roem.	5-6	Abril 26,	1.70	32
<u>Cordia alliodora</u> (R.&P.) Cham.	1½ ✓	Junio 30,	0.90 ✓	50
<u>Cordia alliodora</u> (R.&P.) Cham.	4-5 ✓	Abril 26,	1.50 ✓	40
<u>Cupressus lusitanica</u> Mill.	6	Abril 26,	1.70	40
<u>Dalbergia funera</u> Standl.	5-6	Abril 26,	1.50	32
<u>Dalbergia tucurensis</u> Donn. Smith	5-6	Abril 26,	1.50	32
<u>Erythrina poeppigiana</u> (Walp) O.F.Cook	5	Abril 26,	1.60	33
<u>Eucalyptus saligna</u> Smith	1½	Junio 30, -	0.30	50
<u>Gliricidia sepium</u> (Jacq.) Steud.	11	Abril 26,	1.20	40
<u>Guarea</u> spp.	40 años†	Enero 23,	2.00	40
<u>Lacistema aggregatum</u> (Berg) Rusby	10	Abril 26,	1.50	40
<u>Lagerstroemia tomentosa</u> Presl.	12-15	Abril 26,	1.70	32
<u>Pentaclethra macroloba</u> (Willd.) Kuntze	6	Abril 26,	1.80	32
<u>Persea cacrulea</u> (Ruiz & Pavón) Mez.	4	Abril 26,	1.50	32
<u>Swietenia macrophylla</u> King.	6	Abril 26,	1.70	32
<u>Tectona grandis</u> L.	15-16	Enero 23,	2.00	50
<u>Triplaris americana</u> L.	12	Julio 20,	1.30	90

cas y las fechas de recolección y de plantación de las mismas.

5. Métodos especiales aplicados en el arraigamiento de cuatro especies tropicales con y sin hormona.

* Este ensayo se llevó a cabo en un factorial de 2 x 4 en bloques al azar con 5 repeticiones. Cada parcela tenía ocho estacas. Se usaron cuatro especies.

En el Cuadro Nº 2 se indican las características de las estacas. Se prepararon 80 estacas de cada especie, de las cuales 40 fueron tratadas con el polvo Seradix B₃. Este producto comercial es una mezcla de ácido indolbutírico y de ácido naftalenoacético a la concentración de 12 ppm. Para aplicar el Seradix B₃, se colocó individualmente la base húmeda de cada estaca en dicha hormona hasta una profundidad de 2 cm.

CUADRO Nº 2. Especies forestales. Características de las estacas y fecha de siembra en el ensayo con hormonas.

Especies	Edad del árbol padre meses	Fecha de recolección y siembra	Diámetro en cm.	Número de estacas sembradas
<u>Cupressus lusitanica</u> Mill	18	Julio 22-23/1961	0.40	80
<u>Eucalyptus botryoides</u> Smith	9	-	0.25	80
<u>Eucalyptus robusta</u> Smith	9	-	0.25	80
<u>Fraxinus americana</u> L.	12	-	0.75	80

6. Métodos especiales aplicados en el arraigamiento de estacas irradiadas de Cordia alliodora y Cedrela mexicana.

Este ensayo se diseñó en un factorial de 2 x 8 con cinco repeticiones. Se emplearon ocho estacas por parcela.

Se prepararon 320 estacas de Laurel (Cordia alliodora) y 320 de

Cedro (Cedrela mexicana), las cuales tenían 1.5-2.0 cm. de diámetro.

La irradiación de este material se llevó a cabo en el campo Gamma donde se está usando una fuente de Cesio 137 de 840 curios. En cada bloque hubo una parcela control para cada especie.

Se aplicaron dosis de 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 roentgens, según las parcelas. Para eso, las estacas se colocaron en posición vertical alrededor de la fuente de tal manera que esta se encontró al nivel del punto medio de las estacas. Se usó para este fin, un soporte de madera perforado en el centro para dar paso al tubo protector de la fuente y rodeado por una malla metálica que mantenía las estacas en posición vertical. Para aplicar las diferentes dosis, las estacas se pusieron a la misma distancia de la fuente, haciendo variar tan sólo el tiempo de irradiación.

Esta operación se realizó en dos tiempos. El 3 de agosto de 1961, en la tarde, se irradiaron 64 estacas de cada una de las dos especies. Estas se sembraron en la mañana siguiente, constituyendo asimismo el Bloque I. Después, el 7 del mismo mes se efectuó la irradiación de las demás estacas, las cuales se plantaron en la mañana siguiente, formándose de esta manera los Bloques II, III, IV y V.

7. Cuidos después de la siembra

Después de la siembra, se aplicó diariamente un riego de media hora. Para este fin se usó en los ensayos bajo condiciones naturales y con hormonas una manguera ordinaria. En el ensayo con estacas irradiadas, se utilizó una manguera perforada colocada a unos dos metros encima de las estacas.

También se practicó la limpieza de malas y^herbas para evitar cualquier competencia.

8. Recolección de datos

Cuatro meses después de ser plantadas, se sacaron todas las estacas las cuales fueron contadas según las siguientes categorías:

- a) Estacas muertas. En esta categoría se agruparon todas las estacas secas o que obviamente no presentaban ningún signo aparente de vida.
- b) Estacas vivas. Bajo este grupo se colocaron las estacas verdes que no habían formado el tejido cicatrizal llamado callo.
- c) Estacas con callo. En esta categoría se agruparon aquellas estacas que, además de estar verdes o bien vivas, habían producido el indicado tejido cicatrizal.
- d) Estacas arraigadas. Aquí se trata de las estacas que han arraigado. Sus partes subterráneas fueron lavadas con suma precaución.
- e) Número de raíces. Después de lavadas, las raíces fueron contadas una por una. Dividido entre el número de estacas arraigadas, el número de raíces permitió determinar el número promedio de raíces por estacas prendidas.
- f) Después de contadas, las raíces fueron medidas individualmente mediante una regla. La suma de ^{la longitud} ~~los largos~~ de las raíces fue dividida entre el número total de raíces para determinar la longitud promedio de las raíces.

IV. RESULTADOS

Para facilitar la presentación de los resultados se indicarán en forma separada los resultados de los tres grupos de ensayos.

A. Arraigamiento de 21 especies tropicales, bajo condiciones naturales

1. Especies arraigadas cuatro meses después de la plantación

Siete de las 21 especies ensayadas han arraigado como se puede observar en el Cuadro N^o 3. Estas siete especies son: Casuarina equisetifolia, Cordia alliodora, Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium, Lacistema aggregatum, Swietenia macrophylla y Triplaris americana. (Para mayor información vease las Gráficas N^o 1 y N^o 2 en las páginas Nos. 29 y 30.)

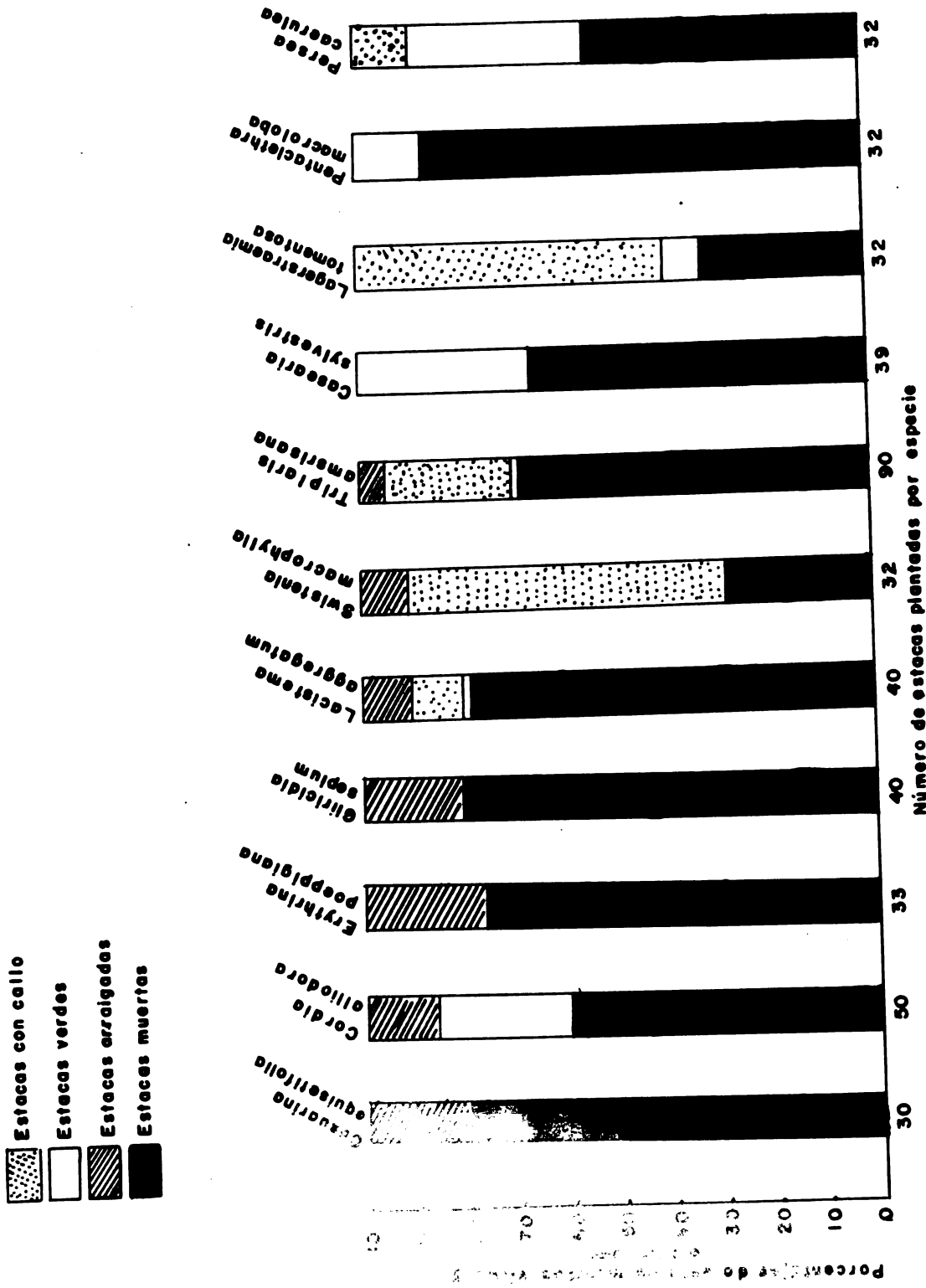
De los tres intentos que se llevaron a cabo para arraigar estacas de Casuarina equisetifolia, el primero se realizó el 4 de febrero de 1961. Se pudo observar 4 meses después que 20% de las 30 estacas sembradas habían arraigado. Las estacas tenían diámetros variando de 0.25-1.5 cm. y fueron preparadas de 3 árboles padres con 4 años de edad. Aunque relativamente bajo, el resultado mencionado pareció alagador y inspiró otros intentos.

