

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE  
*Eucalyptus deglupta* BLUME

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa  
Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y  
Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica  
y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
para optar el grado de

*Magister Scientiae*

RONALD GERARDO VARGAS BRENES

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Departamento de Recursos Naturales Renovables  
Turrialba, Costa Rica

1982

## DEDICATORIA

Con profundo aprecio por su guía,  
estímulo y paciencia, dedico con  
gratitud esta tesis al Doctor  
William Dyson, de grata memoria

A Norma, mi esposa

A Marco Leonardo, mi hijo

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento en forma muy especial a los señores miembros del Jurado : Ing. Pablo Rosero, Ing. Nico Gawald, Ing. Luis A. Ugalde y Dr. Oscar Arias por las valiosas sugerencias y orientaciones recibidas.

Se agradece asimismo, las atinadas y valiosas orientaciones del Dr. Heiner Goldbach, del Programa de Recursos Genéticos CATIE/GIZ en lo relacionado a las pruebas biológicas efectuadas.

Al Ing. Mariano Peña, por sus valiosas sugerencias en la interpretación del análisis estadístico.

En forma muy especial, al señor Gerardo Varela Guerrero, por la generosa ayuda que brindó en diversos aspectos de este estudio, y a la señora Ligia María Azuero H. por el trabajo mecanográfico.

A todas aquellas personas que contribuyeron en una u otra forma, el autor expresa su más sincero agradecimiento.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Turrialba, Costa Rica el 24 de marzo de 1950, cursando sus estudios secundarios en el Instituto de Educación de la misma ciudad.

Efectuó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo en Agosto de 1977.

Presta sus servicios profesionales a la Dirección General Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería desde 1975, en donde ha desempeñado funciones dentro del Departamento de Repoblación Forestal, Distrito Forestal Central, Departamento de Economía e Industria Forestal y Sub-Dirección General Forestal.

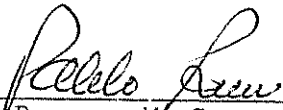
A nivel nacional e internacional, ha asistido a diferentes cursos, simposios, seminarios, talleres y conferencias relacionadas con los Recursos Naturales Renovables.

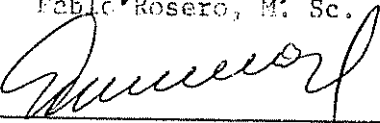
En julio de 1977, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el CATIE, en el Programa de Recursos Naturales Renovables, obteniendo el grado de Magister Scientiae en marzo de 1982.

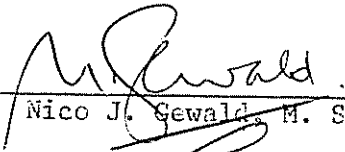
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa conjunto UCR/CATIE como requisito parcial para optar el grado de:

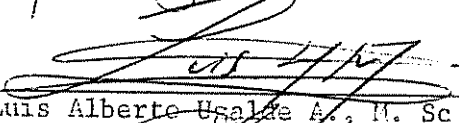
Magister Scientiae

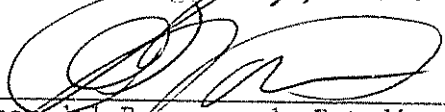
JURADO :


  
\_\_\_\_\_, Profesor Consejero  
Pablo Rosero, M. Sc.

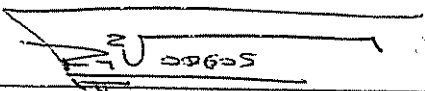
  
\_\_\_\_\_, Miembro del Comité  
Oscar Arias M., Dr. Sci.

  
\_\_\_\_\_, Miembro del Comité  
Nico J. Gewald, M. Sc.

  
\_\_\_\_\_, Miembro del Comité  
Luis Alberto Usalza A., M. Sc.

  
\_\_\_\_\_  
Director del Programa de Estudios de Posgrado en  
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

  
\_\_\_\_\_  
Decano del Sistema de Estudios de Posgrado  
de la Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Ronald Gdo. Vargas Brenes  
Candidate

## INDICE

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos anatómicos del origen de las raíces adventicias.....	3
2.2 Fisiología en la iniciación de raíces.....	4
2.3 Cofactores de enraizamiento.....	6
2.4 Sustancias inhibitorias del enraizamiento.....	7
2.5 Condición fisiológica de la planta madre.....	8
2.6 Edad de la planta madre.....	9
2.7 Material escogido para estacas.....	9
2.8 Influencia de la época en el enraizamiento.....	10
2.9 Factores ambientales.....	10
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1 Enraizamiento de estacas de acuerdo al período del año; edad del árbol madre, y tipo de estaca.....	12
3.1.1 <u>Períodos de enraizamiento</u> .....	12
3.1.2 <u>Edad de las plantas madres y tipo de estaca</u> .....	13
3.2 Determinación biológica de los cofactores e inhibidores del enraizamiento de estacas.....	18
4. RESULTADOS.....	22
4.1 Enraizamiento de estacas de acuerdo al período del año edad del árbol madre y tipo de estaca.....	22
4.1.1 <u>Condiciones de temperatura durante el ensayo</u> ....	22
4.1.2 <u>Comportamiento de las estacas al enraizamiento</u> ..	22
4.1.3 <u>Absición de hojas</u> .....	25
4.2 Determinación biológica de los cofactores e inhibidores. del enraizamiento de estacas.....	28
5. DISCUSION.....	35

6.	CONCLUSIONES.....	40
7.	LITERATURA CONSULTADA.....	42
8.	ANEKOS.....	47
9.	LAMINAS.....	55

## RESUMEN

### ESTUDIO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE Eucalyptus deglupta Blume

La mayoría de las especies de eucalipto, entre las que se encuentra el Eucalyptus deglupta son aleatoriamente exogámicas, lo que prevee una diversidad genética en las poblaciones, por lo cual se hace necesario prestar la debida atención a la proveniencia de la semilla. Con base en lo anterior resulta conveniente contar con técnicas de multiplicación clonal que garanticen la propagación de plantas con características superiores.

Las técnicas de cultivo del E. deglupta en la región de Turrialba, tales como su producción en el vivero, plantación y tratamiento silvícola han sido estudiadas. Sin embargo, no se tiene experiencia en cuanto a su propagación vegetativa, por lo que se consideró conveniente investigar en las condiciones de dicha región, la propagación de estacas del E. deglupta bajo los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar para la región de Turrialba y en tres épocas del año, la capacidad de enraizamiento de tres tipos de E. deglupta provenientes de plantas madres de cinco edades diferentes.
2. Determinar, si las diferencias de enraizamiento de las estacas, se debe a la presencia o ausencia de cofactores e inhibidores de enraizamiento.

Para las pruebas de enraizamiento, se utilizaron estacas de cinco edades diferentes por período de enraizamiento como se muestra a continuación:

Período de enraizamiento	Edad en meses de la planta madre				
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
5 de febrero al 13 de marzo	8	15	27	40	48
10 de junio al 16 de julio	12	19	31	44	52
25 de agosto al 30 de setiembre	15	22	34	47	55



El material vegetal se recolectó de ramas en crecimiento, de las cuales se obtuvieron estacas de tipo distal ( $b_1$ ), media ( $b_2$ ) y proximal ( $b_3$ ).

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones en arreglo factorial de cinco edades por tres tipos de estacas.

El mayor enraizamiento se presentó durante el primer período de prueba -5 de febrero al 13 de marzo- en el cual las edades ensayadas presentaron los siguientes porcentajes de enraizamiento: 8 meses (68%), 15 meses (32%), 27 meses (11%), 40 meses (33%) y 48 meses (0%). Las estacas de tipo distal y media fueron las que mejor se comportaron, no existiendo diferencias significativas en sus enraizamientos.

El tratamiento que mostró mayor estímulo al enraizamiento fue el correspondiente a la edad de 8 meses y de estaca tipo distal ( $a_1b_1$ ), con un 75% de enraizamiento. A éste le siguieron los tratamientos de 40 meses y de estaca tipo distal ( $a_4b_1$ ) y de 8 meses y de estaca tipo proximal ( $a_1b_3$ ), ambos con un 66% de enraizamiento.

La hoja presentó un efecto positivo en el enraizamiento, principalmente en los tratamientos que mostraron el mayor estímulo a la rizogénesis ( $a_1b_1$ ,  $a_4b_1$ ), ya que fueron los que presentaron la mayor retención de la misma.

En base a los resultados de las pruebas biológicas y a los obtenidos de los enraizamientos, no se pudo determinar la relación existente entre el enraizamiento encontrado y la presencia o ausencia de cofactores o inhibidores al mismo.

## SUMMARY

### ROOTING STUDY OF Eucalyptus deglupta Blume

The majority of the eucalyptus among them Eucalyptus deglupta are randomly exogenic, resulting in a considerable genetic variation in populations, and for this reason it is necessary to pay due attention to seed provenances. Based on this observation it is also convenient to count with clonal multiplication techniques that guarantee the propagation of plants with superior characteristics.

In the Turrialba region, the techniques involved in the production of E. deglupta, such as nursery practice, planting and silvicultural treatment have been widely studied. However, no experience is available with regard to vegetative propagation with cuttings of E. deglupta, with the following specific objectives:

1. To determine, for three periods throughout the year, in the Turrialba region, rooting capacity of three types of cuttings of E. deglupta taken from parent trees of five different ages.
2. To determine whether differences in rooting of the cuttings can be attributed to the presence or absence of cofactors or inhibitors.

For the rooting trials, cuttings of five different ages were used for each rooting period, as is demonstrated below:

Rooting period	Age in months of the parent tree				
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
February 5 to March 13	8	15	27	40	48
June 10 to July 16	12	19	31	44	52
August 25 to September 30	15	22	34	47	55

The vegetative material was collected from vigorously growing branches, of which tip (b<sub>1</sub>), medial (b<sub>2</sub>) and basal (b<sub>3</sub>) cuttings were obtained.

A completely randomized design with three replications in factorial experiment of five different ages per three types of cuttings was used.

The highest rooting percentage was obtained during the first period of the experiment -February 5 to March 13- during which the different ages tested demonstrated the following rooting percentages: 8 months (68%), 15 months (32%), 27 months (11%), 40 months (38%) and 48 months (0%). The tip and medial cuttings showed the best results, with no significant differences in rooting capacities.

The treatment that presented the best rooting result was that at 8 months old and using tips cuttings ( $a_1b_1$ ), with a 75% success rate, followed by the 40 months old tip cuttings ( $a_4b_1$ ) and the 8 months old basal cuttings ( $a_1b_3$ ), both with a rooting percentage of 66%.

Leaves proved to have a positive effect on rooting capability, mainly in those treatments that showed a higher stimulus in root formation ( $a_1b_1$ ,  $a_4b_1$ ), as those also presented a higher retention rate for the leaves.

Based on the results of the biological tests and of the rooting trials, it was not possible to determine a relation between the rooting capability encountered and the presence or absence of rooting cofactors or inhibitors.

LISTA DE CUADROS

Número	Página
1	Edad de las plantas madres según el período de enraizamiento.. 13
2	Comportamiento de las estacas de <u>Eucalyptus deglupta</u> al enraizamiento durante el período comprendido entre el 5 de febrero al 13 de marzo de 1979..... 24
1A	Número de estacas enraizadas por tratamiento de <u>Eucalyptus deglupta</u> en cada repetición. Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 48
2A	Resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de las estacas enraizadas de <u>Eucalyptus deglupta</u> . Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 49
3A	Prueba de Duncan al 1% para la edad de las estacas de <u>Eucalyptus deglupta</u> . Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 50
4A	Prueba de Duncan al 1% para tipo de estaca de <u>Eucalyptus deglupta</u> . Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 50
5A	Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición según fecha de lectura. Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 51
6A	Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición según fecha de lectura. Período del 10 de junio al 16 de julio, 1979..... 52
7A	Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición según fecha de lectura. Período del 25 de agosto al 30 de setiembre, 1979..... 53
8A	Resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de la abscisión de hojas en estacas de <u>Eucalyptus deglupta</u> . Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979..... 54

LISTA DE FIGURAS

Número	Página
1	14
2	15
3	20
4	23
5	26
6	27
7	29
8	30
9	31
10	32

11	Actividad de promotores e inhibidores endógenos de enraizamiento en extractos de <u>Eucalyptus deglupta</u> de 46 meses de edad.....	33
12	Promedio de abscisión de hojas al final del estudio en enraizamiento de estacas de <u>Eucalyptus deglupta</u> , según edad y tipo de estaca.....	36

## LISTA DE LAMINAS

Número		Página
1	Enraizamiento de estacas de frijol mungo en tubos que contienen agua destilada y secciones de cromatogramas.....	56
2	Enraizamiento de estacas testigo de frijol mungo 6 días después de colocar sus bases en agua destilada.....	57
3	Enraizamiento de estacas de frijol mungo 6 días después de colocar sus bases en agua destilada que contenía la sección No. 14 del cromatograma correspondiente a la edad de 8 meses..	58
4	Enraizamiento de estacas de <u>Eucalyptus deglupta</u> en el período comprendido del 5 de febrero al 13 de marzo de 1979. Arriba: estaca media proveniente de una planta madre de 15 meses de edad. Centro: estaca proximal proveniente de una planta madre de 15 meses de edad. Abajo: estaca distal proveniente de una planta madre de 40 meses de edad.....	59
5	Corte longitudinal de una estaca de <u>Eucalyptus deglupta</u> mostrando zonas necrosadas (oscuras) después de 10 días de ser colocada a enraizar.....	60

## 1. INTRODUCCION

El Eucalyptus deglupta Bl, es una especie forestal que merece la atención por su rápido crecimiento y los variados usos de su madera, y por ser además, una de las pocas especies de eucaliptos que se adaptan a las zonas tropicales húmedas y muy húmedas.

El estudio del género Eucalyptus en Costa Rica, comenzó en Turrialba alrededor del año 1965, con una serie de ensayos realizados por el CATIE, en ese entonces conocido como Centro de Enseñanza e Investigación (13).

A partir de 1967, se inició un programa de diversificación por parte del Centro Agrícola Cantonal de Turrialba, orientado hacia establecimiento de plantaciones forestales bajo la intención de suplir materia prima para futuras industrias (5), tomando predominancia entre las especies plantadas, un híbrido proveniente de un cruzamiento entre dos procedencias de eucalipto -una de Nueva Bretaña que presenta una corteza verde, y la otra de Kingora River, Papua, Nueva Guinea, con corteza morada-, considerándose que corresponde al E. deglupta que se utiliza en las plantaciones comerciales y que ha mostrado hasta la fecha rendimientos muy prometedores (6,17, 42). Sin embargo, lo anterior requiere de mayor investigación, ya que durante el período de 1965 a 1970, fueron introducidos a la región de Turrialba, varios lotes de semillas de E. deglupta de diferentes procedencias, lo que pudo haber contribuido a la variabilidad genética de esta especie 1/.

La mayoría de las especies de eucalipto, entre las que se encuentra el E. deglupta son aleatoriamente exogámicas, lo que prevee una diversidad genética en las poblaciones, por lo cual se hace necesario prestar la debida atención a la proveniencia de la semilla (39).

Lo anterior ha permitido que algunos silvicultores se hayan interesado en realizar estudios sobre los hábitos reproductivos del E.

---

1/ PALMER, J. CATIE records of seed imports of Eucalyptus deglupta, Turrialba, CATIE, 1982. Comunicación personal.



deglupta, entre los que se encuentra la propagación vegetativa.

Las técnicas de cultivo del E. deglupta en la región de Turrialba, tales como su producción en el vivero, plantación y tratamiento silvícola, han sido estudiadas, sin embargo, no se tiene experiencia en cuanto a su propagación vegetativa, por lo que se consideró conveniente investigar en las condiciones de dicha región, la propagación por estacas del E. deglupta.

Los objetivos específicos de trabajo fueron:

- i. Determinar para la región de Turrialba y en tres épocas del año la capacidad de enraizamiento de tres tipos de estaca de Eucalyptus deglupta, provenientes de plantas madres de cinco edades diferentes .
- ii. Determinar si las diferencias de enraizamiento de las estacas se debe a la presencia o ausencia de cofactores o inhibidores de enraizamiento.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La literatura disponible sobre propagación de plantas es muy amplia, remontándose esta práctica desde épocas bíblicas, existiendo libros de texto y artículos de excelente calidad relacionados con este principio, entre los que se puede citar el libro de HARTMANN y KESTER (23) sobre la práctica de propagación de plantas; así como la revisión de literatura realizada por HARTNEY (24) que trata de propagación vegetativa del Eucalyptus.

De acuerdo con lo anterior, la presente revisión de literatura sobre enraizamiento se orientará hacia aspectos generales de este proceso para luego referirse principalmente a las experiencias obtenidas con el E. deglupta u otra especie de este género.

### 2.1 Aspectos anatómicos del origen de las raíces adventicias

En gran cantidad de grupos de plantas, la formación de las raíces se lleva a cabo después de que se ha hecho la estaca. En las estacas de tallo, el origen de la mayoría de las raíces adventicias se encuentra en grupos de células capaces de volverse meristemáticas (23).

Sin embargo, en algunas plantas, las raíces adventicias pueden formarse durante los primeros períodos de desarrollo del tallo y están presentes cuando se hacen las estacas. Las estructuras de este tipo son llamadas 'iniciales de raíz preformadas' y por lo general permanecen latentes hasta que las estacas sean colocadas en condiciones ambientales favorables para su desarrollo posterior y la emergencia de los primordios como raíces adventicias (p.e. Salix, Populus, Ficus, etc.) (23).

El origen de las raíces en ambos grupos de plantas es el mismo, encontrándose un amplio rango de tejidos, de los cuales el cambium, el floema y el periciclo son los tejidos más importantes; mientras que la corteza, médula y xilema son de menor importancia (22).

Por lo general, las estacas colocadas en condiciones favorables para el enraizamiento, forman un "callo" que consiste en un tejido indiferenciado de células parenquimatosas (22). Como frecuentemente las primeras raíces aparecen a través del "callo", se supone que la formación de dicha estructura es esencial para el enraizamiento. Al respecto, PETERLY (40) indicó que la formación de "callo" y raíz es independiente, el que ocurra con frecuencia se debe a su dependencia similar de condiciones internas y externas. Por otra parte HAISSIG (22) manifiesta que la formación de raíces a partir del "callo" debe recibir especial atención, ya que el origen de las raíces adventicias en estacas de especies difíciles de arraigar, se encuentran en este tejido.

