

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ASPECTOS FENOLOGICOS Y FISIOLOGICOS EN LA FORMACION
DE CALLOS EN ESTACAS DE Tabebuia rosea (Bertol)
D.C., Roble de Sabana.

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en Biología para optar al
grado de Magister Scientiae

PEDRO ANTONIO CABALLERO RUIZ

Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio" Costa Rica.

1993

DEDICATORIAS

A la memoria de Guadalupe, mi padre,
para quien la amistad era lo más importante.

A Julia, mi madre querida por sus oraciones,
su fe y ternura.

A mi esposa Irma y a mis hijos, Irma Alicia
y Pedro Antonio quienes con paciencia, amor
y sabiduría han inspirado mi trabajo.

A mis hermanos, con mucho) cariño.

A todos aquellos que aportaron gotas
de sabiduría en mi formación académica.

Expreso mis mayores agradecimientos:

Al Gobierno Alemán por medio de su agencia del Servicio Alemán de Intercambio Académico (D.A.A.D.), por financiar mis estudios de Maestría, a través del Consejo Superior Universitario Centroamericano (C.S.U.C.A.).

Al Dr. Arnold Spitta, Director Regional del D.A.A.D., por su valiosa gestión en los momentos finales de mi carrera.

A los distinguidos profesionales:

- Dr. Walter A. Marín M., Director de Tesis, maestro y amigo de gran calidad humana, por su sabiduría, paciencia, consejos y total apoyo en el desarrollo de este trabajo.

- Dr. Luis A. Fournier O., por sus sabios consejos, su colaboración en el desarrollo de este trabajo y como Lector y Miembro del Comité de Tesis.

- Dr. Edgar Gutiérrez E., por su asesoría y su contribución como Lector y Miembro del Comité de Tesis.

Al Centro de Investigación en Productos Naturales de la Universidad de Costa Rica (CIPRONA) y su personal, quienes

me facilitaron las instalaciones y equipo para el desarrollo de las pruebas químicas.

Al Centro Regional Universitario de Chiriquí de la Universidad de Panamá, en especial a su Director el Dr. Esmil Camargo, por brindarme la oportunidad de culminar la etapa final de mi trabajo de graduación.

A mi esposa, por su fe y apoyo siempre brindado.

A mis grandes amigos: Maricel Tejeira R., Manuel M. Adames M., Diniz Ramos M., Pedro A. González B. y a la Familia Tornquist quienes me brindaron su apoyo y ayuda desinteresada en momentos difíciles.

A los señores profesores, compañeros y administrativos del S.E.P. de Biología de la Universidad de Costa Rica, cuya lista es larga mencionar, pero a quienes siempre les estaré agradecidos por sus consejos, su colaboración y dones de buenas gentes.

Gracias a Dios, por permitirme lograr una meta importante en mi vida.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión
del Programa de Estudios de Posgrado en
Biología de la Universidad de Costa Rica, como
requisito parcial para optar al grado
de Magister Scientiae

Walter A. Marín Méndez, Ph. D.

Director de Tesis

Walter A. Marín

Luis A. Fournier Origgi, Ph. D.

Miembro del Tribunal

[Signature]

Edgar Gutiérrez Espeleta, Ph. D.

Miembro del Tribunal

Edgar E. Gutiérrez

Julieta Carranza Velázquez, Ph. D.

Directora, Programa de
Posgrado de Biología

Julieta Carranza

Luis Camacho Naranjo, Ph. D.