Se inició un segundo ensayo el 26 de abril de 1961. Usándose los mismos árboles padres, se emplearon 40 estacas de 30 cm. de largo por un diámetro promedio de 1.2 cm. La aparición de las primeras yemas se verificó el 15 de mayo, menos de un mes después de la siembra. A esta fecha, 17 estacas habían brotado. El 8 de junio, el número de hojas fue 75. Luego el número de estacas con yemas y, consecuentemente el número de yemas empezó a bajar. Finalmente, al 14 de julio no existía

CUADRO Nº 3. Comportamiento de las estacas que mostraron cierto arraigamiento.

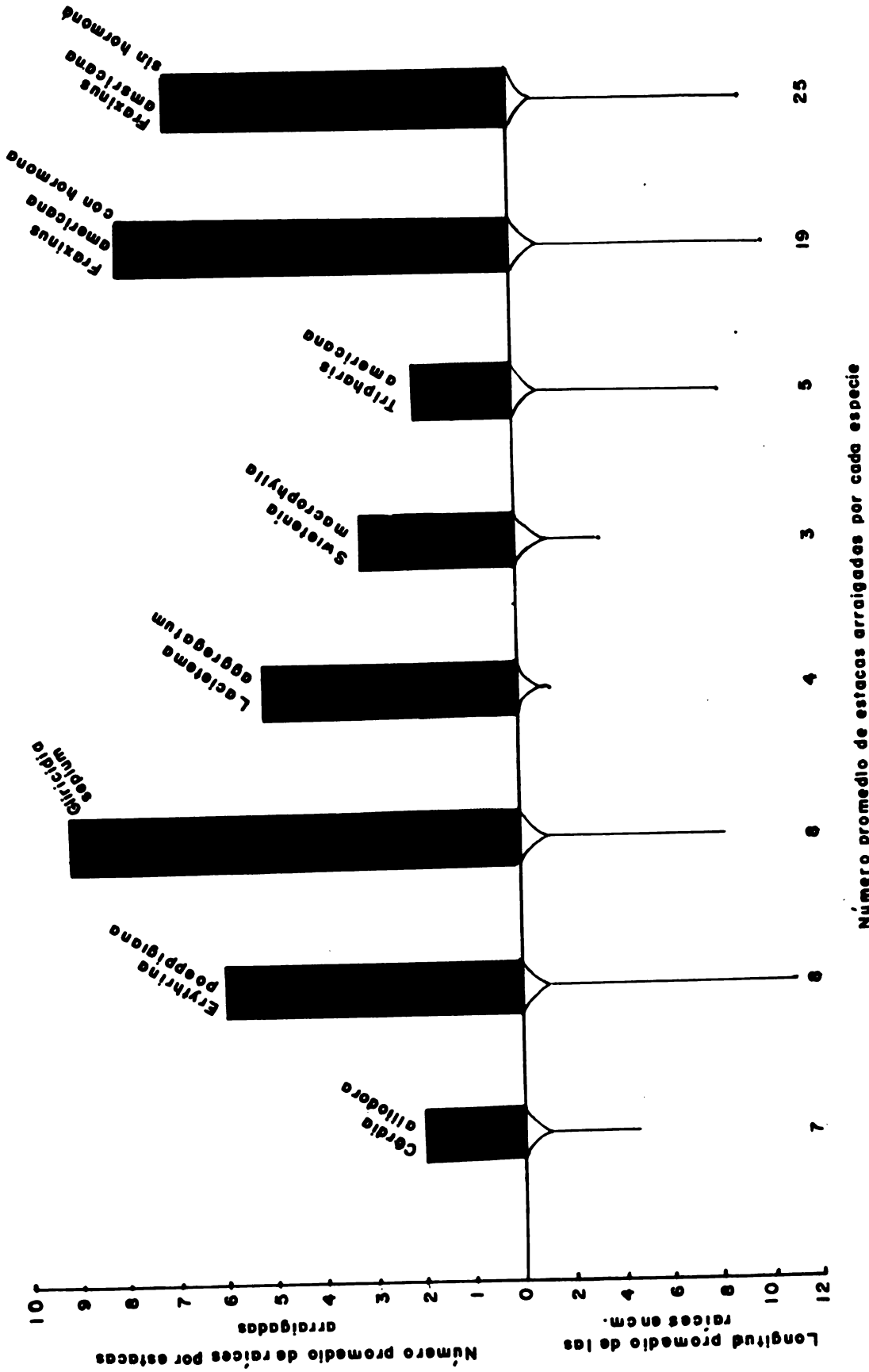
Especie	Número estacas plantadas N.º	Porcentaje estacas		Número Promedio de raíces p/estacas arraigadas	Largo promedio de una raíz (cm.)
		Muertas %	Vivas %		
<u>Casuarina equisetifolia</u>	30	80	-	20	* 5.5-
<u>Cordia alliodora</u>	50	60	26	14	2- 10.8
<u>Erythrina poeppigiana</u>	33	76	-	24	6 8.4
<u>Gliricidia sepium</u>	40	80	-	20	9 1.4
<u>Lacistema aggregatum</u>	40	78	2	10	5 3.8
<u>Swietenia macrophylla</u>	32	28	-	62	3 9.0
<u>Triplaris americana</u>	90	68	1	25	6

* No se contaron el número de raíces ni se midieron sus largos.



GRAFICA No 1 Observaciones sobre estacas de varias especies bajo condiciones naturales (cuatro meses después de la plantación)

En preparación de la tesis y de los artículos



GRAFICA No 2 Observaciones sobre el arraigamiento y el crecimiento.

una sola yema. Las estacas empezaron a secarse y al 26 de agosto las 40 estacas se habían secado. I'm sorry

Además en otro ensayo llevado a cabo el 30 de junio de 1961, se plantaron 50 estacas de 30 cm. con un diámetro promedio de 1.0 cm. Las estacas se prepararon a partir de los mismos árboles padres. No se verificó ningún enraizamiento de estacas. (Vease la Fig. 1 en la página N^o 32)

Cordia alliodora

Se realizaron dos ensayos con estacas de Cordia alliodora. El primero que se llevó a cabo el 26 de abril de 1961 no tuvo éxito; todas las estacas murieron. Las estacas tenían un diámetro promedio de 1.5 cm. y provinieron de árboles padres con 4-5 años de edad.

En el segundo ensayo, se utilizaron cincuenta estacas provenientes de cincuenta brinzales de un año y medio. Sembradas el 30 de junio del mismo año, 14% de las estacas pudieron arraigar. (Vease la Fig. 2 en la página N^o 33)

Erythrina poeppigiana

De las estacas sembradas, un 24% arraigaron muy bien. El promedio de raíces por estaca arraigada resultó de 6 y la longitud promedio de una raíz fue de 10.8 cm. El brote y la raíz más largos, fueron respectivamente de 42 y 47 cm.

Un 76% de las estacas habían muerto a la fecha de la última observación. Parece que tal mortalidad se debe a que las estacas fueron de madera demasiado joven. En efecto, las estacas de Erythrina que se plantan generalmente son de diámetro mayor al de las estacas que se usaron en el presente trabajo. Se pudo observar durante el ensayo que una buena cantidad de las estacas muertas verificaron la siguiente evolución.