El mecanismo de la rizogénesis no sólo depende de los factores fisiológicos o bioquímicos, sino también de la relación entre las estructuras anatómicas de la estaca y el enraizado de la misma. Anillos continuos de esclerénquima situados en el exterior del punto de origen de las raíces, llegan a constituir una barrera anatómica para el enraizamiento (2). RUGGERI, citado por HARTNEY (24) encontró que algunas estacas de E. camaldulensis tenían un anillo discontinuo de esclerénquima, determinando que éste no es un factor negativo para el enraizamiento.

Existen experiencias (41) en donde la propagación bajo una neblina de agua y los tratamientos con auxinas, ocasionan una expansión y proliferación considerable de las células de la corteza, el floema y el cambium, que resulta de la ruptura de los anillos continuos de esclerénquima. También existen tratamientos mecánicos como el lesionado, donde una herida superficial puede cortar el anillo de esclerénquima y permitir que las raíces en desarrollo salgan con más facilidad (2,23).

## 2.2 Fisiología en la iniciación de raíces

La formación de la raíz es controlada por la interacción de varios reguladores del crecimiento, tales como las auxinas, giberelinas, citoquininas y otras sustancias de ocurrencia natural como es el etileno (16,45).

Se han realizado investigaciones sobre dosis y tiempo de remojo, haciendo uso de sustancias reguladoras de crecimiento, principalmente de tipo auxínico, utilizando estacas de varias especies de Eucalyptus.

DAVIDSON (8), en base a sus experiencias con E. deglupta, demostró que estacas provenientes de árboles menores de dos años enraizaron en un 90%, y la adición de reguladores de crecimiento tales como Acido Indolacético (AIA), Acido Indolbutírico (AIB) y Acido Naftalacético (ANA), en concentraciones de 10-30 ppm, mejoraron el resultado en un 99%. El mismo autor cita que, en estacas sin tratar, la formación de raíces ocurre entre 5 y 9 días, y estacas tratadas con los reguladores mencionados, el período se reduce a 5 días.

En E. camaldulencis, BACHELARD y STOWE (1) efectuaron diversos ensayos de enraizamiento utilizando soluciones nutritivas, a las cuales se les aplicó varias sustancias de crecimiento en diferentes concentraciones y varios períodos de luz (luz continua, 16 h, 8 h), llegando a la conclusión de que el tratamiento de 1 ppm de Acido Indolbutírico era el de mejor resultado. POGGIANI y SUITER (37) trabajaron con estacas de E. grandis bajo diferentes concentraciones de Acido Indolbutírico, encontrando que la concentración de 200 ppm durante un período de 24 horas fue la que dio el mayor porcentaje de enraizamiento.

MARTIN y QUILLET (33), usando estacas de E. deglupta, encontraron un efecto beneficioso en los reguladores de crecimiento "Exuberona" y AIB concentrado (10.000 ppm con un tiempo de remojo de 3 segundos), pero recalcan que se deben hacer más ensayos ya que la dosis adecuada varía de acuerdo al estado vegetativo de la planta y a la modalidad de aplicación.

En Túnez, FRANCKET (10) ensayó 60 especies de Eucalyptus de edades jóvenes, de las cuales, solamente dos mostraron resultados negativos atribuidos a causas fortuitas o a un avenamiento deficiente. La dosis aplicada fue de 4000 ppm de AIB con un remojo instantáneo.

### 2.3 Cofactores de enraizamiento

A través del tiempo, se ha puesto en evidencia la acción de los reguladores del crecimiento sobre el fenómeno de la rizogénesis. A pesar de la aplicación de reguladores en numerosas especies, no ha sido posible provocar el enraizado requerido, lo que ha planteado la posibilidad de que un buen enraizamiento depende de la presencia de cierto número de cofactores en las estacas, los cuales, en combinación con las auxinas, permiten que las estacas enraicen, como se enuncia en los trabajos citados por HAISSIG (21).

Dentro de los factores que influyen en el enraizamiento de estacas, está la presencia de hojas (1, 16, 33) y de yemas vegetativas (23). Sin embargo, en especies que han preformado raíces iniciales, la presencia de yemas no es esencial (45).

FADL y HARTMANN (9), HACKETT (20) y HESS (25, 26) han demostrado que algunos compuestos fenólicos sintetizados en las hojas, tales como catecol, pirogalol, ácido cafeico y ácido clorogénico, interactúan con las auxinas para inducir la iniciación de las raíces.

WEAVER (45) manifiesta que las estacas gruesas de muchas especies no requieren hojas para enraizar, ya que tienen muchos materiales de reserva, lo que indica que ya están presentes en los tejidos suficientes cofactores que estimulan la iniciación de las raíces.

Las experiencias llevadas a cabo por PRUNE et al (3) en Brasil, revelan que además de la auxina, la aplicación de etherel, sacarosa o fertilizante foliar, mejoran el enraizamiento de E. grandis.

Lo anterior indica, que la auxina es una de las sustancias requeridas para la iniciación de la raíz, existiendo además activadores metabólicos capaces de mejorar el enraizamiento.

#### 2.4. Sustancias inhibitorias de enraizamiento

Por lo general las plantas contienen muchas sustancias inhibitorias que se han encontrado en casi todas las partes de la planta. Estas sustancias naturales del crecimiento comprenden un grupo muy variado de compuestos orgánicos aromáticos, como los ácidos benzoico, gálico, cinámico, cafeico, p-curánico, felúrico, siquímico, clorogénico y sustancias como la cumarina, escopoletina, aesculina, juglona y naringerina. El ácido abscísico (ABA), es considerado como uno de los más importantes inhibidores de cuantos se encuentran en la planta (45).

Las técnicas cromatográficas son los medios más rápidos de separar los inhibidores de los demás reguladores de crecimiento. MUÑOZ HONORATO (35) cita a BENNET - CLARK y KEFFORT, quienes trabajaron en cromatografía de papel con extractos de tejidos vegetales, encontrando una zona de  $R_f$  1/ de 0,7 - 0,9 denominada inhibidor B, la cual está formada por una mezcla de sustancias de composición desconocida y probablemente el ABA sea un componente importante, así como ciertas sustancias fenólicas,

Para determinar los inhibidores de enraizamiento, existen varias pruebas biológicas (45), entre las que se pueden citar: prueba de la curvatura del coleptilo de la avena, prueba del crecimiento recto de chícharos, retraso del crecimiento radicular en especies como Lepidium, centeno y trigo, inhibición del crecimiento de tubos de polen, inhibición de la germinación de semillas e inhibición del enraizamiento de estacas de frijol mungo (Phaseolus aureus Roxbi).

La existencia de inhibidores de enraizamiento en tejidos de Eucalyptus, ha sido reportada por varios investigadores, entre los que se pueden citar a DAVIDSON (3) y HARTNEY (24).

---


$$\frac{1}{R_f} = \frac{\text{Distancia del recorrido de la sustancia al origen}}{\text{Distancia del frente del disolvente al origen}}$$

Mediante el bioensayo de la germinación de semillas de "berro" (Nasturtium officinale) y el bioensayo de enraizamiento de estacas de E. deglupta de tres meses de edad, DAVIDSON (6) determinó que los extractos crudos provenientes de estacas menores a un año de edad, no retardaron la germinación de las semillas de "berro", ni el enraizamiento de las estacas de eucalipto; caso contrario sucedió con los extractos provenientes de estacas mayores de 5 años de edad. Lo anterior se atribuyó a que alguna sustancia existente en los tejidos adultos del E. deglupta, inhibió la germinación y el enraizamiento.

HARTNEY (24) hace referencia a varios investigadores, quienes determinaron que la concentración de inhibidores en E. grandis, es mayor conforme aumenta la edad de los tejidos. Asimismo, menciona que fueron identificados tres compuestos cuya estructura está relacionada con la 3 tricetona, los cuales inhibieron el enraizamiento de estacas de plantas jóvenes de E. grandis, E. deglupta y frijol mungo, a una concentración de  $1 \times 10^{-4}$  M. El autor cita además, que a los compuestos anteriores, se adiciona el "grandinol", que fue aislado de hojas adultas de E. grandis, el cual se presume es un derivado del fluroglucinol.

## 2.5 Condición fisiológica de la planta madre

Cuando se procede a la escogencia del material que se va a reproducir en forma agámica, es importante tomar en consideración el estado vegetativo del material a reproducir.

HARTMANN y KESTER (23) manifiestan que las plantas madres con un contenido bajo de nitrógeno y un contenido elevado de carbohidratos, puede, en muchos casos, favorecer el enraizamiento.

Existen tratamientos para alterar artificialmente las condiciones fisiológicas de la planta madre o partes de ella, cuando el enraizamiento es difícil. Entre éstos se encuentra el ahilamiento o etiolación de ramas (923, 30), el anillado (23) y el rejuvenecimiento vegetativo de individuos por medio de rebrotes de los tocones (24).

## 2.6 Edad de la planta madre

La edad del árbol madre tiene un gran efecto sobre la facilidad de la estaca para formar raíces. En plantas que se propagan fácilmente por estaca, la edad no es importante, pero en plantas difíciles de enraizar, ésta puede ser un factor determinante (23).

Las experiencias llevadas a cabo con E. deglupta (3), E. camaldulensis (14), E. grandis (4,36) y otras especies de Eucalyptus (38), muestran que la capacidad de las estacas a la rizogénesis disminuye conforme aumenta la edad de la planta madre.

Según DAVIDSON (3) la propagación vegetativa de árboles adultos de E. deglupta es difícil. Sin embargo, PATON et al (36) y BURGESS (4) mencionan que las estacas tomadas de árboles adultos de esta especie de Eucalyptus son fáciles de enraizar.

Por la dificultad experimentada mediante los métodos clásicos de propagar asexualmente el material vegetativo proveniente de árboles adultos de Eucalyptus, FOSSARD (11), HARTNEY (23), CRESSWELL y FOSSARD (7) indican que el cultivo in vitro de órganos y tejidos es un método potencial para obtener material clonal de estas edades, HARTNEY (24) manifiesta que en el futuro esta técnica puede jugar un papel importante en la propagación de eucalipto.

## 2.7 Material escogido para estacas

HARTMANN y KESTER (23) indican que es imposible definir un tipo de material que sea mejor para todas las plantas; lo que puede ser ideal para una planta, puede constituir un fracaso en otra. Sin embargo, las experiencias con algunas especies pueden ser aplicadas a otras especies afines.

La literatura citada por HARTMANN y KESTER (23) y VASTEY (43), los trabajos de investigación de GARCIA VILLAMAN (12) y ZANONI (46) en varias especies forestales, GUEVARA HUETE (16) en especies frutales,



BACHELARD y STOVE (1) y GIOFDANO (15) en E. camaldulensis, MARTIN y QUILLET (31, 32, 33, 34) en varias especies de eucaliptos, araucarias y en Terminalia superba, y GURGEL (19) en eucaliptos, son ejemplos que muestran la importancia que tiene la posición de la estaca en la rama o en el árbol.

VASTEY (45) opina que las diferencias de enraizamiento, se debe a una desigual distribución de la auxina y de las reservas nutritivos en las diferentes partes del árbol.

### 2.8 Influencia de la época en el enraizamiento

A través del año, las plantas se encuentran en diferentes estados fisiológicos, los cuales afectan el desarrollo de las raíces en las estacas. Al respecto, HARTMANN y KESTER (23) opinan que ciertas especies tienen una época óptima para el enraizamiento.

GIORDANO (14), en Italia, demostró que la época en que se obtienen las estacas tiene importancia. Menciona que el mes más favorable para el enraizado de E. rostrata Schlecht (E. camaldulensis Dehnh) en ese país, es febrero (64%), bajando la proporción en abril (27%), julio (15%) y diciembre (12%). Por su parte, HARTNEY (24) indica que la época -aún en climas tropicales-, es un factor importante para el enraizamiento de estacas de Eucalyptus, proporcionando ejemplos de algunos países en donde se han determinado los meses óptimos para el enraizamiento de estacas.

HARTMANN y KESTER (23) señalan que para cada planta específica, se necesitan pruebas empíricas respecto a la época adecuada para tomarlas, la cual con toda probabilidad, estará más relacionada con la condición fisiológica de sus tejidos que con una fecha de calendario.

### 2.9 Factores ambientales

La temperatura del aire que rodea a las estacas tiene influencia en el enraizamiento, puesto que las temperaturas altas aumentan la respira

ción y en consecuencia el agotamiento de reservas (23).

En relación con la temperatura del medio de enraizamiento se han obtenido resultados satisfactorios en siete especies de Eucalyptus, utilizando el calentamiento del sustrato, aunque no se menciona la temperatura utilizada (44). En cuanto a la temperatura del medio ambiente, IVASHCHENKO (26) multiplicó por estaca E. urnigera y E. tereticornis, obteniendo porcentajes de enraizamiento de 40% y 33% respectivamente. La temperatura que prevaleció fue de 20-22 °C durante el día y cerca de 8°C durante la noche.

El factor luz influye en el enraizamiento (1). Se recomienda que la estaca no sea expuesta a la luz fuerte, sino a una sombra parcial (15). Asimismo, se debe tener el cuidado de mantener húmedo el sustrato de enraizamiento, pero sin llegar a la saturación (8,29).

La naturaleza del sustrato resulta también importante. Se puede considerar como un buen sustrato aquel que proporcione un drenaje, aireación y soporte adecuado. Para lograr estas características se recurre a diferentes tipos de sustratos o sus mezclas en diferentes proporciones. Algunos sustratos usados son: suelo, arena, turba, musgo esfangineo, vermiculita, perlita, piedra pómez, suelo de hoja, corteza desmenuzada, aserrín viruta de madera y otros (8, 23, 37).

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el invernadero del Programa de Recursos Naturales Renovables del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, localizado a 9°52' de latitud Norte y 83°39' de latitud Oeste, con elevación de 602 msnm.

El clima es caliente-húmedo con temperatura media anual de 22,3°C (promedio de 20 años, 1958-1979), máxima 26,9°C y mínima 17,6°C; la precipitación media anual es de 2660 mm (promedio de 34 años, 1944-1979), con un promedio de 251 días anuales de lluvia. Las lluvias se distribuyen en dos máximas de precipitación: una en el mes de junio y otra en diciembre. El mes menos húmedo es marzo. El promedio de brillo solar diario es de 4,5 h de sol y la humedad relativa es de 87,5% (promedio de 21 años, 1957-1979).

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de HOLDRIDGE (27), Turrialba clasifica como un bosque muy húmedo tropical premontano.

#### 3.1 Enraizamiento de estacas de acuerdo al período del año, edad del árbol madre, y tipo de estaca

De acuerdo a la revisión de literatura realizada, se muestra la evidencia de que existen algunos factores que afectan la regeneración de plantas a partir de estacas, por lo que la atención que se preste a los mismos puede determinar el fracaso o el éxito del enraizamiento de estacas; de ahí la importancia que se le ha dado en la presente investigación a la época de enraizamiento, edad de la planta madre y tipo de estaca, factores que se detallan a continuación:

##### 3.1.1 Períodos de enraizamiento

En vista de que la época del año es un factor importante en la rizogénesis, se realizaron los ensayos de enraizamiento de estacas de

l. deglupta durante los siguientes períodos del año 1979: del 5 de febrero al 13 de marzo; del 10 de junio al 16 de julio; y del 25 de agosto al 30 de setiembre.

La disposición espacial y cronológica de los períodos de enraizamiento y su relación con las condiciones climáticas presentadas durante la recolección del material vegetal, se observa en la Figura 1.

### 3.1.2 Edad de la planta madre y tipo de estaca

El material vegetal se obtuvo de plantas de cinco edades diferentes por período de enraizamiento, como se muestra a continuación:

CUADRO 1. Edad de las plantas madres según el período de enraizamiento.

PERIODO DEL AÑO 1979	E D A D E N M E S E S				
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
5 febrero al 13 marzo	8	15	27	40	48
10 junio al 16 julio	12	19	31	44	52
25 agosto al 30 setiembre	15	22	34	47	55

El material se recolectó de ramas en crecimiento y del tercio superior de la copa del árbol (33). La longitud de las estacas varió entre 10,6 cm y 11,7 cm y el diámetro entre 0,29 y 0,37 cm. Cada rama se dividió en tres partes con el fin de obtener estacas de la sección distal, media y proximal, según se muestra en la Figura 2. El brote terminal de cada rama fue eliminado con el fin de uniformizar el material vegetal, lo anterior por observarse que en muchas ramas el brote fue destruido por pájaros, insectos o quebrado por el viento.