Decano del Sistema
Estudios de Posgrado

Luis P. Camacho

Pedro Antonio Caballero Ruíz

Candidato

Pedro A. Caballero Ruíz

INDICE GENERAL

	PAGINA
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
APROBACION DE LA TESIS.....	v
INDICE.....	vi
RESUMEN.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE APENDICES.....	xv
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
Fenología.....	7
Propagación vegetativa de árboles tropicales.....	9
Enraizamiento natural, aspectos anatómicos, fisiológicos e importancia.....	15
MATERIAL Y METODOS.....	28
Localización de los experimentos.....	28
Colecta y preparación de estacas de <u>I. rosea</u>	28
Preparación y tratamiento de estacas.....	32
Análisis de carbohidratos de estacas de <u>I. rosea</u>	40

Temperatura y precipitación.....	41
Procesamiento de datos.....	44
RESULTADOS.....	45
Producción de vástagos (Brotos) en las estacas.....	45
Producción de callos.....	52
Contenidos de humedad en estacas de <u>T. rosea</u>	77
Análisis químicos de carbohidratos.....	80
DISCUSION.....	86
CONCLUSIONES.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	99
APENDICES	109

RESUMEN

Se realizaron pruebas de enraizamiento en estacas de Tabebuia rosea (Bertol) D. C., bajo condiciones de invernadero, colectadas durante abril de 1990, octubre de 1990 y febrero de 1991. En cada ensayo se evaluó la formación de vástagos y callos en las estacas según la época, el árbol de procedencia, la zona en el árbol y la dosis de Acido Indol Butírico (AIB) aplicada. Los resultados en cada época se compararon con los patrones fenológicos de los árboles de procedencia y sus contenidos respectivos de carbohidratos de reservas obtenidos mediante hidrólisis enzimática. Se encontró que en las estacas la formación de vástagos se efectúa en mayor proporción que los callos a partir de los 20 d.d.s. Además, hubo variación en las concentraciones de carbohidratos de reserva en las estacas de cada época que influyeron en la formación tanto de brotes como de callos. Se observó muy poca diferenciación de los callos en raíces. En ambas épocas, se encontraron diferencias significativas entre los árboles de procedencia y las frecuencias de estacas con brotes y callos. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las zonas de procedencia ni las dosis de AIB aplicadas y las frecuencias de estacas con brotes o con callos en los tres ensayos.

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PAGINA
1. Observaciones fenológicas en <u>I. rosea</u> en Costa Rica...	10
2.- Características fenológicas de los árboles de <u>I. rosea</u> utilizados en los ensayos.....	30
3.- Estacas de <u>I. rosea</u> tratadas con Acido Indol Butírico y colocadas en arena durante las etapas experimentales..	34
4.- Solución nutritiva Hoagland y Arnon (1950), modificada.	38
5.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con brotes (abril de 1990).....	47
6.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con brotes (octubre de 1990).....	48
7.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con brotes (febrero de 1990).....	49
8.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos (abril de 1990).....	58
9.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos (octubre de 1990).....	60
10.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos (febrero de 1990).....	61

11.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 57 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico (mg l^{-1}) y árboles (Abril de 1990).....	63
12.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 43 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Octubre de 1990).	64
13.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 42 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Febrero de 1991).....	66
14. Promedios de peso fresco (g), peso seco (g) y porcentaje de humedad en las estacas de <u>Tabebuia rosea</u> durante las épocas de colecta (abril-90, octubre-90 y febrero- 91)	78

15.-Promedios de las concentraciones de glucosa (mg l^{-1})
derivada del almidón en las estacas,
según el árbol de procedencia y la época de
colecta.....81

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PAGINA
1.- Zonas estudiadas en los árboles de <u>I. rosea</u>	31
2.- Distribución de las estacas de <u>I. rosea</u> colocadas en la arena, bajo condiciones de invernadero.....	35
3.- Sistema de cultivo en solución hidropónica utilizado con las estacas de <u>I. rosea</u>	39
4.- Procedimiento de separación y determinación del almidón en estacas de <u>I. rosea</u>	42
5.- Curva de calibración para la determinación de la concentración de Glucosa por acción de la Gluco - oxidasa.....	43
6.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con brotes aéreos a los 20 d.d.s. durante los ensayos.....	50
7.- Vista basal de la estaca de <u>I. rosea</u> que muestra el tamaño, forma y localización de los callos.....	53
8.- Vista macroscópica de los callos sanos en las estacas de <u>I. rosea</u> . 8X.....	54
9.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos de los 42 a los 57 d.d.s. durante los ensayos.....	57
10.- Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos según árbol de procedencia (abril-90, octubre-90 y	