FIGURA 1
ESTACA ARRAIGADA DE
CASUARINA EQUISETIFOLIA FORST
Cuatro meses después de la plantación

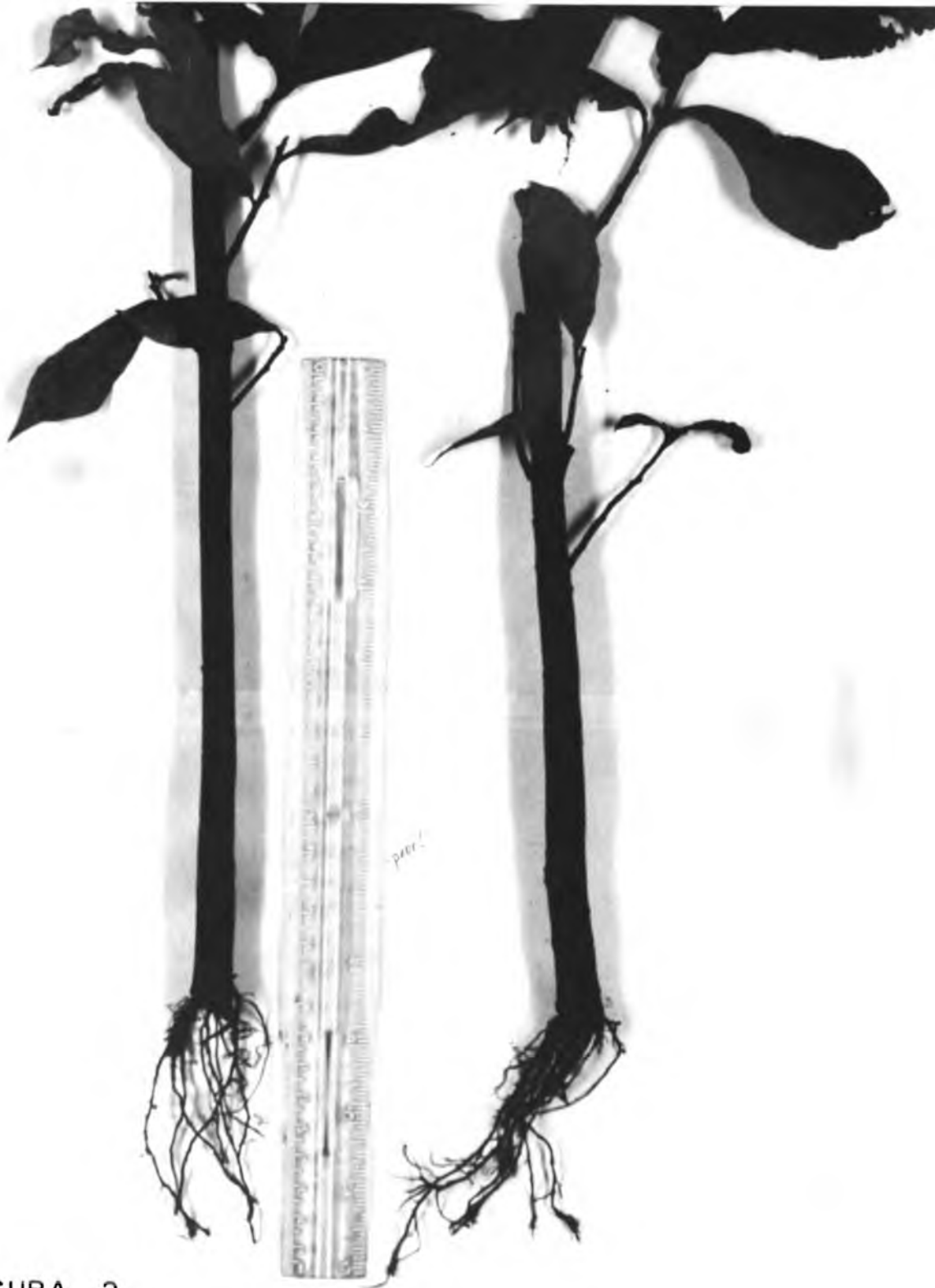


FIGURA 2

ESTACAS ARRAIGADAS DE CORDIA ALLIODORA (R.&P.) CHAM.

Cuatro meses después de la plantación

Echaron pocas yemas o ninguna, luego se observó la marchitez de la corteza mientras que se iniciaba en la punta superior una pudrición del centro de la estaca para afuera. (Véase la Fig. 3 en la página N^o 35.)

Gliricidia sepium

Ocho estacas o sea un 20% de las estacas arraigaron sobre las 40 plantas. Se formaron 76 raíces con una longitud promedio de 8.7 cm.

Las estacas arraigadas tenían un aspecto vegetativo muy bueno. El brote y la raíz más largo, medían respectivamente 38 y 40 cm.

Se esperaba un resultado mucho mejor ya que Gliricidia se propaga comúnmente por estacas en el levantamiento de cercos. Pero para este fin se usan de ordinario estacas de diámetro superior al de las estacas ensayadas en el presente trabajo. Todas las estacas echaron yemas y formaron hojas pero la mayoría de ellas perdieron las hojas que empezaron a caer; luego se secaron las estacas; de esta manera murieron 80% de las estacas sembradas. (Vease la Fig. 4 en la página N^o 36.)

Lacistema aggregatum

El ensayo con Lacistema aggregatum (Berg) Rusby se inició el 26 de abril. De las 40 estacas sembradas, 4 enraizaron o sea un porcentaje de 10%. El porcentaje de estacas muertas alcanzó 78%; 2% quedaron vivas y 10% habían formado callo.

Swietenia macrophylla

De las 32 estacas sembradas, 10% arraigaron y produjeron plantas aparentemente bien vivaces y fuertes. Sin embargo, tal resultado parece bajo en comparación con los 40% observados por Burgos en Tingo María (5). En aquella ocasión se usaron estacas de 25 cm. de largo por 1 a 2 pulgadas de diámetro, las cuales habían sido extraídas de los tallos de arbolitos con 2 años de edad.



FIGURA 3

ESTACA ARRAIGADA DE ERYTHRINA POEPIGIANA (Walp) Q.F. Cook
Cuatro meses después de la plantación



FIGURA 4

ESTACA ARRAIGADA DE GLIRICIDIA SEPIUM (JACQ) STEUD.

Cuatro meses después de la plantación

En el presente trabajo, el número promedio de raíces por estaca de Caoba fue 3 mientras que el largo promedio de una raíz resultó 3.8 cm.

Además, las estacas arraigadas tenían muy buena apariencia a la última observación, cuatro meses después de la plantación. (Véase la Fig. 5 en la página N^o 38.)

Triplaris americana

Se sembraron 90 estacas de las cuales 68% se secaron, 1% ~~se~~ quedó viva, 25% formaron callosidad mientras que un 6% arraigaron. Se verificaron un número promedio de 2 raíces por estacas arraigadas y un largo promedio de raíces de 9.0 cm.

La estaca que enraizó mejor tenía el aspecto de una planta en perfecto desarrollo. Tenía más de 6 hojas bien formadas y un brote de 30 cm. de largo. (Vease Fig. 6 en la página N^o 39.)

2. Especies no arraigadas cuatro meses después de la plantación.

De las 21 especies ensayadas, 14 no han logrado arraigar en ninguna de los ejemplares plantados. Son Alnus jorullensis, Casearia sylvestris, Castilla elastica, Cedrela mexicana, Cupressus lusitanica, Dalbergia funera, D. tucurensis, Eucalyptus saligna, Guarea spp., Lagerstroemia tomentosa, Pentaclethra macroloba, Persea caerulea, Tectona grandis y Virola Koschnyi.

Alnus jorullensis

Las estacas usadas en el presente trabajo fueron preparadas a partir de plantas madres con un año de edad. Su diámetro promedio era de 0.25 cm. La plantación se efectuó el 30 de junio de 1961. Ninguna estaca arraigó; todas habían muerto dos meses después de ser plantadas.





FIGURA 6

ESTACA ARRAIGADA DE TRIPLARIS AMERICANA L.

Cuatro meses después de la plantación

Conviene anotar aquí que Acosta-Solís (1) obtuvo resultado positivo al intentar el enraizamiento del Alnus jorullensis H.B.K., en el Ecuador.

Casearia sylvestris

Con Casearia sylvestris Sw. brotaron las primeras yemas el 15 de mayo o sea como ^(exactamente?) 19 días después de la siembra. El 8 de junio se pudo contar 148 hojas. Este número alcanzó 202 el 15 del mismo mes, y luego las hojas empezaron a caer. En la última observación se pudo contar cuatro hojas. Ninguna estaca arraigó; tampoco se formó la callosidad. Sin embargo, un 35.8% de las estacas plantadas quedaron vivas hasta los cuatro meses después de plantadas.

Castilla elastica

Tampoco, las estacas de Castilla elastica Cerv. lograron arraigar. No se produjo hoja ni yema. A los 45 días de sembradas, las estacas habían muerto completamente. Parece que por ser demasiado jóvenes y suaves, no eran adecuadas para fines de propagación. Siguieron una evolución análoga a la de las estacas de Erythrina.

Cedrela mexicana

Con Cedrela mexicana Roem. no se obtuvo éxito. Para esta especie, se emplearon 32 estacas con 1.7 cm. de diámetro promedio, las cuales se prepararon a partir de dos árboles de 5-6 años de edad. Sin embargo, se sabe que con el género Cedrela se han obtenido éxitos. En Haití, Cedrela odorata L. que parece sinónimo de C. mexicana en la opinión de muchos autores, se propaga comúnmente por estacas en el establecimiento de cercos vivos.