A cada estaca se le dejó el par de hojas superiores por su influencia en el enraizamiento (33). Cada hoja se redujo a la mitad con el objeto de aprovechar mejor el espacio en el invernadero. Asimismo, cada

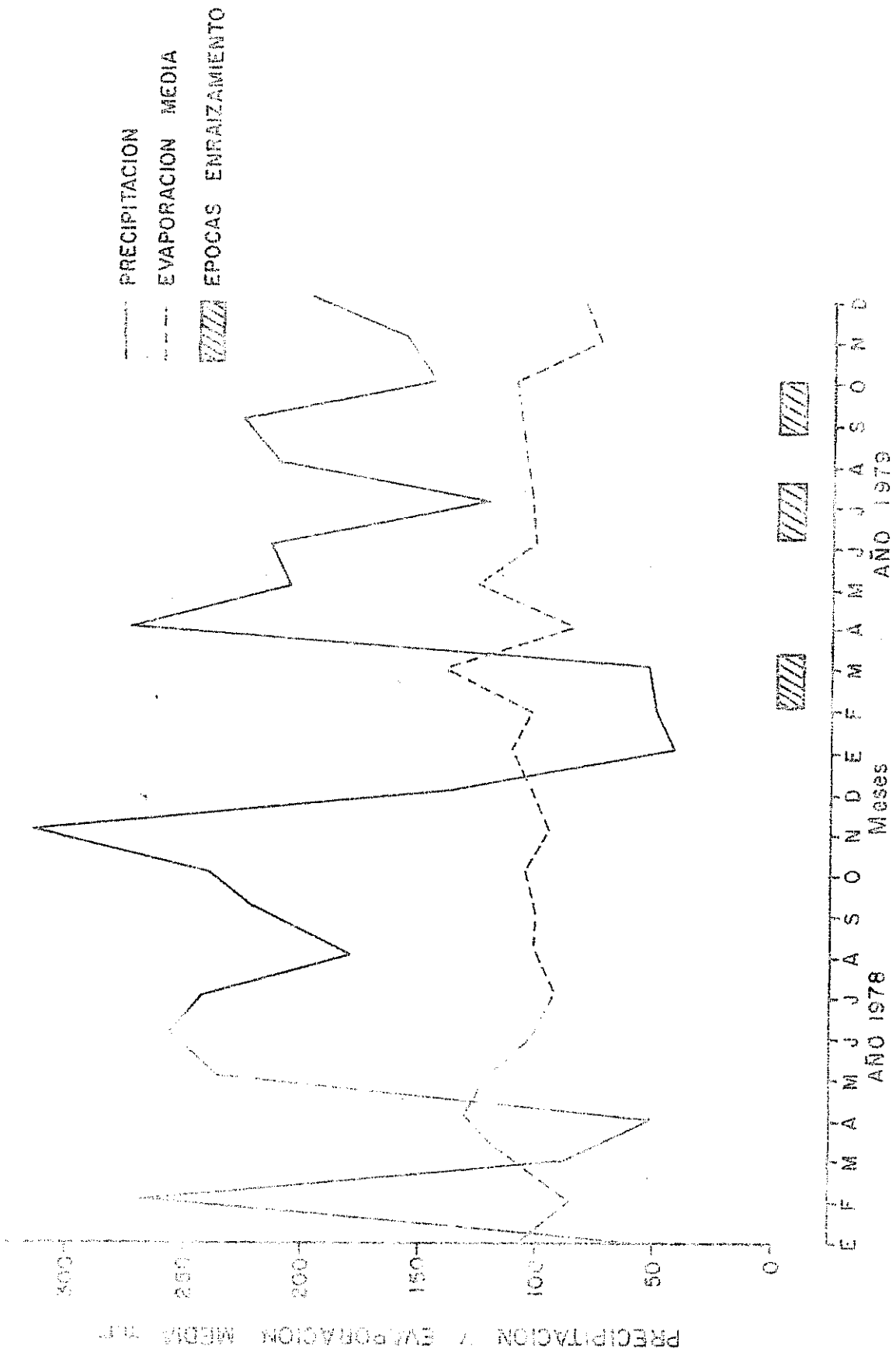
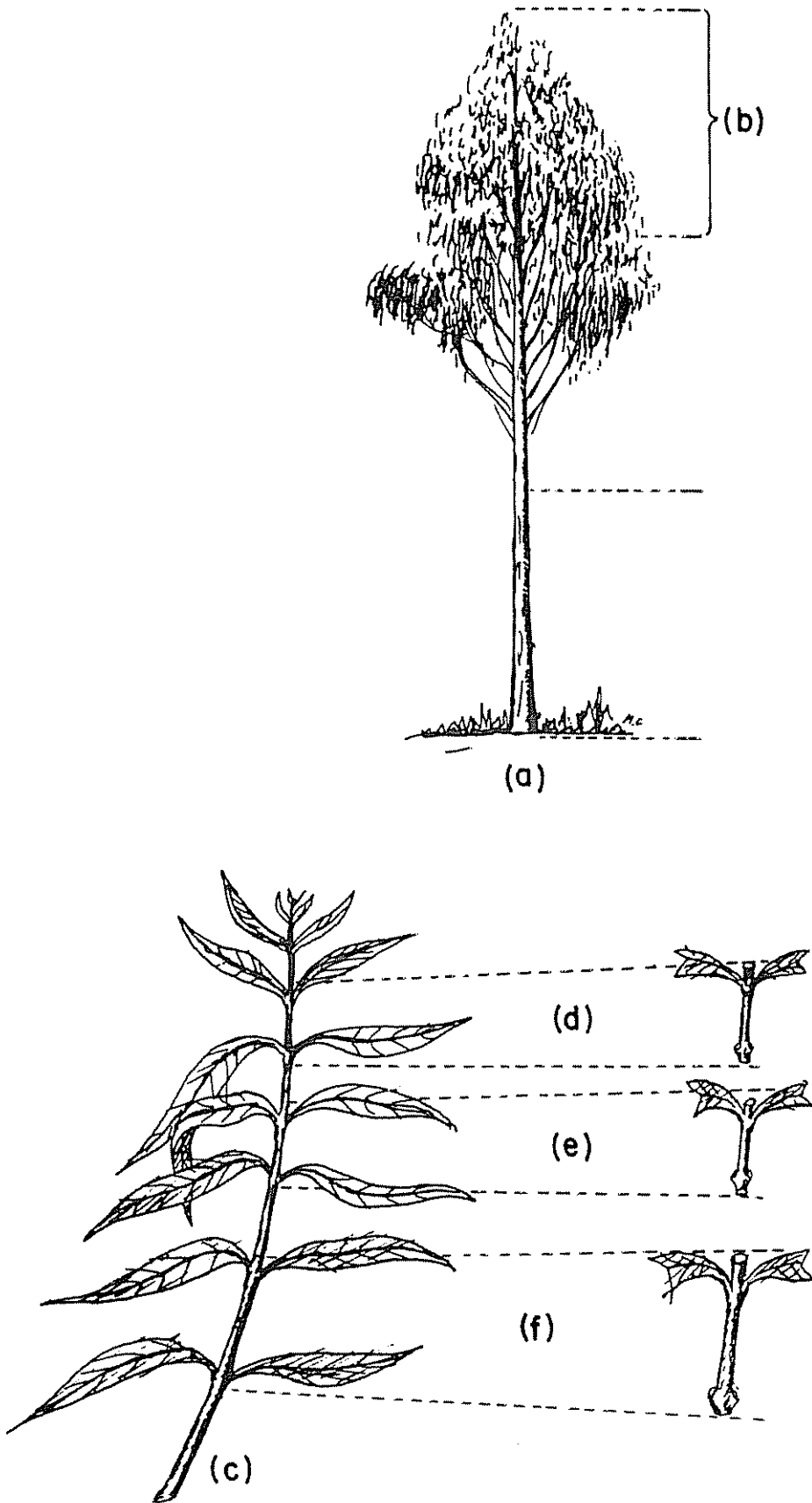


Figura 1. RELACION ENTRE PRECIPITACION Y EVAPORACION MEDIA DURANTE LOS AÑOS 1978 Y 1979

FUENTE: MOJAS DE REGISTRO DE LA ESTACION METEOROLOGICA DEL C.A.T.I.E



**Figura 2** Esquema que muestra el árbol madre (a), parte de la copa de donde se tomó el material a propagar (b) y las subdivisiones de la rama (c) para obtener las estacas de la parte distal (d) media (e) y proximal (f)

estaca contó con un nudo en el extremo proximal, de manera que quedaba en contacto directo con el sustrato.

Las estacas fueron colocadas en recipientes de cartulina (7 cm de diámetro x 9 cm de alto), que contenían un sustrato compuesto por una mezcla de arena, ceniza vegetal y musgo esfangíneo (1:1:1/2, v/v). Se usó un equipo nebulizador con control automático, diseñado para mantener una lámina de agua en la superficie de las hojas.

El tratamiento hormonal usado consistió en una solución de 5000 ppm de Ácido Indolbutírico en alcohol etílico al 50% y el tiempo de inmersión fue de 5 segundos. La concentración y el tiempo de remojo se escogieron después de hacer algunas pruebas preliminares.

Una vez colocadas las estacas en las mesas del invernadero, se aplicó una solución de Captán a razón de 4 g/l. Durante el tiempo que duró el experimento, este fungicida fue aplicado una vez por semana.

Se hicieron observaciones cada tres días para evaluar el proceso de abscisión de hojas y mortalidad de estacas. La evaluación final se hizo según las siguientes categorías:

- a. Estacas muertas: Se agruparon las estacas que no presentaron signo aparente de vida.
- b. Estacas latentes: Estacas verdes que no formaron callo.
- c. Estacas con callo: Estacas que además de estar vivas formaron el tejido cicatrizal.
- d. Estacas enraizadas: Estacas con raíces. En esta categoría se evaluaron el número de raíces por estaca y su tamaño.

Se utilizó un arreglo factorial 5x3 (cinco edades por período de prueba y tres tipos de estacas) en diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Los datos obtenidos se analizaron según el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Observación individual

$\mu$  = Media común

$\alpha_i$  = Efecto de la edad de la planta madre,  $i=(1,2,3,4,5)$

$\beta_j$  = Efecto del tipo de estaca,  $j=(1,2,3)$

$E_{ijk}$  = Error

El número de estacas por unidad experimental fue de 24, utilizándose un total de 1080 estacas por período de enraizamiento.

Se emplearon dos factores: A.- Edad de la planta madre, y B.- Tipo de estaca; el primer factor con cinco niveles y el segundo factor con tres niveles, como se ilustra a continuación:

A.- Edad de la planta madre

$a_1$

$a_2$  La edad se tomó de acuerdo con el período del año. Ver

$a_3$

$a_4$  Cuadro 1.

$a_5$

$a_5$

B.- Tipo de estaca

$b_1$  = distal

$b_2$  = media

$b_3$  = proximal

El cuadro a continuación incluye los quince tratamientos por período de enraizamiento.



Factor	Edad de la Planta Madre (A)					
	NIVEL	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
Tipo de Estaca (B)	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>
	b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>
	b <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>

### 3.2 Determinación biológica de los cofactores e inhibidores del enraizamiento de estacas 1/

La técnica que se siguió es la descrita por HESS (26), con algunas modificaciones señaladas por MUÑOZ HONORATO (35) y WEAVER (45).

Muestras compuestas de hojas y de un peso de 50 g de las cinco edades a estudiar, se guardaron en bolsas de papel aluminio y se conservaron a -20°C. Las muestras se liofilizaron por un período de 7 horas y luego se molieron en un molino Wiley con un tamiz de malla 40. El material se conservó en frascos de vidrio oscuro, para posteriormente proceder a realizar las extracciones.

Se tomaron 100 mg de la muestra y se extrajeron con una alícuota de 25 ml de metanol absoluto a 5°C por tres veces consecutivas. Lo anterior se realizó en una refrigeradora regulada a la temperatura indicada. Cada período de extracción fue de 30 minutos con agitación intermitente cada 5 minutos.

Los extractos se filtraron y se evaporaron a sequedad utilizando vacío a una temperatura de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en un aparato diseñado para ese e-

1/ En este ensayo se estudiaron únicamente las edades correspondientes al período del año del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

fecto y que se muestra en la Figura 3. El residuo se redisolvió con una alícuota de 4 ml de metanol absoluto a temperatura ambiental.

La separación de las sustancias endógenas del enraizamiento se realizó mediante cromatografía descendente de papel; para este fin se utilizó un mililitro de extracto, el cual se aplicó a bandas de 5 cm de ancho por 57 cm de largo de papel cromatográfico Whatmann No. 1 Mi.

Los cromatogramas se equilibraron durante 3 horas y posteriormente se desarrollaron con el disolvente isopropanol: agua (6:2 v/v) durante 16 horas a 20°C. Después de este tiempo se secaron al aire y luego se dividieron en 19 partes de 3 cm. Cada sección (2x5 cm) se colocó en un tubo de 6,5 cm x 1,5 cm agregándose 10 ml de agua destilada; el sistema se dejó equilibrar por un período de tres horas, colocándose luego en cada tubo, ocho estacas de frijol mungo que fueron preparadas de la siguiente manera. Las semillas de frijol mungo se desinfectaron en una solución de una parte de hipoclorito de sodio por 16 partes de agua. Posteriormente se lavaron en agua corriente y se dejaron embeber durante 12 horas; después de este período, se sembraron en cajas con arena bajo condiciones de invernadero.

Las estacas de frijol mungo se prepararon 12 días después de haberse sembrado la semilla, cortando la plántula 3 cm bajo el nudo cotiledonario y removiéndose los cotiledones.

En cada tubo que contenía una sección de cromatograma y agua destilada, se colocaron las ocho estacas de frijol mungo y se llevaron a una cámara de enraizamiento con una intensidad de 2500 Lux al nivel de la planta, 16 horas de fotoperíodo,  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , y entre 60% a 70% de humedad relativa; las estacas testigo se enraizaron solamente en agua destilada.

Cada 24 horas, se agregó agua destilada a los tubos con el fin de conservar el volumen original. Seis días después y por cada sección de cromatograma, se contó el número de raíces de cada una de las estacas y se comparó con el número de raíces del testigo.

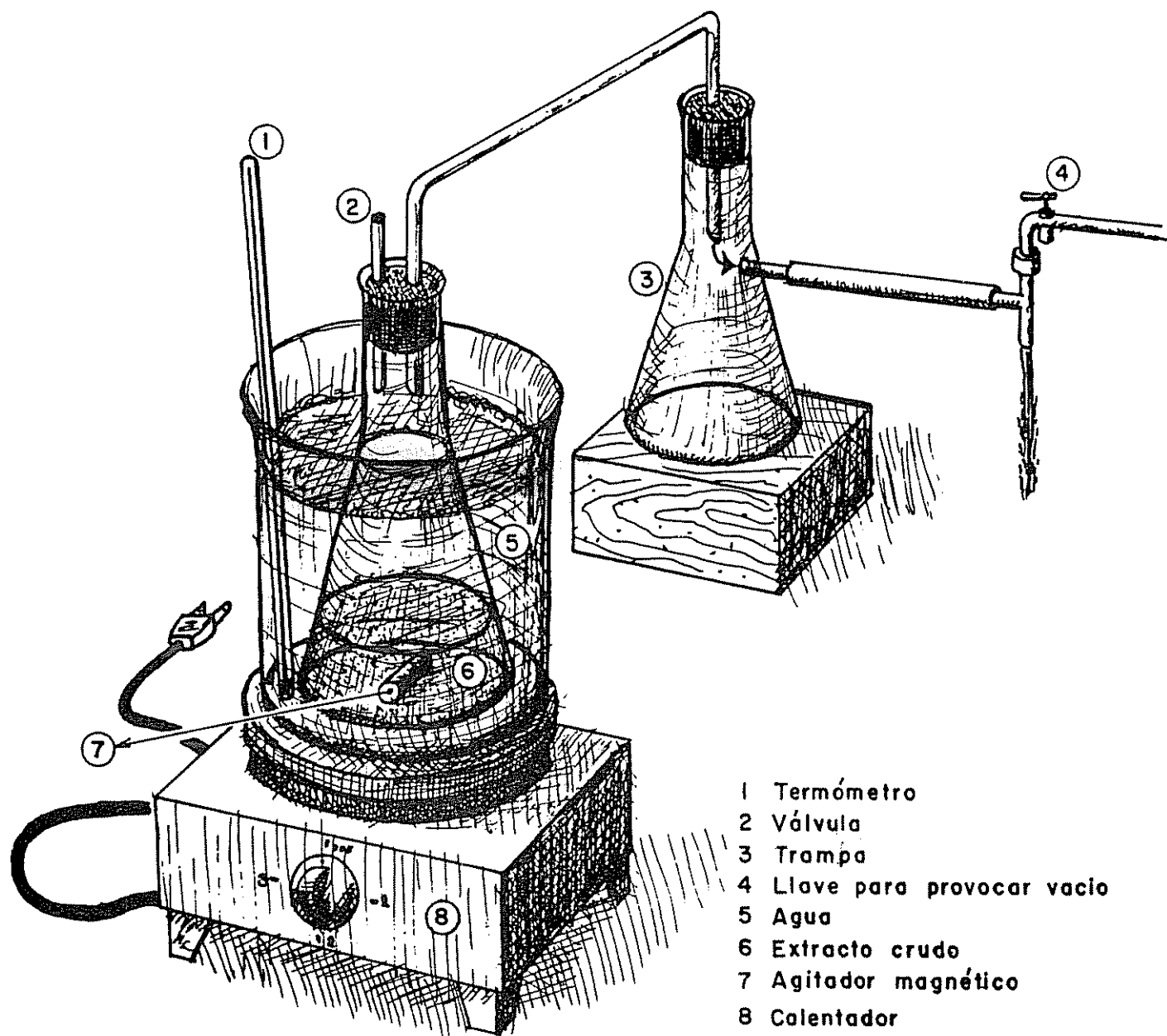


Figura 3 Aparato usado para evaporar a sequedad los extractos crudos.

De acuerdo a la metodología utilizada, el número de raíces formadas es proporcional al contenido de sustancias reguladoras del crecimiento en las soluciones, por lo cual, se elaboraron histogramas para cada edad estudiada, en donde, el origen está en la primera barra de la izquierda y la última barra de la derecha (barra N°19) representa el frente del disolvente. Cada barra indica una fracción del cromatograma con un  $R_f$  determinado. La línea horizontal continua representa el número promedio de raíces por estaca del testigo, y las líneas discontinuas representan la desviación estándar de los enraizamientos del testigo 1/.

---

1/ GODBACH, H. Elaboración de histogramas para representar la actividad de promotores e inhibidores del enraizamiento. Turrialba, CATIE, 1980. Comunicación personal.

## 4. RESULTADOS

4.1. Enraizamiento de estacas de acuerdo al período del año; edad del árbol madre y tipo de estaca.

### 4.1.1 Condiciones de temperatura durante el ensayo

Las temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero y la temperatura en el sustrato de enraizamiento se presentan en la Figura 4.

Los promedios en el primer período de prueba -5 de febrero al 13 de marzo- fueron de 30 °C como máxima, 19,6 °C como mínima y 20,2 °C como temperatura del sustrato. En el segundo período -10 de junio al 16 de julio-, la máxima fue de 30,2 °C, mínima de 20,2 °C y 21,5 °C en el sustrato; durante el tercer período -25 de agosto al 30 de setiembre-, la máxima fue de 29,5 °C, la mínima de 19,5 °C y el sustrato de 20,4 °C.

### 4.1.2 Comportamiento de las estacas al enraizamiento

Los resultados obtenidos en el primer período del año se muestran en el Cuadro 2, el cual indica que se obtuvieron resultados negativos únicamente en las estacas de 48 meses (a<sub>5</sub>).

Se presentó la formación de raíces con resultados variables dependiendo de la edad y del tipo de estaca en el período del año mencionado anteriormente. El Cuadro 1A presenta los valores de enraizamiento por repetición, el Cuadro 2A presenta el análisis de varianza a la respuesta del enraizamiento en el primer período de estudio.