Además, plantándose directamente estacones de diámetro variando de $\frac{1}{2}$ hasta 2 pulgadas y otros estacones con diámetro alcanzando seis pulgadas, Castro (6) concluyó que las posibilidades de multiplicar la Cedrela spp. son buenas.

En sus trabajos experimentales, Acosta-Solís (1) pudo obtener el enraizamiento de estacas de Cedrela mexicana.

Cupressus lusitanica

Las estacas plantadas en este ensayo no arraigaron. De madera dura, con 1.7 cm. de diámetro, estas estacas se plantaron el 26 de abril de 1961. No reaccionaron de ninguna manera sino que se secaron. Sin embargo, conviene notar que tres estacas apicales, con un diámetro de 0.6 cm., se extrajeron de tres ramas bajas de un Ciprés de 18 meses. Se plantaron fuera de los ensayos, el 23 de julio de 1961 después de una aplicación de Seradix B₃. Una de estas estacas enraizó muy bien a los cuatro meses de la plantación.

Dalbergia funera

El 6 de mayo de 1961 o sea diez días después de la plantación, 15 de las 32 estacas de "madera dura" de Dalbergia funera, habían brotado 15 yemas. Treinta días más tarde, se podía contar 28 yemas en las mismas 15 estacas. El 7 de julio o sea dos meses después de la primera observación, el número de yemas cayó a dos y a los cuatro meses de la plantación, no había ni una sola yema.

En cuanto a las hojas, se podía contar 77 hojas, 42 días después de la plantación, siete hojas, 30 días más tarde y cero a los cuatro meses de la plantación. A este último plazo, todas las estacas habían secado completamente.

Dalbergia tucurensis

El 8 de junio o sea 34 días de sembradas, una de las 32 estacas de "madera dura" había brotado formando una yema. Siete días más tarde se podían contar dos yemas. A la próxima observación o sea siete días después, sobrevivía una sola yema.

No se formó ni una sola hoja y cuatro meses después de la plantación todas las estacas se habían secado.

Eucalyptus saligna

Las estacas de Eucalyptus saligna Smith descritas en el Cuadro Nº 1 no han arraigado. En Piracicaba, Brasil, tampoco se habían encontrado resultados positivos (24). En estos últimos experimentos se habían empleado estacas de 20 cm. de largo con un ^{1 cm} centímetro de diámetro. Estas estacas se habían preparado con ramitas de plantas de un año.

En Australia, se llavaron a cabo intentos para enraizar estacas de unos eucalyptos. Un control muy cuidadoso pareció ser de importancia en arraigar las estacas de Eucalyptus macrorrhyncha, E. dives y E. dalrympleana permitieron vislumbrar buenos resultados pero la mayoría se secaron o murieron por ataques de hongos a pesar de la sombra y del calentamiento (56).

Otro informe del mismo lugar relata resultados positivos obtenidos en enraizar estacas de Eucalyptus blakelyi, E. bicostata, E. globulus, E. maculosa, E. grandis, E. bosistoana, E. racemosa. En el mismo informe se subraya que tal éxito implica el uso de brotes nuevos, la sombra parcial y la plantación de las estacas en otoño o invierno. Además, el calentamiento del suelo parece propicio (55).

Guarea spp.

En cuanto a *Guarea*, no se observó ningún resultado positivo. Las estacas de "madera dura" empleadas se prepararon a partir de un árbol de por lo menos 40 años de edad. Se plantaron el 26 de abril de 1961. No arraigaron; tampoco produjeron hojas ni yemas. Se secaron completamente dentro de los dos meses siguientes a la siembra.

Persea caerulea

En este ensayo, las primeras yemas se observaron 19 días de la plantación. A este tiempo, dos estacas habían brotado mostrando dos yemas; todavía no se habían formado hojas.

A los 30 días de la plantación, se pudo contar diez estacas brotadas con 47 hojas bien formadas. Siete días más tarde, el número de estacas brotadas fue de 22 con 73 hojas. Luego estos números empezaron a bajar hasta cero hasta la última observación practicada cuatro meses después de la plantación.

En esta última fecha, o sea el 26 de Agosto, 17 estacas habían muerto, 11 estaban vivas pero sin hojas ni yemas y cuatro habían formado callosidad.

Lagerstroemia tomentosa

En cuanto a *Lagerstroemia tomentosa*, la apariencia de la parte aérea de las estacas dió a pensar que iban a enraizar con cierto éxito. Yemas y hojas empezaron a aparecer 43 días después de la siembra. A la última observación se pudo contar 114 hojas. Sin embargo, no se verificó ninguna formación de raíz. La callosidad se observó en 62% de las estacas plantas en comparación con 1 y 68% de estacas vivas y muertas, respectivamente. Esta última observación se hizo cuatro meses después de la plantación.

Pentaclethra macroloba

Las 32 estacas de Pentaclethra usadas en este ensayo eran de "madera dura" y fueron plantadas el 26 de abril. Treinta días después, una estaca había brotado formando una yema. Siete días más tarde, habían 5 yemas en la misma estaca; luego este número empezó a bajar hasta caer a cero a la última observación hecha cuatro meses después de la plantación. No se verificó ninguna formación de hoja ni de raíz. Un 87.9% de las 32 estacas plantadas habían muerto y un 12.1% habían producido callosidad, manteniendo su color verde en un plazo de cuatro meses.

Tectona grandis

Las estacas de teca (Tectona grandis) no enraizaron. Dos de las 50 plantadas formaron dos hojas y produjeron callosidad. Conviene anotar que estas hojas nunca se han podido desarrollar normalmente. Se quedaron como anormales.

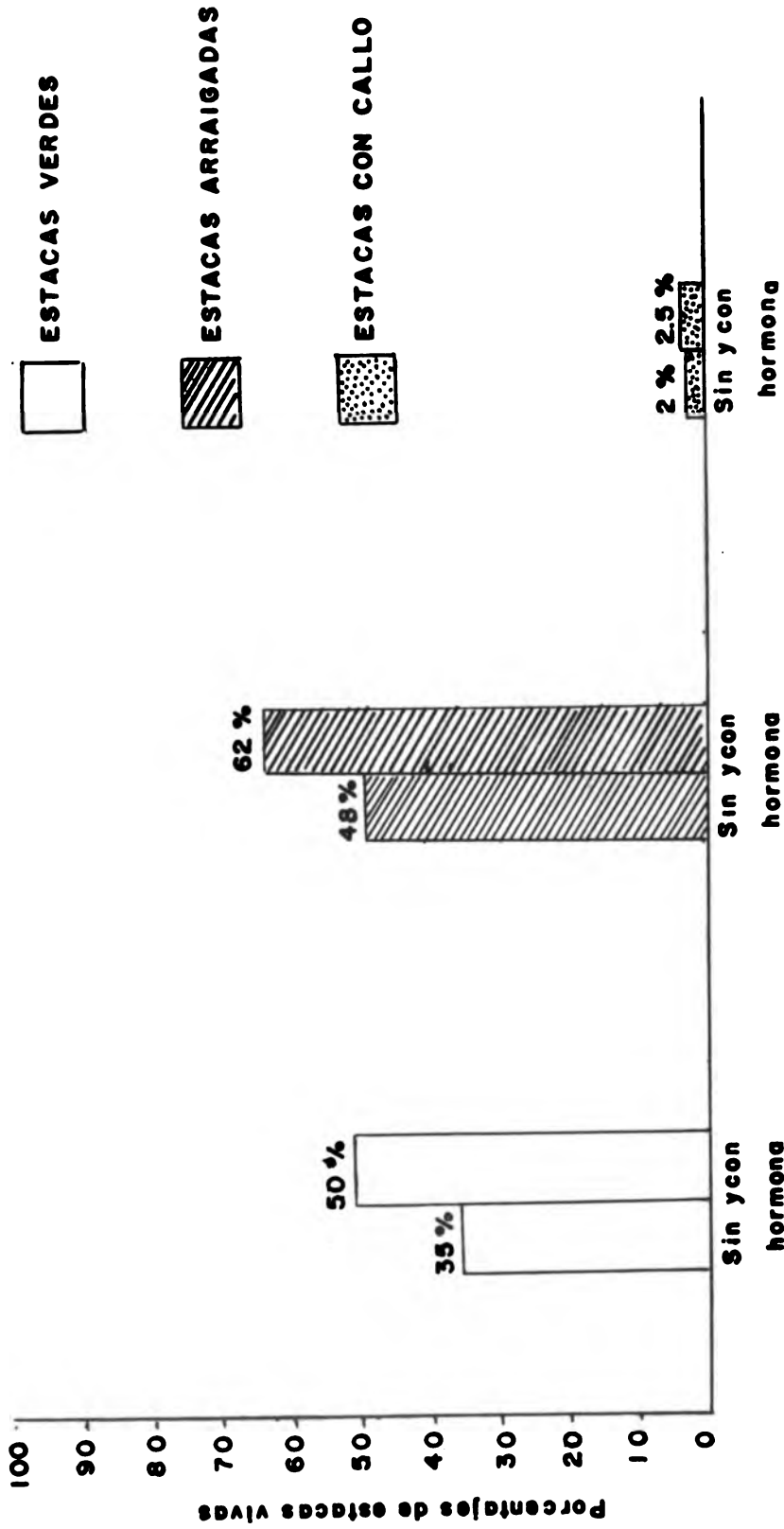
Virola koschnyi

A los dos días de ser plantadas, las 32 estacas de Virola empezaron a secarse. Diez días más tarde, la desecación era completa.

B. Arraigamiento de cuatro especies tropicales con y sin hormona

1. Especie arraigada

De las cuatro especies ensayadas, solo las estacas de Fraxinus americana obtuvieron cierto porcentaje de enraizamiento, tres meses y medio después de la plantación. Diecinueve o sea 47.5% de las 40 estacas testigos arraigaron; en las parcelas tratadas con hormona, 25 estacas o sea un 62.5% arraigaron. (Para mayor información vease las Gráficas N^o 2 y N^o 3 en las páginas 30, y 45 y la Fig. 7 en la página N^o 46.)



GRAFICA No 3 Observaciones sobre las estacas de Fraxinus

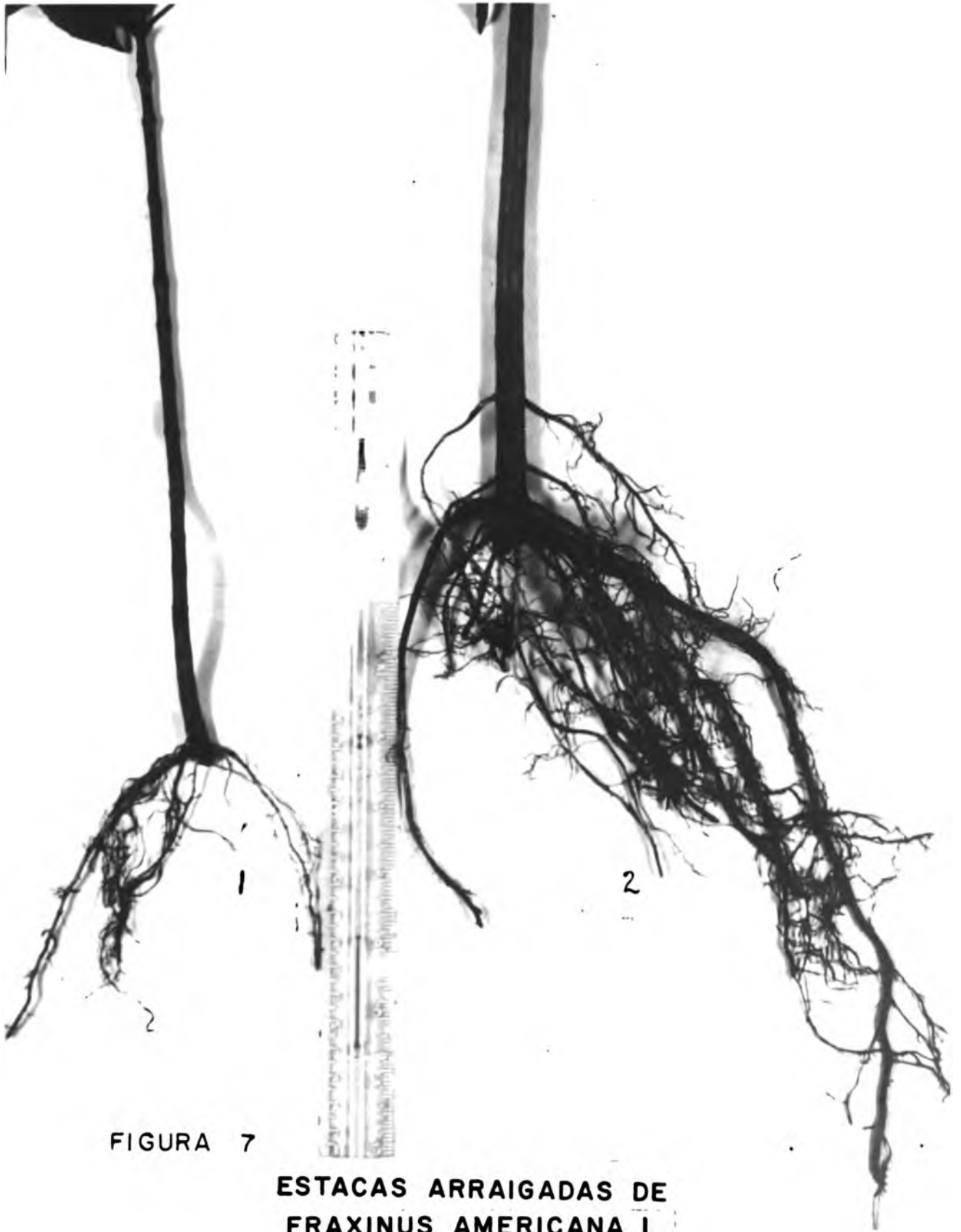


FIGURA 7

**ESTACAS ARRAIGADAS DE
FRAXINUS AMERICANA L.**

Tres meses y medio después de la plantación

1 Testigo, 2 Tratada con Seradín B₃

En el Cuadro Nº 4 se indican el número de estacas arraigadas y el número de raíces.

CUADRO Nº 4. Número de estacas arraigadas y número de raíces formadas en las parcelas de Fraxinus americana.

Bloque	Sin Hormona		Con Hormona		Total	
	No. de Estacas	No. de Raíces	No. de Estacas	No. de Raíces	No. de Estacas	No. de Raíces
I	3	21	5	34	8	55
II	6	50	7	69	13	119
III	4	24	8	52	12	76
IV	4	22	4	28	8	50
V	2	12	1	11	3	23
TOTAL	19	129	25	194	44	323
PROMEDIO	3.8	25.8	5.0	38.8		
ERROR STANDARD	= + 3.556					

El análisis estadístico de los números de estacas arraigadas en las parcelas testigos y en las parcelas tratadas indicó que no había una diferencia significativa.

Por otra parte, se observó un número total de raíces de 129 en los testigos y 194 en las estacas tratadas con hormonas. Al respecto, estas últimas tuvieron una superioridad significativa al 10%.

CUADRO Nº 5. Análisis de variancia. Número de raíces.

F. de var.	GL	SC	cm	F
Bloque	4	2562,6	640,65	10.13 ⁺
Tratamiento	1	422,5	422,5	6.68 ^o
Error	4	253,0	63,25	
Total	9	3238,1		

+ Significativo al 5%

o Significativo al 10%

2. Especies no arraigadas

Las estacas de Cupressus lusitanica, Eucalyptus botryoides y E. robusta no han arraigado.

Cupressus lusitanica

En el tratamiento con hormona, una estaca sobre las 40 plantadas brotó diez yemas. Esta observación se hizo 19 días después de la plantación. Las demás estacas se secaron en los dos meses siguientes a la plantación.

Eucalyptus botryoides

Nueve de las estacas tratadas con hormona lograron producir 29 yemas en comparación con las 34 yemas formadas por 14 estacas testigos. No se formó hoja. Dos meses después de la plantación, todas las estacas estaban secas.

Eucalyptus robusta

Diecinueve días después de la plantación se pudo observar que se habían producido seis yemas en dos de las 40 estacas tratadas con hormona. Luego estas dos estacas se secaron como las demás en un plazo de un mes y medio después de la plantación.

CUADRO Nº 5. Análisis de variancia. Número de raíces.

F. de var.	GL	SC	cm	F
Bloque	4	2562,6	640,65	10.13 ⁺
Tratamiento	1	422,5	422,5	6.68 ^o
Error	4	253,0	63,25	
Total	9	3238,1		

+ Significativo al 5%
 o Significativo al 10%

2. Especies no arraigadas

Las estacas de Cupressus lusitanica, Eucalyptus botryoides y E. robusta no han arraigado.

Cupressus lusitanica

En el tratamiento con hormona, una estaca sobre las 40 plantadas brotó diez yemas. Esta observación se hizo 19 días después de la plantación. Las demás estacas se secaron en los dos meses siguientes a la plantación.

Eucalyptus botryoides

Nueve de las estacas tratadas con hormona lograron producir 29 yemas en comparación con las 34 yemas formadas por 14 estacas testigos. No se formó hoja. Dos meses después de la plantación, todas las estacas estaban secas.

Eucalyptus robusta

Diecinueve días después de la plantación se pudo observar que se habían producido seis yemas en dos de las 40 estacas tratadas con hormona. Luego estas dos estacas se secaron como las demás en un plazo de un mes y medio después de la plantación.

C. Arraigamiento de estacas irradiadas de Cordia alliodora y Cedrela mexicana

En este ensayo todas las estacas de Cordia alliodora incluso los testigos, murieron. La razón quedó difícil de encontrar. En cuanto a la Cedrela mexicana, cuatro estacas sobre las 320 sobrevivieron. Estas cuatro estacas pertenecían a los tratamientos de 200, 500, 1000 roentgens y una pertenecía a los testigos. La estaca irradiada con 1000 r. produjo 7 hojas y dos raíces de 2 y 3 mm. cada una. La con 200 r. tenía callosidad y una hoja mientras que la estaca tratada con 500 r. era verde, no tenía hojas ni yemas.