El Cuadro 2A indica, que las fuentes de variación en el ensayo estuvieron constituidas por el tratamiento, la edad, el tipo de estaca y la interacción de la edad por el tipo de estaca.

El tratamiento fue altamente significativo, de lo cual se deduce que existen diferencias entre el material vegetativo; asimismo, la edad fue altamente significativa lo que muestra que hay diferencias entre las edades probadas para el enraizamiento.

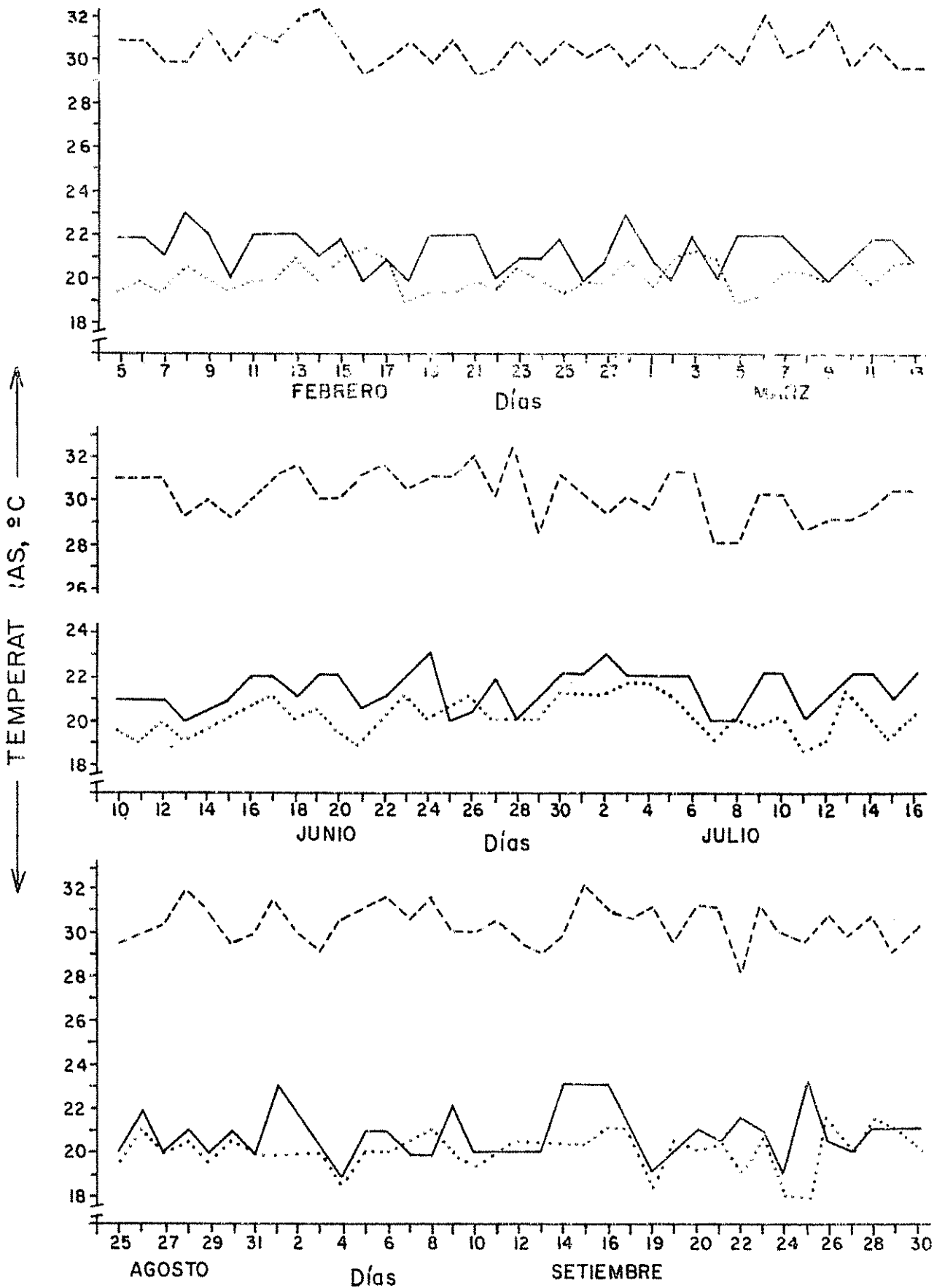


Figura 4: TEMPERATURAS MÁXIMAS (----) Y MÍNIMAS (.....) DENTRO DEL INVERNADERO Y DEL SUSTRATO DE ENRAIZAMIENTO (—) DURANTE LOS TRES PERIODOS DEL AÑO 1979 EN QUE SE REALIZARON LAS PRUEBAS DE ENRAIZAMIENTO.

CUADRO 2. Comportamiento de las estacas de Eucalyptus deglupta al enraizamiento durante el período comprendido entre el 5 de febrero al 13 de marzo de 1979.

Tratamiento I/	Longitud Promedio cm.	Diámetro Promedio cm.	NUMERO DE ESTACAS (n)			Número Promedio de raíces	Tamaño promedio de raíces cm.	Número de estacas con hojas al final del período
			Enraizadas	Latentes	Muertas			
a1 b1	11,3	0,24	18	1	5	25	7,5	12
a1 b2	10,6	0,25	15	1	8	27	4,2	7
a1 b3	11,0	0,30	16	1	7	27	3,3	2
a2 b1	11,1	0,24	8	2	14	13	5,3	5
a2 b2	11,3	0,27	9	1	14	39	4,6	2
a2 b3	11,2	0,35	6	2	16	25	4,0	1
a3 b1	11,7	0,23	2	5	17	10	4,2	6
a3 b2	11,5	0,32	4	3	17	12	4,7	6
a3 b3	11,2	0,34	2	1	21	14	5,6	3
a4 b1	10,9	0,27	16	4	4	18	6,8	12
a4 b2	10,8	0,30	10	4	10	20	3,6	4
a4 b3	10,9	0,37	2	3	19	22	3,1	2
a5 b1	11,0	0,20	0	1	23	-	-	2
a5 b2	10,7	0,26	0	1	23	-	-	1
a5 b3	10,8	0,31	0	1	23	-	-	0

I/ Edades en meses

a1 = 0

a2 = 15

a3 = 27

a4 = 40

a5 = 48

Tipos de estaca

b1 = distal

b2 = media

b3 = proximal

n = 24

Con respecto al tipo de estaca, ésta mostró ser significativa, de igual manera para la interacción aspecto que revela, que la respuesta al enraizamiento es afectada por la edad y el tipo de estaca como se muestra en la Figura 5, encontrándose que el tratamiento que presentó mayor estímulo al enraizamiento fue el  $a_1b_1$ , seguido por  $a_4b_1$ .

El Cuadro 3A y 4A se muestran los resultados de la prueba de Duncan al 1% tanto para la edad como para el tipo de estaca.

Para la edad se puede observar (Cuadro 3A), que entre las estacas provenientes de árboles madres de 15 y 40 meses, no se presentaron diferencias estadísticas entre ellas, caso contrario sucedió entre las medias de enraizamiento de las demás edades ensayadas.

Con respecto al tipo de estaca (Cuadro 4A), se encontró que entre los tipos distal y media no existen diferencias significativas entre ellas. Diferente ocurrió para los tipos media y proximal, así como, para los tipos distal y proximal en donde se encontró diferencias significativas.

En el segundo período de ensayo -10 de junio al 16 de julio- únicamente una estaca de 12 meses de edad y de tipo media ( $a_1b_2$ ) logró enraizar. De las pruebas de enraizamiento llevadas a cabo en el tercer período -25 de agosto al 30 de setiembre-, solamente arraigaron cinco estacas de 47 meses y de tipo distal ( $a_4b_1$ ) y cinco estacas de 55 meses: dos de tipo distal ( $a_5b_1$ ), una de tipo media ( $a_5b_2$ ), y dos de tipo proximal ( $a_5b_3$ ).

#### 4.1.3 Absición de hojas

Se encontró una relación directa entre la capacidad de enraizamiento y la retención de hojas en los dos tratamientos que respondieron mejor a la rizogénesis.

En la Figura 6 y Cuadros 5A, 6A y 7A se presenta el proceso de absición durante los tres períodos de prueba. Durante el primer período de



b<sub>1</sub> = Distal  
b<sub>2</sub> = Medio  
b<sub>3</sub> = Proximal  
n = 24

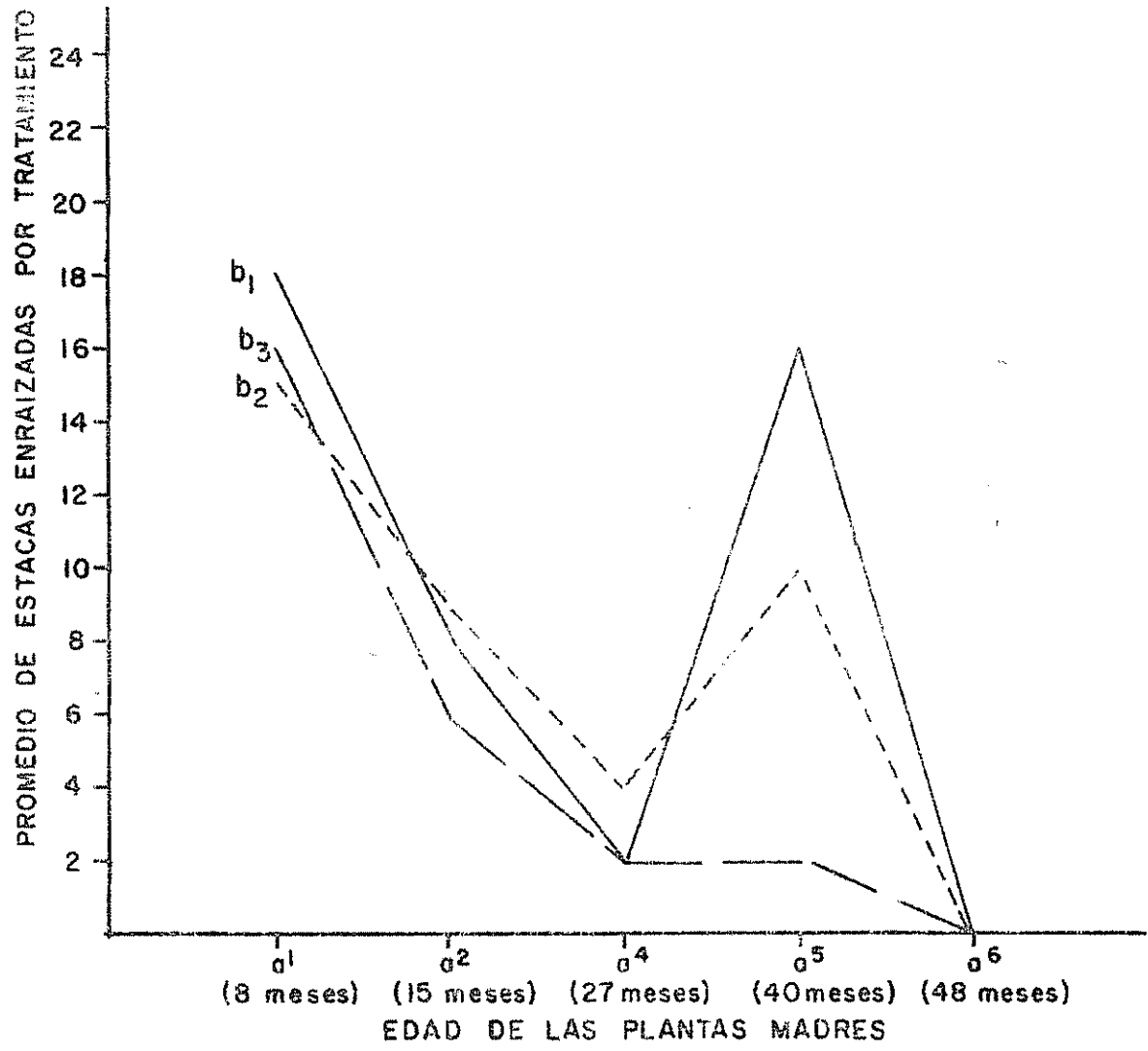
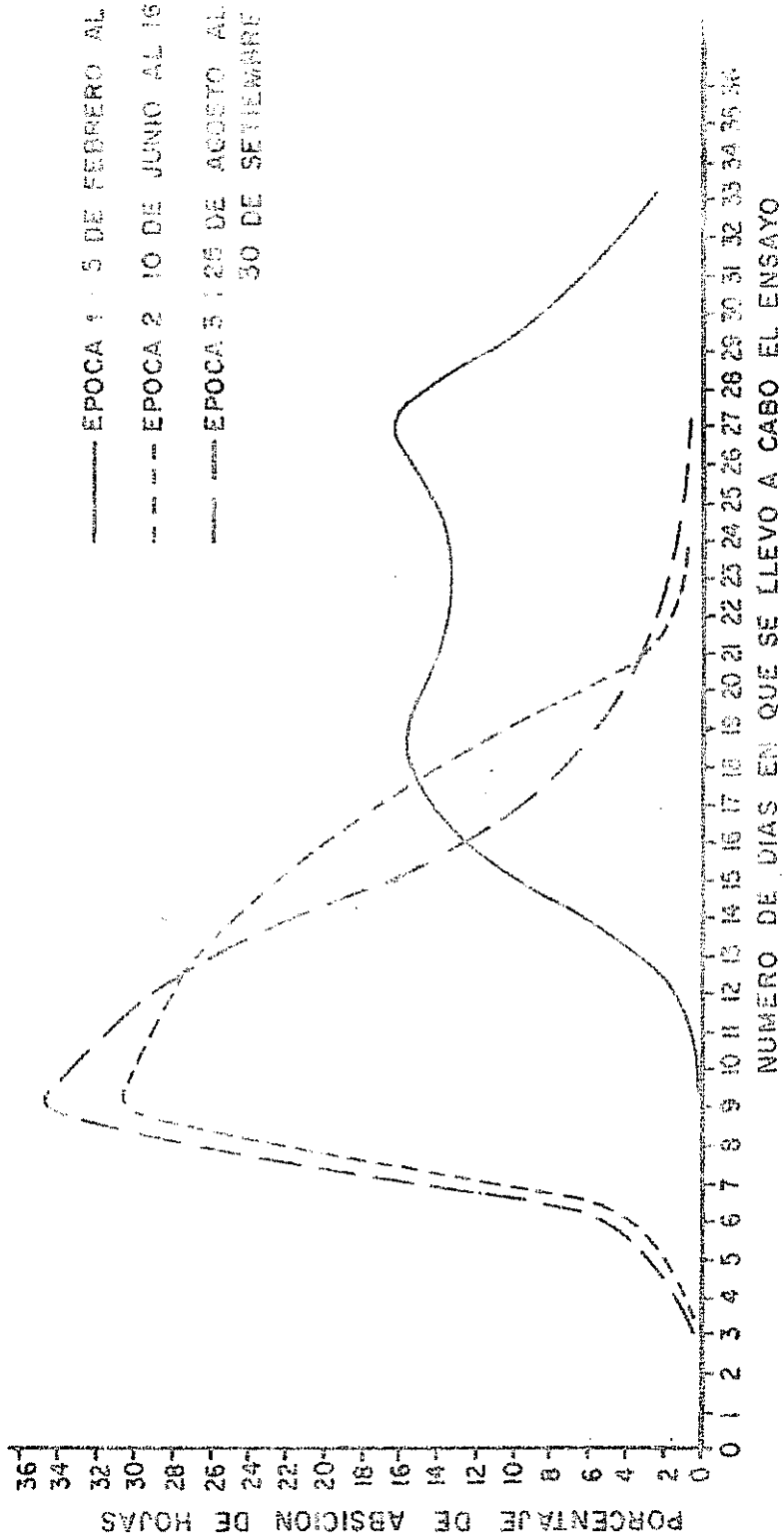


Figura 5: PROMEDIO DE ESTACAS ENRAIZADAS DE *Eucalyptus deglupta* SEGUN LA EDAD Y TIPO DE ESTACA.



Figuro 6: PROCESO DE ABSICION DE HOJAS EN ESTACAS DE *Eucalyptus deglupta* DURANTE TRES PERIODOS DE ENRAIZAMIENTO

enraizamiento -5 de febrero al 13 de marzo-, se presentó una abscisión del 80% al final del ensayo.

El proceso de caídas de hojas comenzó en el décimo día de iniciado el ensayo y finalizó en el trigésimo tercer día.

A partir del décimo día, la abscisión aumentó hasta llegar a un 15% en el décimo octavo día, el proceso bajó para luego subir levemente a un 16% en el vigésimo séptimo día.

En el segundo período de prueba -10 de junio al 16 de julio-, hubo una caída completa de hojas (100%). La abscisión se presentó en el tercer día de iniciado el ensayo; en el sexto día el 3% de hojas había caído, a partir de este día subió drásticamente para llegar a un 30% en el noveno día; el fenómeno bajó luego gradualmente hasta el vigésimo cuarto día en que hubo una abscisión completa.

En el tercer período de ensayo -25 de agosto al 30 de setiembre-, se presentó un proceso de abscisión similar al segundo. Se inició la caída de hojas en el tercer día, llegando a su máximo en el noveno día con un 34%. La abscisión terminó en vigésimo séptimo día presentando durante todo el período de ensayo, un 96% de abscisión.

#### 4.2 Determinación biológica de los cofactores e inhibidores del enraizamiento de estacas.

La actividad de promoción e inhibición de extractos de muestras de tejidos de E. deglupta de las cinco edades estudiadas se presentan en las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11.

Los extractos obtenidos a partir de tejidos de 8 meses de edad (Figura 6), presenta áreas de promoción correspondiente a  $R_f$  de 0,37; 0,42 y 0,47. Se muestran áreas de inhibición en los  $R_f$  0,05; 0,22; 0,53; 0,63 y 0,95.