En cuanto a la estaca sobreviviente perteneciente a los testigos, tenía cinco yemas y 9 hojas.

Parece que las técnicas usadas no son las más apropiadas. Tampoco las dosis no fueron posiblemente adecuadas. Se puede suponer que dosis 2, 4, 8, 16 y 32 kilo-roentgens aplicadas en determinadas secciones de la estaca podrían dar algunos resultados positivos como en el caso de los esquejes de Impatiens, en los cuales se desarrollaron raíces encima de las zonas irradiadas (50).

Por otra parte, se ha observado que el número de estacas brotadas contadas durante el ensayo, empezó a bajar definitivamente con la dosis de 1000 roentgens.

V. DISCUSION Y CONCLUSIONES

De los ensayos llevados a cabo en el presente trabajo, puede derivarse las siguientes conclusiones:

Las especies Casuarina equisetifolia, Cordia alliodora, Lacistema aggregatum, Swietenia macrophylla, Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium, Triplaris americana pueden propagarse por estacas, bajo condiciones de vivero.

Fraxinus americana puede reproducirse por estacas preparadas a partir de plantas con un año de edad, bajo condiciones naturales.

Los resultados del ensayo con estacas irradiadas de Cordia alliodora y Cedrela mexicana parecen indicar que las técnicas aplicadas no fueron adecuadas.

La gran heterogeneidad inherente a cualquier material biológico oscurece a menudo los resultados obtenidos. Las investigaciones efectuadas con un pequeño número de estacas por parcela o con un pequeño número de repeticiones de las parcelas acusan a veces tanta variación que no permiten analizar satisfactoriamente los resultados.

Además, la gran diversidad que puede observarse no sólo de una especie a otra sino de una variedad a otra y aun dentro de individuos de la misma variedad, muestra la influencia preponderante de los factores genéticos y fisiológicos. Por otra parte, las condiciones externas son también determinantes en el éxito del estacado y hay buenas razones para sospechar que un mejor control de las mismas puede conducir a mejores resultados.

Por estas razones, el autor del presente trabajo considera sus resultados sólo como una primera indicación de la posibilidad de propagar por estacas ciertas de las especies ensayadas. Si, de una manera general,

los ensayos relatados aquí demuestran dicha posibilidad, los bajos resultados de arraigamiento que fueron obtenidos en ellos dan a pensar en la necesidad de proseguir el presente trabajo, utilizando mayor número de estacas y de tratamientos.

Para tal propósito los estudios podrían limitarse por lo menos a las especies que han arraigado en cierto grado.

A. Determinación de las fases fisiológicas de las especies

Parece conveniente que los primeros pasos se dediquen a observar los períodos de vida latente y de vida activa de las especies en la naturaleza. No cabe duda que el concepto de "vida latente" no tiene exactamente el mismo significado que cuando se aplica a las zonas templadas. En los trópicos, la "vida latente" se refiere al período en que las plantas no vegetan activamente produciendo brotes, flores o frutas. La determinación de época de formación de los renuevos serviría mucho para la preparación de estacas saculentas. También ayudaría ^{en} determinar los períodos de preparación y plantación de las estacas, ^{en} base ^a las fases fisiológicas de los árboles padres.

Determinadas las fases fisiológicas de las especies, se podría ^{ndi-}señar los experimentos tomando en consideración los factores genéticos y fisiológicos, así como los factores externos.

B. Proyecto para ensayos futuros

1. Aspecto comparativo del poder de enraizar, según la edad del árbol padre, la posición de las estacas en éste y el tipo de estacas.

El objetivo de este experimento sería de determinar para cada una de las especies a estudiar cual es el efecto de la topófisis sobre el enraizamiento de las estacas. Estudios similares no han sido llevados

a cabo en los trópicos americanos y son de primera importancia en la propagación por estacas.

Parece conveniente usar árboles padres de diferentes edades y ramas de diferentes posiciones en el árbol padre. En algunas especies puede ser que las ramas bajas o sea las ramas localizadas en el tercio inferior de la altura de la copa tienen mejor aptitud de enraizar que las ramas altas o las medianas, las cuales se encuentran respectivamente en el tercio superior e intermedio de la altura de la copa.

Puede ser que el poder de enraizamiento de las especies tropicales varíe también según el tipo de estacas.

Para averiguar estas posibilidades parecen factibles los siguientes tratamiento y subtratamientos.

Tratamientos	Subtratamientos
Ramas altas	<ul style="list-style-type: none"> -Estacas apicales -Estacas cuya punta superior está a 20-30 cm. del ápice. -Estacas con tacón. -Estacas con martillo a la base.
Ramas medianas	<ul style="list-style-type: none"> -Estacas apicales. -Estacas cuya punta superior está a 20-30 cm. del ápice. -Estacas con tacón. -Estacas con martillo a la base.
Ramas bajas	<ul style="list-style-type: none"> -Estacas apicales. -Estacas cuya punta superior está a 20-30 cm. del ápice. -Estacas con tacón -Estacas con martillo a la base

2. Aspecto comparativo del poder de enraizar según el largo de las estacas.

Respecto al largo de las estacas se recomienda estudiar tres largos de estacas o sea estacas de 30 cm., estacas de 20 cm. y estacas de 10 cm.

La necesidad de este ensayo estriba en el hecho de que la longitud de las estacas puede ser un factor determinante del enraizamiento. En algunas especies se ha encontrado que las estacas menores de 10 cm. de largo dan los mejores resultados mientras que en otras las estacas más largas resultaron más apropiadas.

Además, si se usan estacas largas cuando las cortas son más adecuadas se observan resultados bajos y se pierde inutilmente el material vegetativo.

3. Aspecto de la densidad foliar

Sería recomendable estudiar los tres siguientes tipos de estacas.

- a. Estacas deshojadas
- b. Estacas con pocas hojas
- c. Estacas con muchas hojas

El experimento comparativo de diversas densidades foliares es muy importante para determinar el número de hojas cuya presencia puede evitar en el complejo experimental el marchitamiento de las estacas y facilitar las reacciones fisiológicas y las translocaciones necesarias para la formación de raíces.

4. Efecto del medio de enraizamiento

El ideal será de usar todos los medios utilizados hasta el día de hoy para averiguar cual de ellos convenga mejor, pero ya que estos materiales pueden ser difíciles de conseguir es recomendable limitarse a dos medios muy comunes: arena de río y la mezcla arena-tierra.

5. Aspersión y humidificación

No cabe duda que la humedad del medio como la de la atmósfera donde se practica la propagación por estaca es un factor muy importante. A este respecto, se aconseja usar tres técnicas para mantener la humedad y averiguar cual es el mejor.

Estas técnicas serían:

- Sistema continuo de aspersión con neblina fina.
- Sistema de aspersión con neblina fina con interrupciones.
- Riego manual a períodos determinados.

Aplicándose todos estos tratamientos, el autor piensa que se podrían aislar los factores que conducirán a mejores porcentajes de enraizamiento.

6. Uso de hormona

Otro ensayo independiente podría tratar sobre varios tratamientos hormonales. Tentativamente se sugiere que se hicieran los tratamientos con:

- Rootone
- Seradix B₁
- Seradix B₂
- Seradix B₃
- Testigo

Ahora en el caso que aun con estos tratamientos hormonales no se obtenga un aumento satisfactorio del porcentaje de arraigamiento, sería aconsejable hacer varios estudios sobre especificidad hormonal, dosis de hormona y por fin valdría la pena irradiar las estacas tratadas con hormona para facilitar una mejor penetración de dicha sustancia. En este último tratamiento las dosis de irradiación deberían ser del orden

de 10, 20 y 40 kiloroentgens.

En realidad, la aplicación de tantos tratamientos y subtratamientos en un solo experimento no sería práctico. Tantas variables actuando separadamente y en grupos causarían una serie confusa de interacciones. Por esta razón, parece conveniente considerar los diferentes tratamientos y subtratamientos señalados en series de tres o cuatro y de considerar luego los demás aspectos. En todo caso el autor considera que el orden de prioridad de los factores a investigar podría ser el siguiente:

1º Control del medio ambiente

Se sugiere una prueba exploratoria en arena y con sistema de aspersión con neblina fina usando la mayoría de las especies estudiadas en el presente trabajo, especialmente aquellas que mostraron promesa de arraigamiento. Asimismo, podrían usarse otras que se estiman interesantes.

2º Posición y longitud de estacas

Se sugiere utilizar aquellas especies que han dado buenos resultados en la prueba exploratoria, aplicando el mejor tipo de medio y diferentes longitudes y "posiciones de estacas en el árbol padre".

3º Tratamiento hormonal

Ya que se ha determinado la estaca más deseable en cuanto a longitud y posición en el árbol padre, se tratarán las estacas con diferentes hormonas y niveles de aplicación.

RESUMEN

El estacado, un viejo método hortícola, ha venido aplicándose cada vez más en la dasonomía para propagar especímenes deseables como variedades resistentes a ciertos insectos o a ciertas enfermedades o, especímenes de rápido crecimiento. La gran mayoría de los estudios y observaciones al respecto, se refieren a las zonas templadas y muy poco se sabe acerca del comportamiento de las estacas provenientes de árboles tropicales. En el presente estudio exploratorio, se ha tratado de a) determinar la posibilidad de reproducir especies forestales por estacas, b) observar el efecto de la aplicación de hormona en las estacas y c) encontrar la respuesta de las estacas de dos importantes árboles maderables, Cordia alliodora (R. & P.) Cham. y Cedrela mexicana Roem. cuando en los tratamientos son irradiadas por diferentes intensidades de rayos gamma.

Para estos fines, estacas de 30 cm. de largo con diámetro variables entre 0.25 y 2.00 cm. fueron plantadas en diferentes medios de enraizamiento incluyéndose, además, un riego diario dentro de los cuidados de mantenimiento.

De las veinte y una especies ensayadas bajo las condiciones del experimento siete arraigaron arrojando los siguientes resultados:

Especie	Estacas plantadas	Porcentaje de estacas			
		muer tas	vivas	Con Callo	arraigadas
<u>Casuarina equisetifolia</u> Frost.	30	80	-	-	20
<u>Cordia alliodora</u> (R. & P.) Cham	50	60	26	-	14
<u>Enythrina poeppigiana</u> (Walp) O.F. Cook.	33	76	-	-	24
<u>Gliricidia sepium</u> (Jacq.) Steud.	40	80	-	-	20
<u>Lacistema aggregatum</u> (Berg) Rusby	40	78	2	10	10
<u>Swietenia macrophylla</u> King	32	28	-	62	10
<u>Triplaris americana</u> L.	90	68	1	25	6

De las cuatro especies que recibieron tratamiento con hormona, Fraxinus americana L. mostró habilidad de arraigamiento: las estacas tratadas presentaron mayor número de raíces en comparación con sus testigos, comprobándose significación estadística al 10%.

El muy bajo prendimiento en el ensayo a base de irradiación no ha permitido encontrar ninguna interpretación.

A base del presente estudio sería recomendable planear futuros trabajos de investigación tomando en cuenta diferentes factores tales como fases de desarrollo fisiológicos de las especies, habilidad de arraigamiento según la edad del árbol padre, posición de las estacas en este árbol, largo de las estacas, área foliar, medio de enraizamiento, aspersión y humidificación, aplicación de hormona.

SUMMARY

Cutting, an old method, is being used more and more in forestry, for propagating desirable specimens such as disease and insect resistant varieties or fast growing specimens of some species. The large majority of studies and observations in this connection refer to temperate zones and very little is known about the behaviour of cuttings of tropical trees. In the present exploratory study, an attempt was made to a) determine the possibility of reproducing forest species by cuttings, b) observe the effect of application of hormones to the cuttings and c) observe the response of cuttings of two important timber trees Cordia alliodora (R. & P.) Cham. and Cedrela mexicana Roem when submitted to different intensities of gamma irradiation.

For these purposes, cuttings 30 cm. long with diameters varying from 0.25 to 2.00 cm. were planted in different rooting media, with allowance made for daily watering and maintenance.

From twentyone species tested under the conditions of the experiment seven rooted with the following results:

Species	Number of cuttings planted	Percentage of cuttings			
		died	alive	with callus	rooted
<u>Casuarina equisetifolia</u> Forst.	30	80	-	-	20
<u>Cordia alliodora</u> (R. & P.) Cham.	50	60	26	-	14
<u>Enythrina poeppigiana</u> (Walp) O.F. Cook.	33	76	-	-	24
<u>Gliricidia sepium</u> (Jacq.) Steud.	40	80	-	-	20
<u>Lacistema aggregatum</u> (Berg) Rusby	40	78	2	10	10
<u>Swietenia macrophylla</u> King	32	28	-	62	10
<u>Triplaris americana</u> L.	90	68	1	25	6

In the hormone trial, only Fraxinus americana L. rooted well but the cuttings treated with hormone showed a larger amount of roots in relation to untreated ones. This was calculated to be significant at the 10% level.

The very low take in the irradiation trial did not allow for any interpretation.

From the present study it appears that further research works with different variables is necessary. The following factors are considered to be worthwhile analyzing in future: physiological phasis of development of the species, rooting ability according to the age of parent trees, position on tree from which cutting is taken, length of cuttings, leaf area, rooting medium, aspersion and humidification, hormone application.

RESUME

Le bouturage, une vieille méthode horticole, s'applique de plus en plus en sylviculture pour propager des specimens désirables tels que des variétés résistantes à certains insectes ou à certaines maladies, ou des specimens à croissance rapide. La plupart des études et observations faites en cette matière concernent les zones tempérées et l'on a peu de données sur le comportement des boutures d'arbres tropicaux. Dans la présente étude exploratoire, on a essayé de a) déterminer la possibilité de reproduire certaines espèces forestières par boutures, b) observer l'effet de l'application d'hormones sur les boutures de deux importantes essences forestières, Cordia alliodora (R. & P.) Cham. et Cedrela mexicana Roem. à différentes intensités d'irradiation gamma.

A cette triple fin, des boutures de 30 cm. de long et de diamètre variant de 0.25 à 2.00 cm. furent plantées dans différents milieux d'enracinement et reçurent un arrosage quotidien ainsi que les soins d'entretien nécessaires.

Des vingt et une espèces essayées sept se sont enracinées comme indique dans le tableau suivant:

Espece	Nombre de boutures plantées	Pourcentage de boutures			
		mortes	vivan- tes	avec callus	enraci- nées
<u>Casuarina equisetifolia</u> Forst.	30	80	-	-	20
<u>Cordia alliodora</u> (R. & P.) Cham.	50	60	26	-	14
<u>Erythrina poeppigiana</u> (Walp) C.F. Cook.	33	76	-	-	24
<u>Gliricidia sepium</u> (Jacq.) Steud.	40	80	-	-	20
<u>Lacistema aggregatum</u> (Berg) Rusby	40	78	2	10	10
<u>Swietenia macrophylla</u> King	32	28	-	62	10
<u>Triplaris americana</u> L.	90	68	1	25	6

Dans l'essai avec application d'hormone, seul Fraxinus americana L. s'est enraciné. Dans le cas de cette espèce, les boutures traitées ont produit un plus grand nombre de racines que les témoins. L'analyse statistique a révélé que cette différence est significative à 10%.

Le très faible pourcentage d'enracinement observé dans l'essai avec irradiation n'a permis aucune interprétation.

Il est nécessaire de poursuivre la présente étude en mettant en ligne de compte différentes variables. Il paraît important d'étudier les facteurs suivants: phases de développement physiologique des espèces, aptitude à l'enracinement selon l'âge de la plante mère, position occupée par les boutures sur ces plantes, longueur des boutures, surface foliaire, milieu d'enracinement, méthodes de maintenir un taux élevé d'humidité dans le milieu ambiant et dans le milieu d'enracinement.

LITERATURA CITADA

1. ACOSTA-SOLIS, M. Propagación vegetativa de leñosas y forestales. La Hacienda 54(4):33-36. 1959. 13.6
2. BAAK, W. Die Vermehrung der Pappel durch Stecklinge. (The propagation of poplar by cuttings.) Forstarchiv 14:101-106. 1938. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):4. 1941.)
3. BAPTIST, E. D. C. Plant hormones. Journal of the Rubber Research Institute of Malaya 9(1):17-39. 1939.
4. BINGHAM, R. T., SWUILLIAGE, A. E. and DUFFIELD, J. W. Breeding blister-rust resistant western white pine. Journal of Forestry 51(3):163-168. 1953.
5. BURGOS, J. A. Contribución al estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú, Estación Experimental Agrícola de Tingo María. Boletín No. 12 1954. 54 p.
6. CASTRO, C. Propagación vegetativa del cedro. Agricultura Tropical No. 9:49-51. 1951.
7. CHIBAS, S. and KOTANI, S. Propagation of Cryptomeria japonica D. Don by small green shoot cuttings treated with a growth substance. J. Jap. For. Soc. 34(8)254-256. 1952. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 14(4):432. 1953.)
8. CLARKE, G. L. Elements of ecology. New York, John Wiley, 1954. 534 p.
9. CUNNINGHAM, F. E. Rooting ability of native cottonwood depends on the clone used. For. Res. Note Ntheast For. Exp. Sta. No. 26. 1953. p. 2. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 15(4):436. 1954.)
10. DeFRANCE, J. A. Propagation of Sciadopitys verticillata with root-inducing substances. American Society for Horticultural Science. Proceedings 36:807-816. 1938.
11. DELISLE, A. L. The relationship between the age of the tree and the rooting of cuttings in white pine. Abstracts Proceedings. Indiana Acad. 64:60-61. 1944. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 17(3):374. 1956)
12. DEUBER, C. G. Vegetative propagation of conifers. Trans. Conn. Acad. Arts. Sci. 34:1-83. 1940. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):5, 8. 1951.)
13. _____ and FARRAR, J. L. Rooting Norway spruce cuttings. American Nurseryman 70(4):3-5. 1939.