Los extractos provenientes de tejidos de 15 meses se presentan en

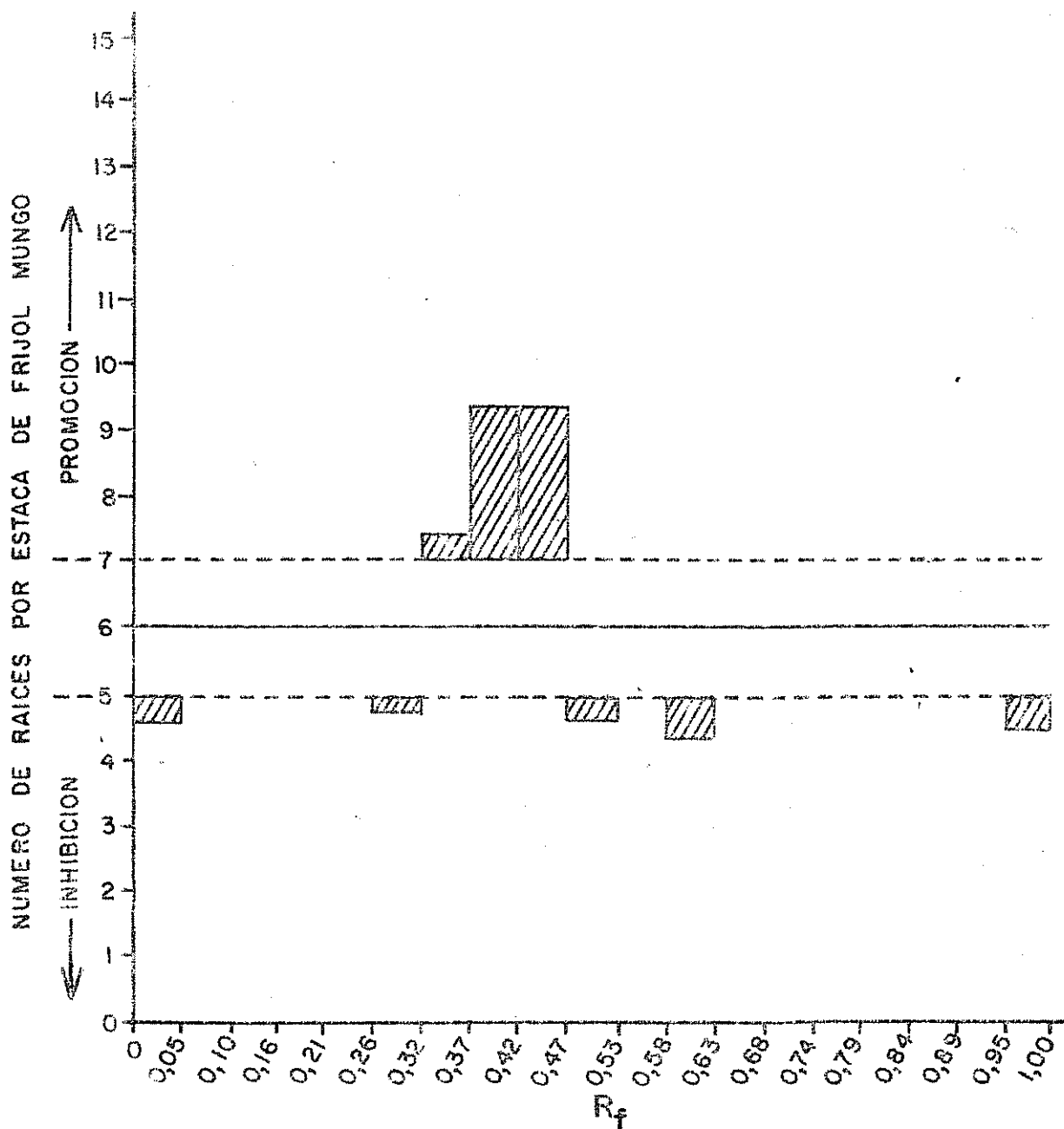


Figura 7: ACTIVIDAD DE PROMOTORES E INHIBIDORES ENDOGENOS DE ENRAIZAMIENTO EN EXTRACTOS DE *Eucalyptus deglupta* DE 8 MESES DE EDAD.

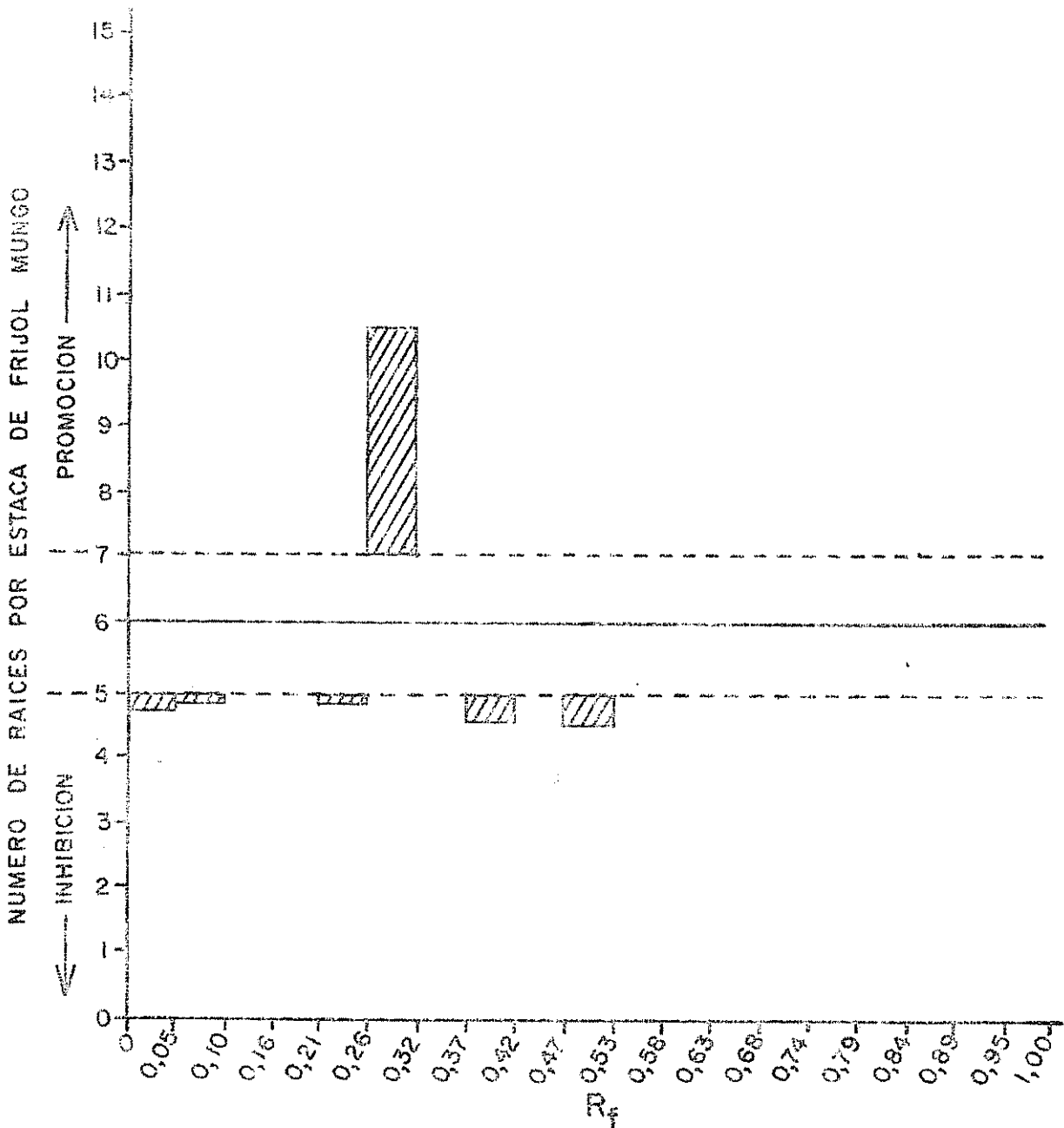


Figura 8: ACTIVIDAD DE PROMOTORES E INHIBIDORES ENDOGENOS DE ENRAIZAMIENTO EN EXTRACTOS DE *Eucalyptus deglupta* DE 15 MESES DE EDAD.

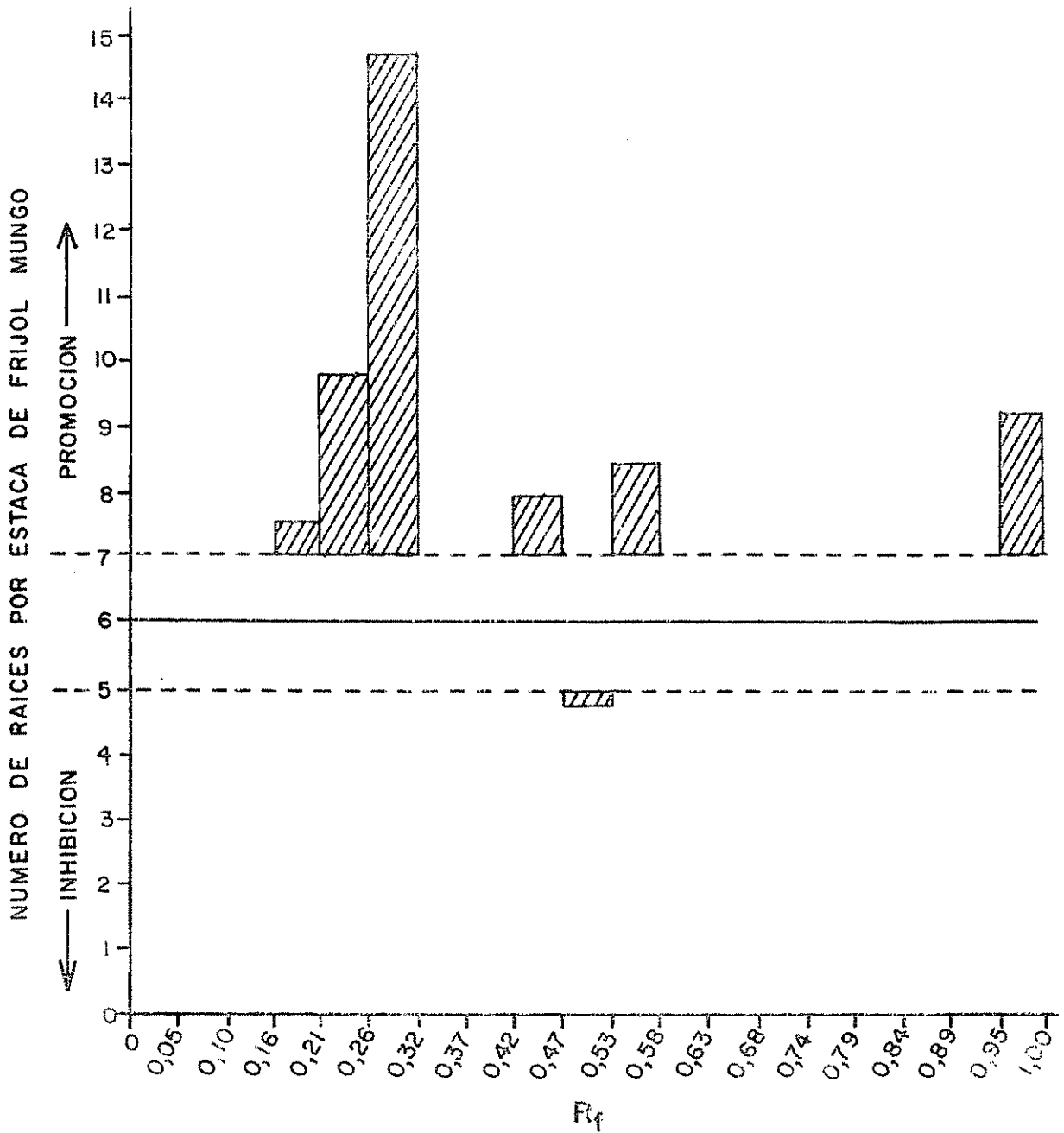


Figura 9 : ACTIVIDAD DE PROMOTORES E INHIBIDORES ENDOGENOS DE ENRAIZAMIENTO EN EXTRACTOS DE *Eucalyptus deglupta* DE 27 MESES DE EDAD.

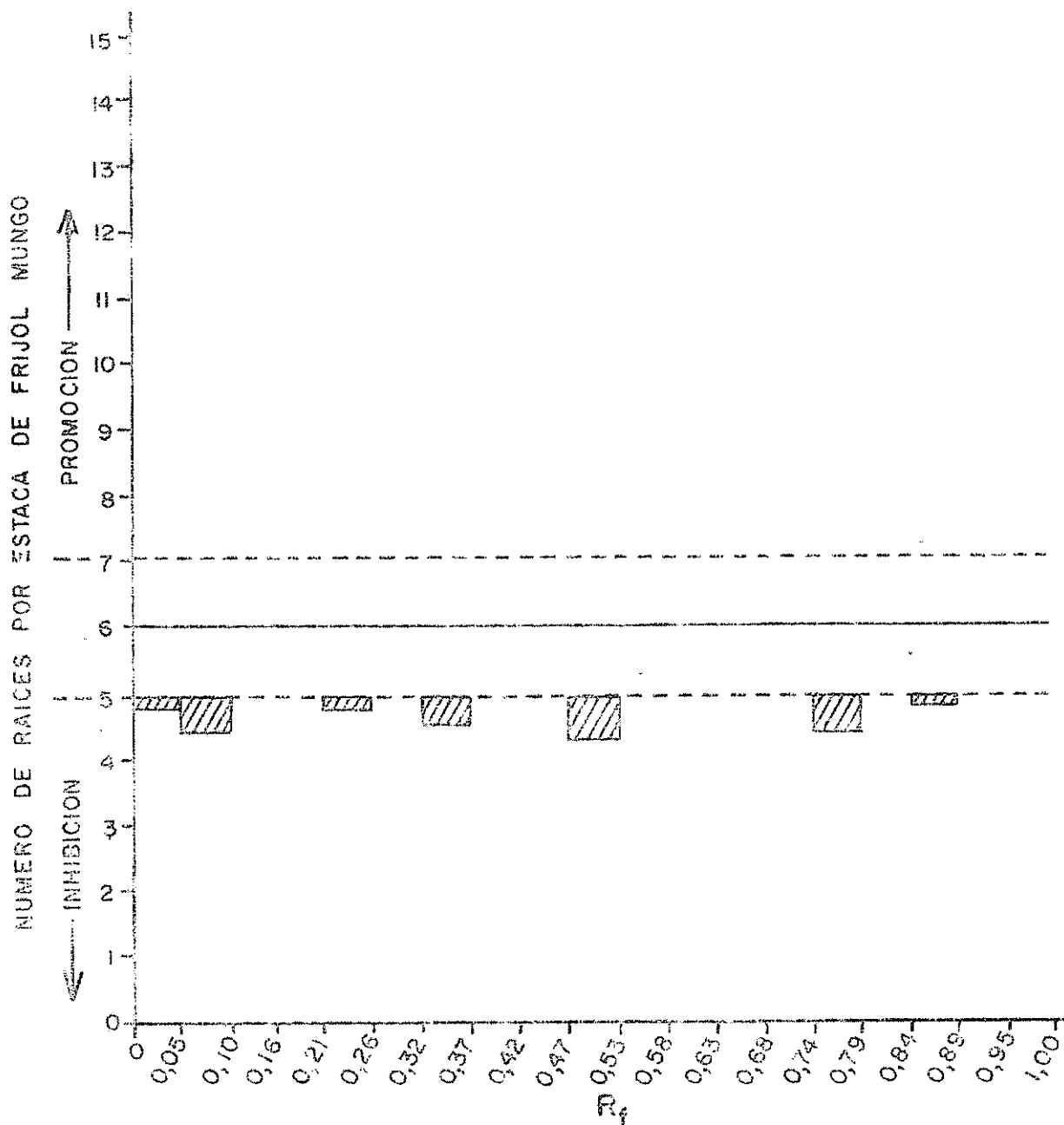


Figura 10: ACTIVIDAD DE PROMOTORES E INHIBIDORES ENDOGENOS DE ENRAIZAMIENTO EN EXTRACTOS DE *Eucalyptus deglupta* DE 40 MESES DE EDAD.

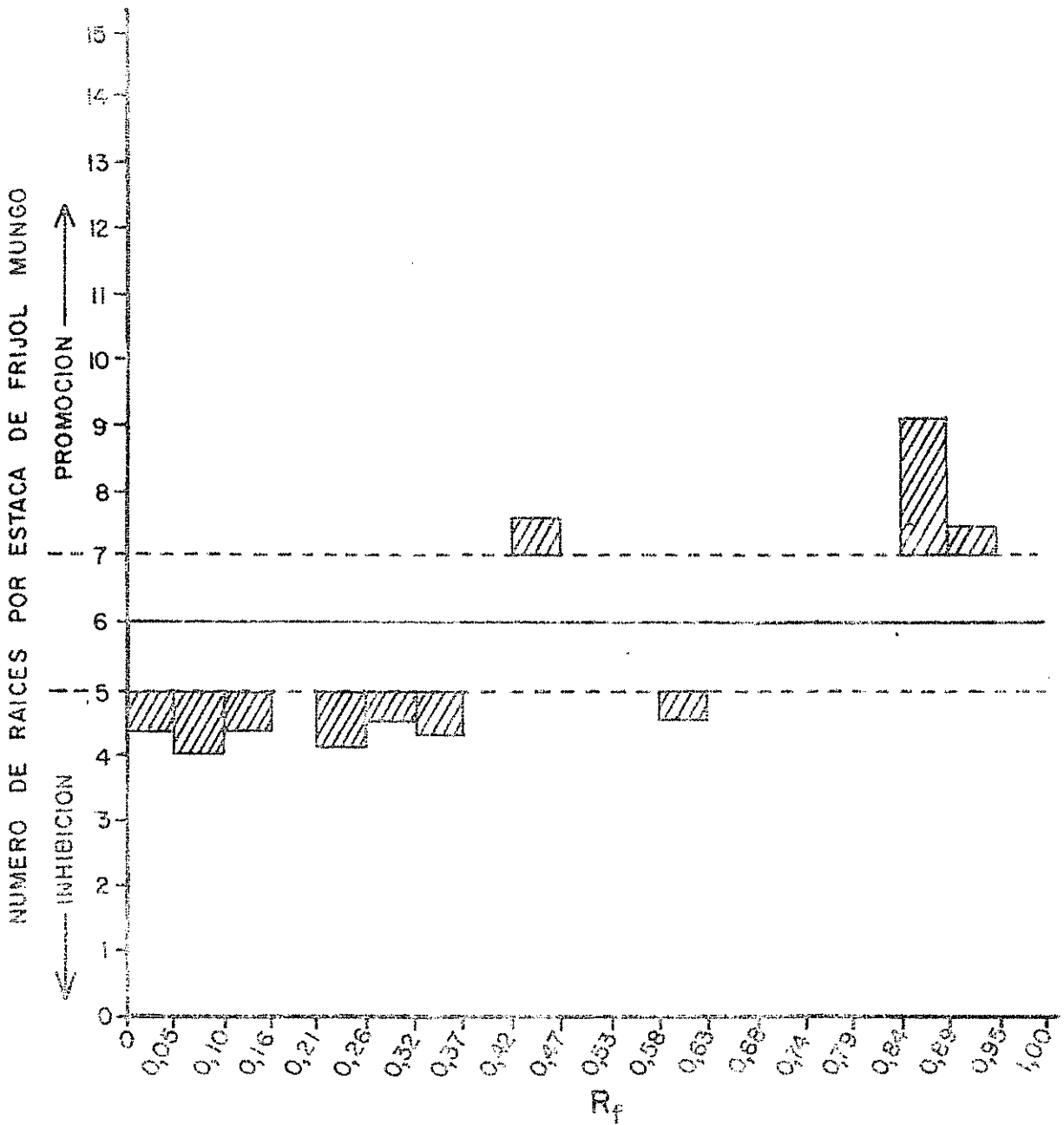


Figura II : ACTIVIDAD DE PROMOTORES E INHIBIDORES ENDOGENOS DE ENRAIZAMIENTO EN EXTRACTOS DE *Eucalyptus deglupta* DE 48 MESES DE EDAD.