14. DEUBER, C. G. and FARRAR, J. L. Vegetative propagation of Norway spruce. *Journal of Forestry* 38(7):578-585. 1940.
15. DORAN, W. L. The vegetative propagation of Ginkgo. *Journal of Forestry* 52(3):176-177. 1954.
16. _____ Vegetative propagation of white pine. Massachusetts Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 435. 1946. 16p.
17. _____ and MCKENZIE, M. A. The vegetative propagation of a few species of elm. *Journal of Forestry* 47(10):810-812. 1949.
18. _____ HOLDSWORTH, R. P. & RHODES, A. D. Propagation of white pine by cuttings. *Journal of Forestry* 38(10):817. 1940.
19. ENRIGHT, L. J. Propagation of several species of *Acer* by cuttings. *Journal of Forestry* 56(6):426-428. 1958.
20. ✓ FACTORS AFFECTING the vegetative propagation of forest trees. *Forestry Abstracts* 3(1):2-13. 1941.
21. GRACE, N. H. and FARRAR, J. L. Vegetative propagation of conifers. VI. Hormone solution and dust treatments of spruce cuttings propagated in green-house and outside frames. *Canadian Journal of Research-Section D*. 18:122-128. 1940. (Original no disponible para consulta; compendiado en *Abstracts* 3(1):5. 1941.)
22. _____ FARRAR, J. L. & HOPKINS, J. W. Vegetative propagation of conifers. VII. Outdoor propagation of a November collection of Norway spruce cuttings treated with phytohormones, cane sugar, and an organic mercurial disinfectant. *Canadian Journal of Research-Section D*. 18:566-577. 1940 (Original no disponible para consulta; compendiado en *Forestry Abstracts* 3(1):8. 1941.)
23. * GRIFFITH, B. G. Effect of indolebutyric acid, indoleacetic acid, and alphanaphthalene-acetic acid on rooting of Douglas fir and Sitka spruce. *Journal of Forestry* 38(6):496-501. 1940.
24. GURGEL, C. A., FILHO. A propagação vegetative de espécies florestais. *Revista de Agricultura (Piracicaba, Brasil)* 34(1): 11-30. 1959.
25. HARTMANN, H.T. & KESTER, D.E. Plant propagation, principles and practices. 23 ed. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1960. 559 p.
26. HITCHCOCK., A. E. Effect of peat moss and sand on rooting response of cuttings. *Botanical Gazette* 86:211-248. 1928. (Original no disponible para consulta; compendiado en *Forestry Abstracts* 3(1):8. 1941.)

27. HITCHCOCK, A. E. & ZIMMERMAN, P. W. Comparative activity of root-inducing substances and methods for treating cuttings. Contributions from Boyce Thompson Institute 10:461-480. 1939.
28. _____ & ZIMMERMAN, P. W. Effect of growth substances on the rooting response of cuttings. Contributions from Boyce Thompson Institute 8:63-79. 1936.
29. HOFFMANN, R. Untersuchungen über das Wachstum der Pappelheister. (Investigations into the growth of poplar cuttings). Forstw. Cbl. 60:361-372, 410-424. 1938. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):4. 1941.)
30. HUTCHINGS, G. C. & LARSEN, J. A. Stimulation of root growth on cuttings from hardwood forest trees. Proc. La. Acad. Sci. 36:191-200. 1929. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):4. 1941.)
31. HYUN, S. B. and KIM, K. B. Studies on the cuttings of genus Pinus. (1) The effects of season of collection and growth substances on the rooting of cuttings of Pinus rigida. Coll. Theseon. (Sc. Nat.) Univ. Seoul. No. 3:35-48. 1956. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 19(1):52. 1958.)
32. IS(H)IKAWA, H. and OOHASI, H. (The vegetative propagation of cuttings of Pinus species. 2. The rooting of Japanese Red Pine (Pinus densiflora) using lateral twigs of an élite tree). Bull. For. Exp. Sta., Meguro, Tokyo No. 119:59-65. 1960. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 21(4):577-578. 1960.)
33. KAN, W. N. and HO, C. H. (Experiment on the vegetative propagation of Tamarix aphylla). Bull. Taiwan For. Res. Inst. No. 60. 1959. p. 10. (Original no disponible para consulta; compendiado en 2(1):56. 1960.)
34. * KIRKPATRICK, H. Effect of indolebutyric acid on the rooting response of evergreens. American Nurseryman 71(8):9-12. 1940.
35. KOMISSAROV, D. A. Effect of growth substances upon rooting response of cuttings from pine and other woody species. C. R. Acad. Sci. U.R.S.S. 21:453-456. 1938. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):4. 1941.)
36. KOTARI, K. (The separate and combined effect of time of planting, density of cuttings and the period of watering on young sugi (Cryptomeria japonica). J. Jap. For. Soc. 35(9):277-281. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 15(3):306. 1954.)

37. MACHADO, D. P. Sobre o melhoramento de pinheiro bravo no sentido de obter árvores de elevadas capacidades de produção de gema para a constituição dos futuros povoamentos. I. Propagação vegetativa, sus possibilidades. Estud. Inform. Serv. Flor aquic. Portugal No. 5-C. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 15(3):306. 1954.)
38. MIYAJIMA, H. (The relationship between races of Cryptomeria japonica and root formation of cuttings). Rept. from Science Bulletin Faculty of Agriculture, Kyushu University 13(1/4): 277-281. 1951. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 14(4):432. 1953.)
39. OGASAWARA, K. (Studies on cuttings of forest trees. (1). 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. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 18(4):483. 1957.)
40. OOSTING, H. J. Ecologia vegetal. Traducido del inglés por J. García Vicente. Madrid, Aguilar, S. A. de Ediciones, 1951. 436 p.
41. OUELLET, C. E. L'influence du facteur lumière dans la multiplication de l'orme d'Amérique par la bouture de rameaux feuillés. Revue d'Oka, La Trappe 27(6):172-174. 1953. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts. 15(4):436. 1954.)
42. PARRY, M. S. Método de plantación de bosques en el Africa Tropical. FAO - Cuaderno de Fomento Forestal No. 8. 1957. 334 p.
43. PETERSON, D. W., BLAKE, G. M. and PAULEY, S. S. Propagation of American basswood (Tilia americana) by cuttings. Minnesota Forest Note No. 86. 1960. 2p. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 21(4):578. 1960.)
44. ROOTING MEDIA for sugar maple. Northeastern Forest Experiment Station Report 1957. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 19(4):519. 1958.)
45. SATOO, T., NEGISI, K. & NAKAMURA, K. (Relations between rooting and the age of the tree from which cuttings are taken. An experiment using clonal material of Cryptomeria japonica). J. Jap. For. Soc. 35(3):69-70. 1953. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 15(3):306. 1954.)
46. SINGH, D. P. Cultivation of bat willows in Kulu. Indian Forester 79(2):115-120. 1953.
47. SKINNER, H. T. Propagation of oaks. American Nurseryman 98(1): 12, 63-69. 1953.

48. SNOW, A. G. Rooting white pine cuttings. Northeastern Forest Experiment Station. Occasional Paper No. 11. 1940. 6 p.
49. _____ Variables affecting vegetative propagation of Red and Sugar Maple.. Journal of Forestry 39(4):395-404. 1941.
50. SPARKOW, A. H. & GUNCHKEL J.E. Efectos en las plantas por exposición prolongada a la radiación gamma procedente de cobalto radiactivo. En: Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, Ginebra, Agosto 8-20, 1955. Los Isótopos radiactivos y las radiaciones ionizantes en agricultura, fisiología y bioquímica Actas. Ginebra, Naciones Unidas, 1956. Vol. 12 pp. 58-66.
51. STOUTEMYER, V. T., JESTER, J. R. & O'ROURKE, F. L. Propagation of black locust clones by treating hardwood cuttings with growth substances. Journal of Forestry 38(7):558-563. 1940.
52. THIMANN, K. V. & DELISLE, A. L. The vegetative propagation of difficult plants. J. Arnold Arbor. 20:116-136. 1939. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):4. 1941.)
53. TODA, R. (The region of the crown from which cuttings should be collected). J. Jap. For. Soc. 35(6):184-186. 1953. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 15(4):435.) 1954.
54. VEKHOV, N. K. Vegetative propagation of trees and shrubs by means of summer cuttings. Bull. Appl. Bot. and Plant Breeding. Supple. 61(1-247), 1933-1934. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 3(1):2. 1941.)
55. ✓ VEGETATIVE PROPAGATION OF Eucalyptus. Report Forestry Timber Bureau Australia, 1946-12. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 10(3):298. 1949.)
56. VEGETATIVE REPRODUCTION of Monterrey pine, Eucalyptus and Leptospermum. Report Forestry Timber Bureau Australia, 1948, 1949:13-24. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 11(4):442-443. 1950.)
57. VERLEYEN, E. J. F. Le bouturage et les substances de croissance synthétiques. Anvers (Belgique), Fondation Universitaire de Belgique, 1948. 199 p.
58. YOSHIDA, T., Et. Al. (Studies on the methods of rooting the cuttings from old trees of sugi (Crytomeria japonica D. Don). Bull. For. Exp. Sta., Meguro., Tokyo No. 119:33-57. 1960. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstracts 21(4):577. 1960.)

59. ZABIELSKI, S. Wptyw wilgotnosci zrzezow topolowych na precent ich przyjecia. (The influence of the moisture content of Poplar cuttings on the percentage take). Las Polski 34(9):6-7. 1960. (Original no disponible para consulta; compendiado en Forestry Abstract 21(4):578. 1960.)