La Figura 8, muestra una área de promoción de  $R_f$  0,32 y varias áreas de inhibición en los  $R_f$  0,05; 0,11; 0,26; 0,42 y 0,53.

De acuerdo al bioensayo, los extractos de los tejidos de 27 meses de edad, fueron los que presentaron una mayor actividad promotora ubicada en los  $R_f$  0,21; 0,32; 0,47; 0,58 y 1,0. Se observa una actividad de inhibición únicamente en  $R_f$  0,53 (Figura 9).

Con respecto a los extractos de los tejidos de 40 meses de edad (Figura 10), se presentan inhibidores endógenos de enraizamiento en los  $R_f$  0,05; 0,11; 0,26; 0,37; 0,53; 0,79 y 0,89. En dicha Figura no se presenta ninguna área de promoción de enraizamiento.

En relación a los extractos de tejidos de 48 meses, éstos presentaron áreas de promoción en los  $R_f$  0,47; 0,89 y 0,95. Los  $R_f$  0,05; 0,10; 0,16; 0,26; 0,32; 0,37 y 0,63 se presentaron como zonas de inhibición (Figura 11).

## 5. DISCUSION

El análisis de los resultados indican, que las mejores tasas de enraizamiento se presentaron en el primer período de prueba -5 de febrero al 13 de marzo-, con excepción de las estacas provenientes de árboles madres de 48 meses de edad que no mostraron capacidad al enraizamiento. Este comportamiento, parece estar relacionado con el estado fenológico de la planta madre al momento de la recolección del material a propagar. Lo anterior, por cuanto no hubo ninguna evidencia de floración y las plantas se encontraban en un crecimiento vegetativo intenso.

Contrario a lo anterior, sucedió en la segunda prueba de enraizamiento -10 de junio al 16 de julio-, en donde los árboles de las edades de 31, 44 y 52 meses presentaron floración; asimismo, en la tercera prueba -25 de agosto al 30 de setiembre-, las edades de 22, 34, 47 y 55 meses presentaron flores y frutos, encontrándose en éstas dos pruebas de estudio, una ausencia total hacia el enraizamiento. Lo manifestado, parece indicar que la capacidad de enraizamiento del E. deglupta esta controlado por el estado fisiológico del material vegetal, en el cual los cambios fenológicos juegan un papel preponderante en esta especie, en la cual la floración y fructificación sucede a edades muy tempranas (18).

Por otra parte cabe resaltar la relación directa que se presentó entre la capacidad de enraizamiento y la retención de la hoja en los dos tratamientos que mostraron el mayor estímulo a la rizogénesis ( $a_1b_1$  y  $a_4b_1$ ). Lo anterior se muestra claramente en la Figura 12, en donde los promedios más bajos en caída de hojas lo presentaron las edades de 8 meses ( $a_1$ ) y 40 meses ( $a_4$ ). Asimismo, la curva de abscisión de hojas fue similar para las dos edades indicadas, lo que demuestra que este órgano es un activador del enraizamiento. Los resultados encontrados en éste aspecto, concuerdan con los reportados por MARTIN y QUILLET (30) en especies forestales, entre las que se incluye el E. deglupta.

El Cuadro 8A proporciona los datos del análisis de varianza de la abscisión de hojas en las estacas de eucalipto, mostrándose que el trata-

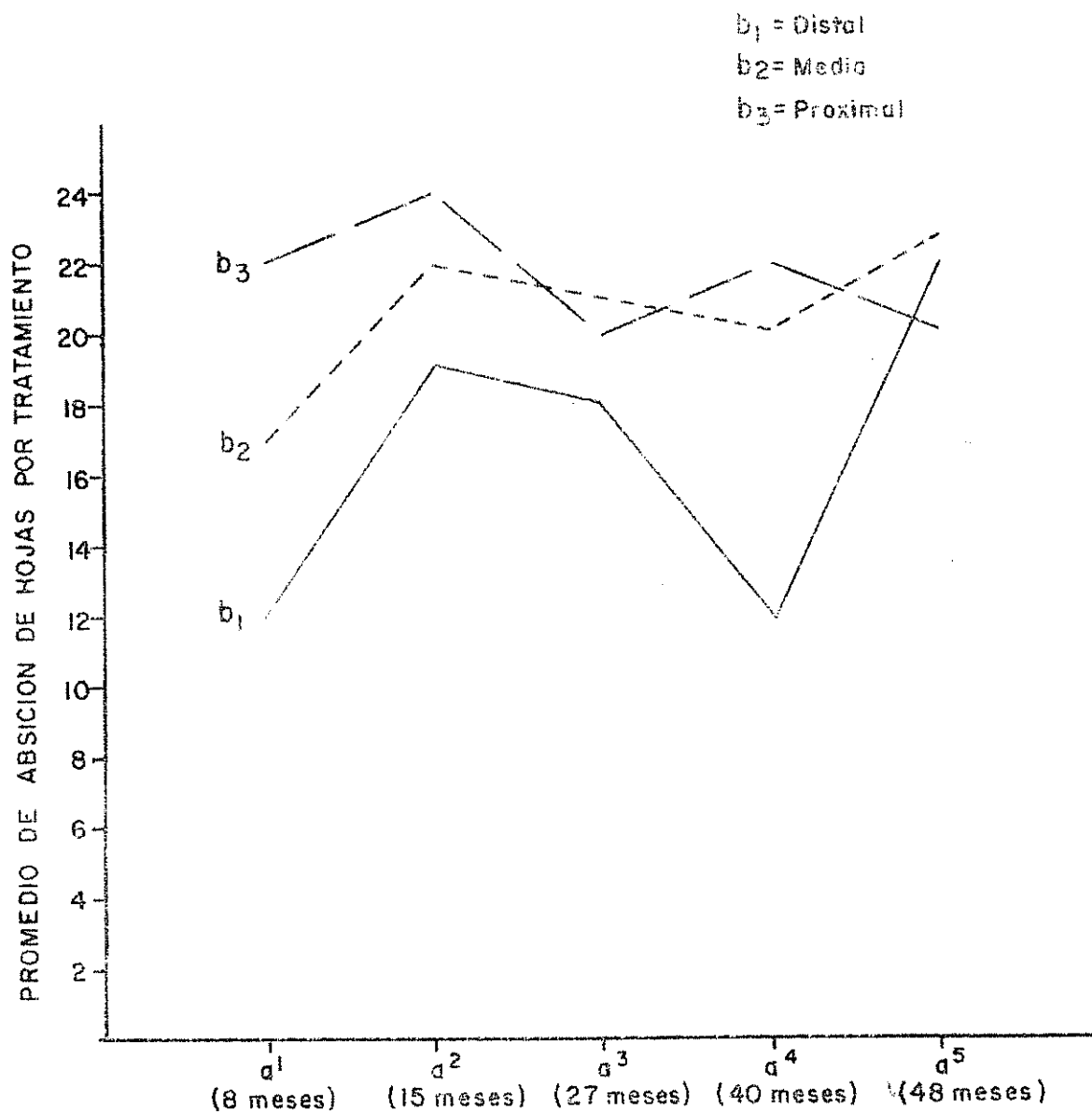


Figura 12 : PROMEDIO DE ABSICION DE HOJAS AL FINAL DEL ESTUDIO DE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE *Eucalyptus deglupta*, SEGUN EDAD Y TIPO DE ESTACA.

miento, la edad, el tipo de estaca, y la interacción son significativas.

Otro factor que influye en el enraizamiento, es la edad del material que se propaga. DAVIDSON (8) enraizó con éxito estacas de árboles padres de 1 a 12 meses de edad; sin embargo, no tubo éxito cuando trató de enraizar estacas provenientes de árboles 5 a 20 años de edad. Por otra parte, PATON y colaboradores (36) manifiestan que material de árboles adultos de E. deglupta se puede enraizar fácilmente, pero no especifican que se entienda por "material adulto".

Asimismo, ZANONI MENDIBURU (46) en su trabajo de investigación realizado en Turrialba sobre enraizamiento de 8 especies forestales, dentro de las que se incluía E. deglupta de 6,5 años no encontró enraizamiento, obteniendo únicamente un 14,1% de latencia.

Como se indicó, los ensayos de enraizamiento realizados en los períodos del 10 de junio al 16 de julio y del 25 de agosto al 30 de setiembre, no mostraron resultados positivos. Las estacas presentaron una pérdida rápida de las hojas, así como también una necrosis que se desarrolló de la base hacia arriba de la estaca (Lámina 5) con la consecuente pudrición de la corteza, a pesar de que se aplicó una solución de Captán una vez por semana. Aspecto similar encontró ZANONI MENDIBURU (46) en estacas de E. deglupta, quien atribuye la alta mortalidad al hecho de que las estacas de eucalipto son altamente sensibles a factores adversos del medio ambiente y muestran dificultades para enraizar en condiciones de invernadero. Esta última apreciación de este autor (46) es debatible, ya que en el presente estudio se encontró enraizamiento en el primer período del mismo en condiciones de invernadero. Asimismo, otros autores (1, 8, 10, 31, 37) han obtenido buenos resultados de enraizamiento de estacas de eucalipto en invernadero.

En relación con el fracaso en la segunda y tercera prueba de enraizamiento, así como al poco éxito obtenido en la primera prueba, puede presumirse, que además de la pérdida rápida de las hojas, y del estado fisiológico de los árboles madre, haya influido en la rizogénesis, fac-

tores ambientales como la humedad, luz, ventilación, temperatura y drenaje. Cabe destacar, que la mezcla utilizada como sustrato de enraizamiento no fue la más adecuada, por cuanto el musgo esfangineo retuvo mucha humedad, lo que probablemente contribuyó a la presencia de la necrosis ascendente en las estacas.

Por el hecho de que en la especie estudiada no se reporta ninguna técnica cromatográfica para separar inhibidores o promotores del enraizamiento, la presente discusión se orientará en el sentido de comparar las áreas de  $R_f$  encontradas en el presente estudio con las reportadas por la literatura para otras especies vegetales. La justificación se basa en que de acuerdo a la metodología utilizada, cualquier sustancia que inhiba o promueva el enraizamiento, tendrá un mismo recorrido en el cromatograma, no importando la especie vegetal de que se trate.

El análisis de los resultados del presente experimento indica que se presentaron diferentes áreas de promoción al enraizamiento. El área que involucró mayor cantidades de edades (8, 27, 48 meses) fue la que correspondió al  $R_f$  0,47, Figuras 7, 9 y 11. El promotor encontrado para la edad de 48 meses (Figura 11) en  $R_f$  0,89; 0,95 y 1,0 para la edad de 27 meses, (Figura 9) concuerda con el encontrado por HESS (24) y MUÑOZ HONORATO (35).

Situación similar, se presentó en áreas de inhibición encontradas en este estudio, en donde se identificaron con las descritas por MUÑOZ HONORATO (35) únicamente las áreas correspondientes a los  $R_f$  0,26 (edades 15, 40 y 48 meses);  $R_f$  0,37 (edades 40 y 48 meses);  $R_f$  0,53 (edades 8, 15, 27 y 40 meses) y  $R_f$  0,63 (edades 15 y 48 meses). Las áreas de  $R_f$  0,05 (edades 8, 15, 40 y 48 meses);  $R_f$  0,32 (edades 8 y 40 meses);  $R_f$  0,89 (edad 40 meses) y  $R_f$  0,95 (edad 8 meses) no aparecen reportadas en la literatura consultada.

En general se puede decir, en lo que respecta a la participación de sustancias endógenas a la promoción o inhibición de la rizogénesis, que no se encontró relación directa de éstas con los enraizamientos obtenidos. Como se aprecia en la Figura 10, la edad de 40 meses no presentó

áreas de promoción; sin embargo las estacas de esta edad tuvieron una tasa alta de enraizamiento. De la misma manera, la edad de 27 meses, fue la que mostró, con mayor frecuencia, áreas de promoción, a pesar que su enraizamiento fue limitado.

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las condiciones en que se realizó el presente estudio, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

i. El enraizamiento obtenido durante los períodos del año estudiados, permiten indicar, que el desarrollo de raíces adventicias en estacas de E. deglupta, varía según la edad y el estado fenológico de la planta madre al momento de la recolecta del material para preparar.

ii. El comportamiento de la rizogénesis también pudo haber sido afectado por las condiciones físicas externas en las cuales se realizó el enraizamiento (temperatura, humedad relativa, aireación, luminosidad) por lo cual deben ser factores importantes de tener muy en cuenta para futuros ensayos, ya que un control de las mismas puede conducir a mejores resultados.

iii. Los enraizamientos de las estacas provenientes de los árboles-madres de 15 y 40 meses de edad, no presentaron diferencias significativas entre sí, proporcionando un 32 y 38% de enraizamiento respectivamente; caso contrario sucedió para las demás edades ensayadas, en donde el mejor comportamiento lo mostró la edad de 8 meses con un 68% de enraizamiento.

iv. Entre tipos de estaca, no se presentaron diferencias significativas en los enraizamientos de las estacas tipo distal y media. Diferente ocurrió para los tipos medio y proximal, así como, para los tipos distal y proximal en donde se encontraron diferencias significativas en sus enraizamientos.

v. El tratamiento que mostró mayor estímulo al enraizamiento fue el correspondiente a la edad de 8 meses y de estaca tipo distal ( $a_1b_1$ ), con un 75% de enraizamiento. A éste le siguieron los tratamientos de 40 meses y de estaca tipo distal ( $a_4b_1$ ) y de 8 meses y de estaca tipo proximal ( $a_1b_3$ ), ambos con un 66% de enraizamiento.

vi. Dentro de las condiciones en que se desarrolló el experimento y de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede indicar que la hoja presentó un efecto positivo en el enraizamiento, principalmente en los tratamientos  $a_1b_1$  y  $a_4b_1$ , lo que indica la conveniencia de usar para futuros ensayos, estacas que tengan al menos un par de hojas.

Conviene también, buscar la técnica para promover una mayor retención de la hoja, como una práctica tendiente a aumentar la rizogénesis.

vii. De acuerdo a los resultados de las pruebas biológicas y a los obtenidos de los enraizamientos no se pudo determinar la relación existente entre el enraizamiento encontrado y la presencia o ausencia de cofactores o inhibidores al mismo.



## 7. LITERATURA CONSULTADA

1. BACHERARD, E.P. y STOWE, B.B. Rooting of cuttings of Acer rubrum L. and Eucalyptus camaldulensis D. Australian Journal of Biological Sciences 16 (2): 751-767. 1963.
2. BREAKBANE, AL B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. Nature 192:954-955. 1961.
3. BRUNE, A., BRANDI, R.M. y BARROS, N. Enraizamiento de estacas provenientes de mudas de Eucalyptus grandis Maiden ex Hook. Revista Ceres 24 (134): 345-352. 1977.
4. BURGESS, I. P. Vegetative propagation of Eucalyptus grandis. New Zealand, Journal of Forestry Science 4 (2): 181-184. 1974.
5. CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE TURRIALBA. Cultivo de maderas en plantaciones forestales de retorno rápido en Costa Rica, una alternativa en la diversificación agrícola. Turrialba, Costa Rica. 1971. 24 p.
6. COMBE, J. y GEWALD, N., eds. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 378 p.
7. CRESSWELL, R. L. y FOSSARD, R. A. de. Organ culture of Eucalyptus grandis. Australian Forestry 37 (1): 55-69. 1974.
8. DAVIDSON, J. Reproduction of Eucalyptus deglupta by cuttings. New Zealand Journal of Forestry Science 4 (2): 191-203. 1974.
9. FADL, M. S. y HARTMANN, H. T. Isolation, purification and characterization of an endogenous root promoting factor obtained from basal sections of pear hardwood cuttings. Plant Physiology 42: 541-549. 1967.
10. FRANCIET, A. Amelioration des reboisements d'Eucalyptus par multiplication vegetative. In Consultation mondiale sur la genetique forestiere et l'amelioration des arbres. Stockholm, 1963. FAO, Roma 1963. FAO/FORGEN: 63-5/5.

11. FOSSARD, R. A. Tissue culture of Eucalyptus. Australian Forestry. 37 (1): 43-54. 1974.
12. GARCÍA VILLAMAN, V. J. Enraizado de estacas de seis especies forestales, con tres niveles de ácido indolbutírico. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1974. 44p.
13. GENWALD, N. Eucalyptus in Costa Rica, Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 10 p.
14. GIORDANO, E. Vegetative propagation of Eucalyptus. Forestry Abstracts 22(1): 455. 1961.
15. \_\_\_\_\_. Preliminary observations on the rooting capacity of cuttings of 29 provenances of Eucalyptus camaldulensis. In World symposium on man made forests and their industrial importance. Canberra, Australia. 1967. FAO/MMF: 67-5 a/4.
16. GUEVARA HUETE, U. Pruebas de propagación vegetativa en seis especies frutales de interés en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1977. 82 p.
17. GUIER SERRAND, E. Adaptabilidad de Eucalyptus deglupta Blume, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1982, 98 p.
18. GRIJPMA, P. Eucalyptus deglupta BL. Una especie forestal prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba 19 (2): 267-290. 1969.
19. GURGEL FILHO, O.A. : A propagacao vegetativa de espécies florestais. Revista de Agricultura (Piracicaba, Brazil) 34 (2):119-130. 1959.
20. HACKETT, W.P. The influence of auxin, catechol, and methanolic tissue extracts on root initiation in aseptical cultured shoot apices of the juvenile and adult forms of Hedera helix. Jpurnal of the American Society for Horticultural Sciences 95:398-402. 1970.

21. HAISSIG, B. E. Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *New Zealand Journal of Forestry Science* 4 (2):311-323. 1974.
22. \_\_\_\_\_. Origins of adventitious roots. *New Zealand Journal of Forestry Science* 4 (2): 299-310. 1974.
23. HARTMANN, H. T. y KESTER, D. Propagación de plantas : principios y prácticas. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. 6 ed. México, D.F., Compañía Editorial Continental, S.A. 1977. 310 p.
24. HARTNEY, V. J. Vegetative propagation of the Eucalyptus. *Australian Forest Research* 10 (3): 191-211. 1980.
25. HESS, C. E. A physiological analysis of root initiation in easy and difficult to root cuttings. In *International Horticultural Congress 16 th*. Brussels, Belgium, 1962. Proceedings. Gembloux, Belgique. Editions J. Duculot, S. A. 1962. pp. 375-381.
26. \_\_\_\_\_. Characterization of the rooting co-factors extracted from Hedera helix L. and Hibiscus rosa-sinensis L. In *International Horticultural Congress 16th*. Brussels, Belgium, 1962. Proceedings. Gembloux, Belgique. Editions J. Duculot, S. A. 1962. pp. 375-381.
27. HOLDRIDGE, L.R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por Humberto Jiménez - Saa. IICA. Serie Libros y Materiales Educativos No. 34.
28. IVASHCHENKO, A. I. Propagation of Eucalyptus by cuttings. *Forestry Abstracts* 1:252. 1939-1940.
29. KAPLAN, J. et al. Preliminary trials on the vegetative propagation of Eucalyptus camaldulensis and Pinus halepensis. *La-Yaaran* 8 (3-4): 5-8,43. 1958. *Compendio del Forestry Abstracts* 21(4):4325. 1960.
30. KAWASE, M. Etiolation and rooting in cutting. *Physiología Plantarum* 18:1066-1076. 1965.

31. MARTIN, B. y QUILLET, G. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Bois et Forest des Tropiques 154:41-57. 1974
32. \_\_\_\_\_. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Bois et Forest des Tropiques 155:15-33. 1974.
33. \_\_\_\_\_. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Bois et Forest des Tropiques 156:39-61. 1974.
34. \_\_\_\_\_. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Bois et Forest des Tropiques 157:21-40. 1974.
35. MUÑOZ HONORATO, I. Capacidad rizogénica de estacas del género Vitis y su relación con cofactores e inhibidores de enraizamiento. Tesis Mag. Sci., Santiago de Chile, Universidad, Facultad de Agronomía, 1974. 78 p.
36. PATTON, D. M. et al. Rooting of stem cuttings of Eucalyptus: a rooting inhibitor in adult tissue. Australian Journal of Botany 18 (2) : 175-183. 1970.
37. POGGIANI, F. y SUITER FILHO, W. Importance of intermittent misting and the effect of hormone treatment on rooting of Eucalyptus cutting. Forestry Abstracts 37 (1) : 259. 1976.
38. PRYOR, L.D. y WILLING, R.R. The vegetative propagation of Eucalyptus an account of progress. Australian Forestry 27(1):52-62. 1963. Compendio de Forestry Abstracts 25 (2):2119. 1964.
39. \_\_\_\_\_. Los hábitos reproductivos del eucalipto. Unasyuva 30 (119/120): 42-46. 1978.
40. PRIESTLY, J. H. y SWINGLE, F. Vegetative propagation from the standpoint of plant anatomy. U. S. Department of Agriculture. Technical Bulletin N°. 151. 1929. 98 p.
41. SACHS, R. M., LORETI, F. y DEBIE, J. Plant rooting studies indicate sclerenchyma tissue is not a restricting factors. California Agriculture 18(9):4-5. 1964.
42. UGALDE ARIAS, L.A. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleos selectivos en Eucalyptus deglupta Blume, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1980. 127 p.

43. VASILEY, J. DE. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas, Tesis Mag. Agr., Turrialba, Costa Rica, IICA. 1962. 61 p.
44. VEGETATIVE PROPAGATION of Eucalyptus, Forestry Abstracts 10(3):293. 1949.
45. WEAVER, R. J. Reguladores del crecimiento de las plantas en la Agricultura. Trad. por Agustín Contín. México, D.F., Editorial Trillas 1976. 622 p.
46. ZAMONI MENDIBURU, C. A. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1975. 100 p.

A N E X O S

CUADRO 1 A. Número de estacas enraizadas por tratamiento de Eucalyptus deglupta en cada repetición. Rincón del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

Repeticiones	3 meses			15 meses			27 meses			40 meses			48 meses			
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
	1	24	17	13	7	7	6	1	0	1	20	10	3	0	0	0
2	10	17	14	9	10	6	3	0	0	12	7	1	0	0	0	0
3	10	13	19	8	8	6	4	13	5	16	11	4	0	0	0	0
Σ b <sub>i</sub>	50	47	46	24	25	18	8	13	6	48	28	8	0	0	0	0

Tipos de estacas

- b<sub>1</sub> : distal
- b<sub>2</sub> : media
- b<sub>3</sub> : proximal

MANCO S.A. Resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de las estacas enraizadas de Eucalyptus deglupta. Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

F. variación	GL	SC	CM	Fc	FO,05	F 0,01
Tratamientos	14	1759,46	125,67	14,65**	2,04	2,77
Edad (A)	4	1454,40	363,60	42,36**	2,69	4,04
Tipo de estaca (B)	2	113,73	56,87	6,62*	3,32	7,60
ABE	6	119,34	23,92	2,79*	2,43	3,50
Error	30	257,34	8,57	--	--	--
Total	44	2016,80	--	--	--	--



CUADRO 3 A. Prueba de Duncan al 1% para la edad de las estacas de Eucalyptus deglupta. Período del 5 de febrero al 15 de marzo de 1979.

Edad de las Estacas		27 meses	15 meses	40 meses	8 meses
	Promedio	9,00	22,33	28,00	49,67
27 meses	9,00	-	19,33**	19,00**	40,67**
15 meses	22,33		-	5,67 <sup>ns</sup>	27,43**
40 meses	28,00			-	21,67**
8 meses	49,67				-

CUADRO 4 A. Prueba de Duncan al 1% para tipos de estaca de Eucalyptus deglupta. Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

Tipos de Estacas		Proximal	Media	Distal
	Promedios	15,6	22,6	27,2
Proximal	15,6	-	7,0**	11,6**
Media	22,6		-	4,6 <sup>ns</sup>
Distal	27,2			-

CUADRO 5 A. Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición según fecha de lectura. Período comprendido entre el 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

Trat. por Repr.	FECHA DE LECTURA													TOTAL
	08 feb.	11 feb.	14 feb.	17 feb.	20 feb.	23 feb.	26 feb.	01 mar.	04 mar.	07 mar.	10 mar.	13 mar.		
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2	0	8	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	2	3	3	0	3	0	1	0	12	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	2	4	3	6	0	0	1	0	16	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	2	5	2	3	1	0	0	14	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	3	4	4	1	6	1	1	0	20	
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	2	6	3	4	1	0	0	17	
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	1	4	6	7	1	2	0	0	0	21	
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	2	6	2	2	8	4	-	-	24	
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	2	4	4	0	7	4	0	0	21	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	3	5	3	2	3	3	0	1	0	20	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	1	4	5	1	2	5	2	1	0	21	
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	5	7	3	1	0	1	0	0	17	
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	4	7	4	2	2	0	1	0	20	
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	4	8	2	6	2	1	0	0	23	
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	2	6	8	2	3	1	0	23	
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	2	5	5	3	3	3	1	2	-	24	
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	2	5	6	4	1	2	4	-	24	
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	4	6	4	4	4	1	0	0	23	
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	7	4	8	2	1	0	0	22	
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	4	2	4	4	1	1	0	16	
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	4	1	1	4	2	3	1	0	16	
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	2	6	5	6	1	1	0	0	21	
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	3	5	2	4	4	1	0	0	19	
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	4	0	2	3	5	0	0	15	
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	5	3	5	3	5	2	0	0	23	
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	2	5	7	1	3	3	1	0	0	22	
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	6	4	3	0	1	2	2	0	18	
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	1	3	2	2	5	0	0	13	
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	2	2	2	2	5	0	0	0	13	
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	0	0	9	
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	4	2	1	2	8	1	0	0	18	
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	2	2	3	3	5	2	1	0	18	
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	2	4	2	0	8	5	3	0	24	
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	3	2	2	3	8	3	1	0	22	
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	1	4	4	7	1	4	1	2	-	24	
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	2	5	1	4	7	2	0	0	21	
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	3	8	1	4	4	2	0	22	
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	4	7	7	1	2	0	0	21	
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	0	0	2	6	5	3	5	3	-	-	24	
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	2	0	10	7	3	0	0	22	
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	0	2	3	7	2	5	3	0	0	23	
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	0	3	5	2	1	4	7	2	-	-	24	
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	1	2	5	10	1	0	0	19	
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	5	3	1	4	4	4	0	0	21	
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	0	0	0	3	4	3	2	7	2	0	0	21	
$\Sigma$	0	0	0	13	113	172	147	142	181	83	28	0	879	
$\bar{X}$	0	0	0	0,3	2,5	3,8	3,3	3,1	4,0	1,8	0,6	0	19,5	
$\bar{Z}$	0	0	0	1,25	10,4	15,8	13,7	12,9	16,7	7,5	2,5	0	80,7	

Edades en meses del árbol madre

a<sub>1</sub> = 8a<sub>2</sub> = 15a<sub>3</sub> = 27a<sub>4</sub> = 40a<sub>5</sub> = 48

Tipos de estacas

b<sub>1</sub> = distalb<sub>2</sub> = mediab<sub>3</sub> = proximal

Equivalencias

0 = no hubo caída de hojas

2 = número de hojas caídas por fecha de lectura

- = todas las estacas eliminaron las hojas

CUADRO 6 A. Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición, según fecha de lectura. Período comprendido entre el 10 de junio al 16 de julio, 1979.

Trat. por Rep.	FECHA DE LECTURA												TOTAL
	13 jun.	16 jun.	19 jun.	22 jun.	25 jun.	28 jun.	01 jul.	04 jul.	07 jul.	10 jul.	13 jul.	16 jul.	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	3	9	7	5	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	7	4	8	5	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	4	8	5	7	-	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	2	4	7	7	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	8	9	2	1	2	2	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	2	9	4	5	2	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	10	5	6	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	2	5	7	5	4	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	4	11	5	3	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	7	8	5	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	8	3	7	4	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	3	2	7	8	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	11	8	2	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	7	9	4	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	8	5	5	6	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	0	5	10	6	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	1	4	7	7	5	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	0	5	2	10	3	4	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	9	5	6	3	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	1	8	2	9	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	1	9	7	4	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	1	7	7	5	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	5	10	5	2	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	4	9	7	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	11	6	4	2	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	8	7	5	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	1	10	8	5	-	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	2	8	5	6	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	9	9	3	2	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	5	9	5	5	4	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	3	7	5	5	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	4	6	9	6	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	1	6	5	7	4	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	12	5	3	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	11	5	5	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	2	10	8	4	-	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	11	6	5	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	8	9	5	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	3	9	10	2	-	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	7	7	5	5	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	8	4	5	4	3	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	1	7	9	5	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	1	6	9	4	4	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	0	11	5	6	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	1	6	8	5	4	-	-	-	-	-	-	24
Σ	0	32	331	309	245	145	22	2	-	-	-	-	1080
Σ	0	0,7	7,3	6,8	5,4	3,2	0,5	0,04	-	-	-	-	24
X	0	2,9	30,4	28,2	22,5	13,3	2,1	0,17	-	-	-	-	100

Edades en meses del árbol madre

a<sub>1</sub> = 12  
a<sub>2</sub> = 19  
a<sub>3</sub> = 31  
a<sub>4</sub> = 44  
a<sub>5</sub> = 52

Tipos de estacas

b<sub>1</sub> = distal  
b<sub>2</sub> = media  
b<sub>3</sub> = proximal

Equivalencias

0 = no hubo caída de hojas  
2 = número de hojas caídas por fecha de lectura  
- = todas las estacas eliminaron las hojas

CUADRO 7 A. Número de estacas sin hojas por tratamiento y repetición según fecha de lectura.  
Período comprendido entre el 25 de agosto al 30 de setiembre, 1979.

Trat. por repet.	F E C H A D E L E C T U R A												TOTAL
	28 ago.	31 ago.	03 set.	05 set.	09 set.	12 set.	15 set.	18 set.	21 set.	24 set.	27 set.	30 set.	
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	3	9	9	1	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	10	10	3	0	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0	0	4	10	9	0	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	16	5	1	1	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	1	14	6	2	0	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0	0	7	12	1	2	1	-	-	-	-	-	23
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	9	11	3	0	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	17	3	1	1	1	1	-	-	-	-	24
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0	0	14	6	1	0	1	2	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	10	7	1	2	2	2	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	13	7	1	2	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	0	0	14	4	2	1	1	2	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	6	9	5	1	1	1	-	-	-	-	23
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	17	8	1	2	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	0	0	15	5	3	1	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	5	5	5	6	1	1	1	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	6	7	8	0	3	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	0	7	13	1	2	1	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	8	9	5	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	11	6	3	1	1	1	1	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	0	0	10	11	2	0	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	13	7	1	1	1	1	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	5	10	2	5	1	1	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	0	0	12	7	3	1	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	1	9	10	1	2	1	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	11	3	5	1	4	-	-	-	-	-	24
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	0	0	17	4	1	2	-	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	3	9	6	1	3	-	-	-	-	-	22
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	1	6	7	5	1	2	-	-	-	-	22
a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	0	0	1	8	6	3	0	2	2	-	-	-	22
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	1	5	11	2	2	2	1	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	7	9	4	2	2	-	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	0	0	8	9	2	3	1	1	-	-	-	-	24
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	4	4	11	3	1	-	-	-	-	-	23
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	0	3	7	7	5	1	-	-	-	-	-	23
a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	0	1	8	10	1	3	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	8	9	5	-	-	-	-	-	-	-	22
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	0	4	6	8	3	1	-	-	-	-	-	22
a <sub>5</sub> b <sub>1</sub>	0	1	7	6	1	5	-	-	-	-	-	-	22
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	0	6	12	2	1	1	1	-	-	-	-	23
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	2	5	5	6	4	1	-	-	-	-	-	22
a <sub>5</sub> b <sub>2</sub>	0	9	1	5	4	4	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	7	3	5	6	2	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	4	6	6	7	-	-	-	-	-	-	-	23
a <sub>5</sub> b <sub>3</sub>	0	3	10	5	5	-	-	-	-	-	-	-	23
Σ	0	47	376	318	173	80	38	20	3	-	-	-	1053
$\bar{X}$	0	1,0	8,3	7,0	3,8	1,7	0,8	0,4	0,06	-	-	-	23
s	0	4,2	34,6	29,2	15,8	7,1	3,3	1,7	0,25	-	-	-	96

Edades en meses del árbol madre

a<sub>1</sub> = 15a<sub>2</sub> = 22a<sub>3</sub> = 34a<sub>4</sub> = 47a<sub>5</sub> = 55

Tipos de estacas

b<sub>1</sub> = distalb<sub>2</sub> = mediab<sub>3</sub> = proximal

Equivalencias

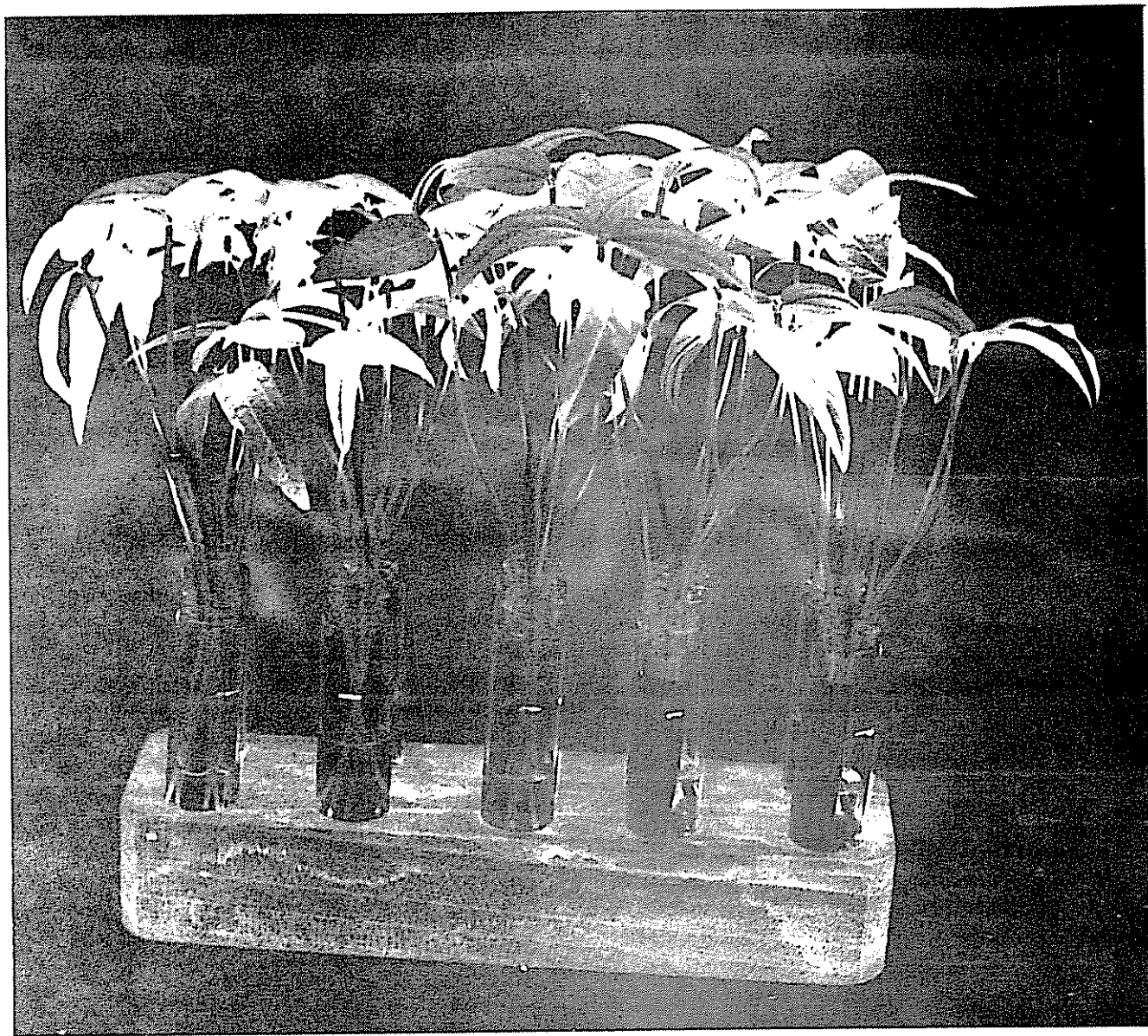
0 = no hubo caída de hojas

3 = número hojas caídas  
por fecha de lectura- = todas las estacas eliminaron  
las hojas.

CUADRO 3 A. Resultados del análisis de varianza (ANDEVA) de la abscisión de hojas en cotacos de Eucalyptus deglupta. Período del 5 de febrero al 13 de marzo, 1979.

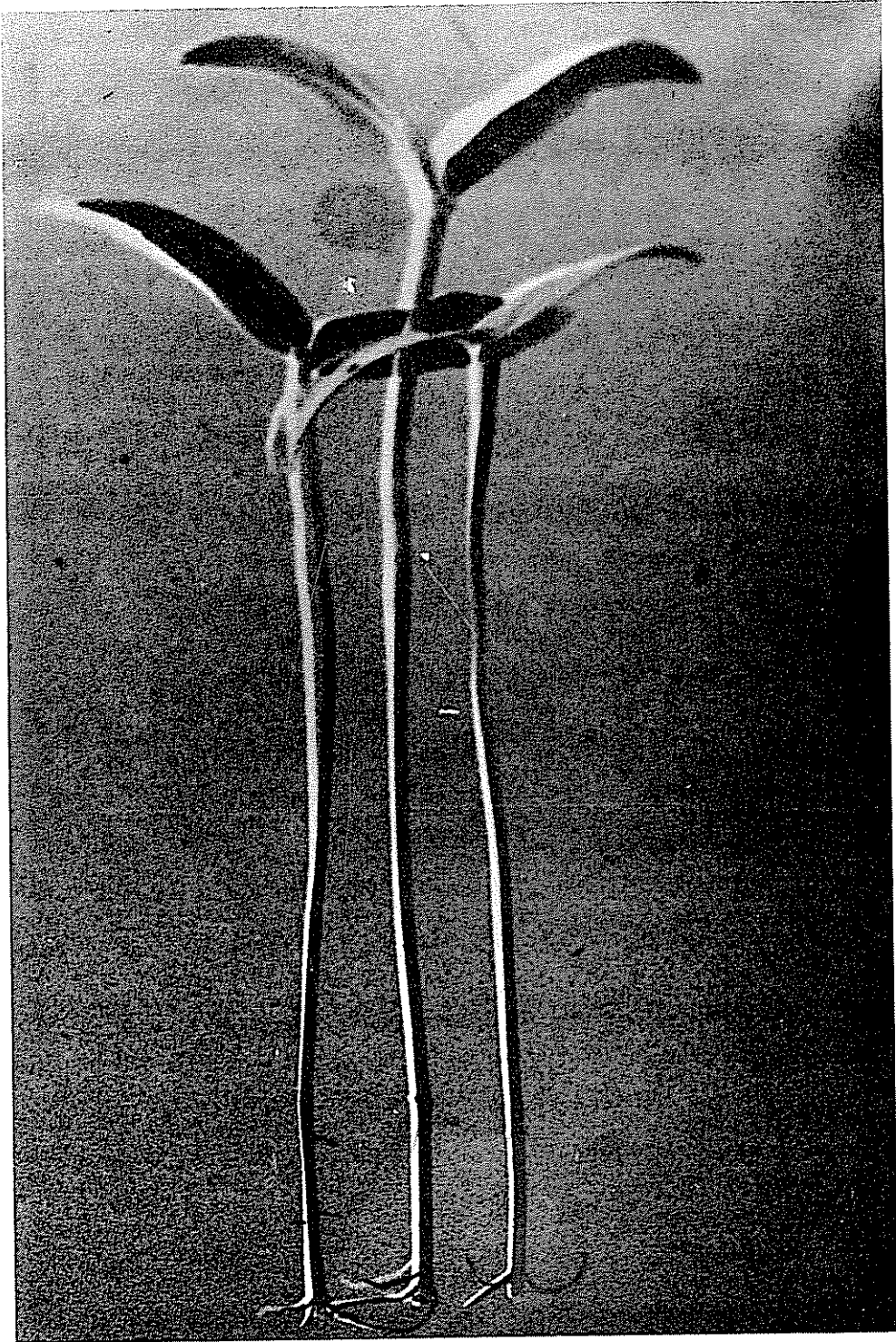
F. Variación	G.L.	SC	CM	FC	FC, 05	FC, 01
Tratamientos	14	546,98	39,07	4,81**	2,04	2,77
Edad (A)	2	129,65	32,41	3,99*	2,69	4,04
Tipo de estaca (B)	4	224,32	112,16	13,82**	3,32	7,60
A x B	8	546,98	68,37	8,42**	2,48	3,50
Error	50	243,33	8,11			
Total	44	790,31				

L A M I N A S



LAMINA 1

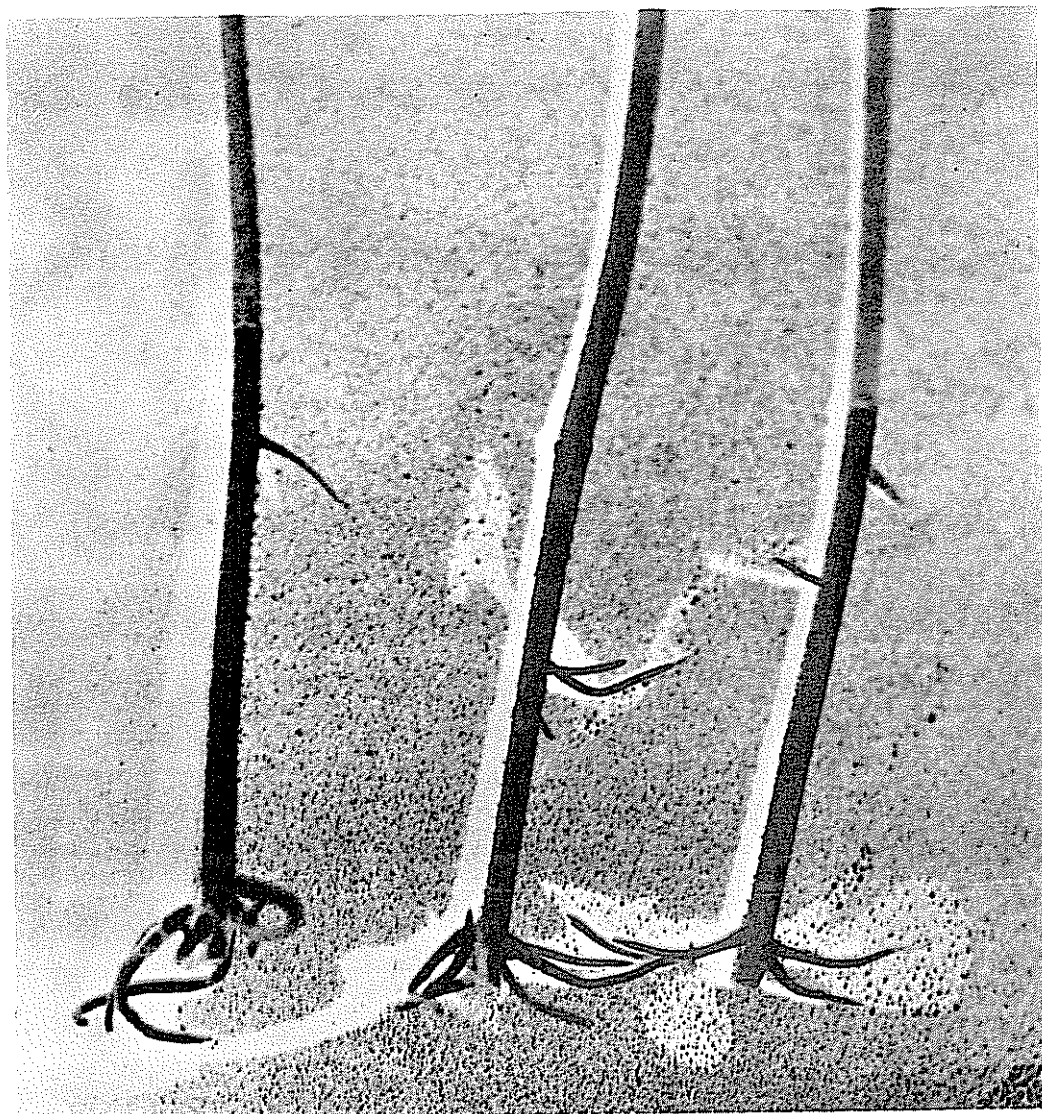
Enraizamiento de estacas de frijol mungo, en tubos que contienen agua destilada y secciones de cromatogramas.



LAMINA 2

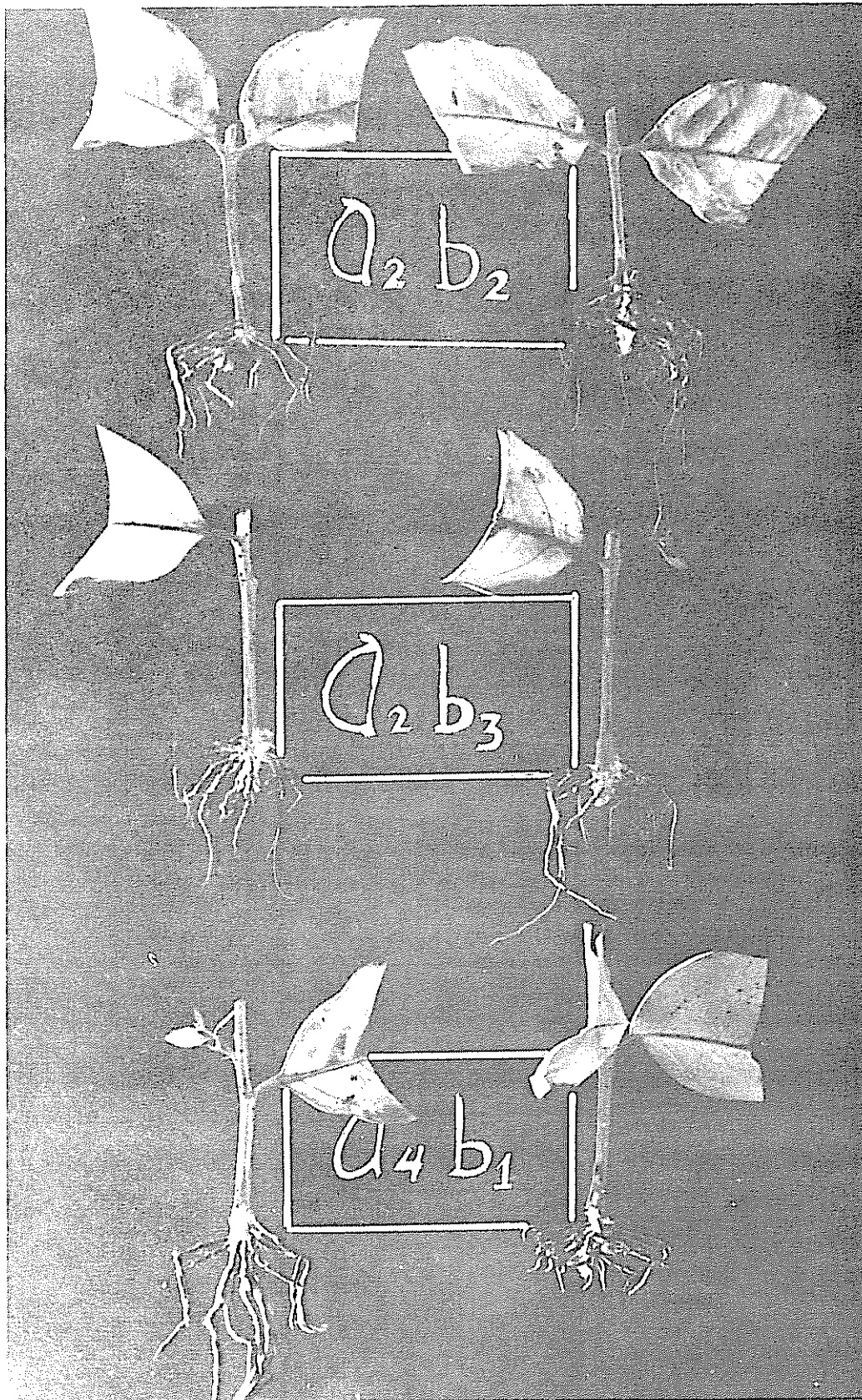
Enraizamiento de estacas testigo de frijol mungo, 6 días después de colocar sus bases en agua destilada.





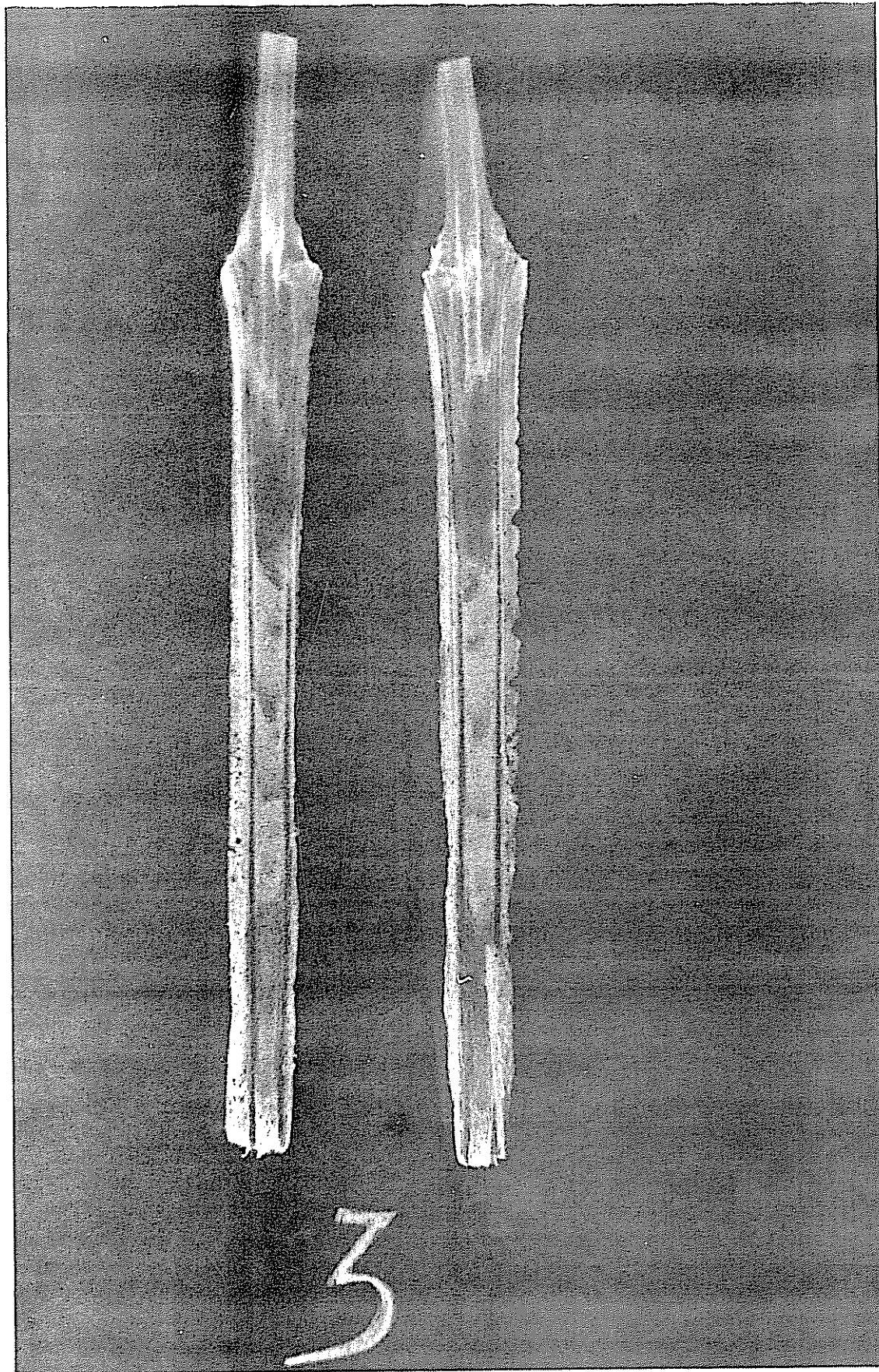
## LAMINA 3

Enraizamiento de estacas de frijol mungo, 6 días después de colocar sus bases en agua destilada que contenía la sección #14 del cromatograma correspondiente a la edad de 8 meses.



LAMINA 4

Enraizamiento de estacas de Eucalyptus deglupta en el período comprendido del 05 de febrero al 12 de marzo de 1979. Arriba: estaca medio proveniente de una planta madre de 15 meses de edad. Centro: estaca basal proveniente de una planta madre de 15 meses de edad. Abajo: estaca apical proveniente de una planta madre de 40 meses de edad.



LAMINA 5

Corte longitudinal de una estaca de Eucalyptus deglupta, mostrando zonas necrosadas (oscuras) después de 10 días de ser colocada a enraizar.