	febrero de 1991).....	67
11.-	Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos según dosis de AIB en (abril-90, octubre-90 y febrero de 1991).....	68
12.-	Porcentajes de estacas de <u>I. rosea</u> con callos según zonas (abril-90, octubre-90 y febrero de 1991)...	69
13.-	Vista lateral y basal de una estaca de <u>Tabebuia rosea</u> con callos proliferativos abundantes. A: Callos sanos y lenticelas de la base con tejido meristemático proliferativo. B: Callos seminecróticos con zonas oscuras.....	70
14.	A y B. Vista basal de la formación y desarrollo de las raíces en las estacas de <u>Tabebuia rosea</u> . A: Formación de las raíces en la cara interna del callo. B: Crecimiento de la raíz.....	74
15.	A y B. Vistas lateral y basal de las raíces de las estacas de <u>Tabebuia rosea</u> . Se observan 3 raíces principales y el desarrollo de las raíces secundarias.....	75
16.	Estaca de <u>Tabebuia rosea</u> vista general, 218 d.d.s. Se observa el mayor desarrollo de la parte aérea en relación con la parte radical (Febrero -1991).....	76
17.	Peso fresco y seco (g) y % de Humedad en estacas de <u>Tabebuia rosea</u> durante los ensayos.....	79

18.- Promedios de las concentraciones de Glucosa en mg/l durante las épocas de los cortes.....	82
19.- Promedios de precipitación en la Finca San Luis, Ciudad Colón. (1990-1991).....	84
20.- Temperaturas mensuales promedio, mínima y máxima en Ciudad Colón (1990-1991).....	85

INDICE DE APENDICES.

Apéndice No. 1. Frecuencias de estacas con brotes110

 Apéndice No. 1.1. Frecuencias de estacas con brotes
 (Abril 1990).....111

 Apéndice No. 1.2. Frecuencias de estacas con brotes
 (Octubre 1990).....112

 Apéndice No. 1.3. Frecuencias de estacas con brotes
 (Febrero- 1991).....113

Apéndice No. 2. Frecuencias de estacas con callos ...114

 Apéndice No. 2.1. Frecuencias de estacas con callos
 (Abril 1990).....115

 Apéndice No. 2.2. Frecuencias de estacas con callos
 (Octubre 1990).....116

 Apéndice No. 2.3. Frecuencias de estacas con callos
 (Febrero- 1991).....117

Apéndice No. 3. Frecuencias de diferentes tipos
 de callos.....118

 Apéndice No. 3.1. Frecuencias de estacas de T. rosea con
 callos a los 57 días después de
 siembra (d.d.s.), según la zona en el
 árbol, dosis de Acido Indol Butírico
 en mg l^{-1} y árboles
 (Abril de 1990).119

Apéndice No. 3.2. Frecuencias estacas con callos de <u>I. rosea</u> a los 43 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Octubre de 1990).....	120
Apéndice No. 3.3. Frecuencias de estacas de <u>I. rosea</u> con callos a los 42 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles utilizados (Febrero de 1991).....	121
Apéndice No. 4. Pruebas estadísticos	122
Apéndice No. 4.1. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de brotes aéreos en las estacas de <u>Tabebuia rosea</u> según las zonas, dosis y árboles, en los ensayos de abril-90, octubre-90 y febrero-91.....	123
Apéndice No. 4.2. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de <u>Tabebuia rosea</u> con o sin callos según las zonas, dosis y árboles (abril-90, octubre-90 y febrero - 91).....	124

Apéndice No. 4.3. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de <u>Tabebuia rosea</u> con diferentes tipos de callos presentes según las zonas, dosis y árboles (abril-90, octubre-90 y febrero-91).....	125
Apéndice No. 4.4. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de <u>Tabebuia rosea</u> con callos sanos presentes según las zonas, dosis y árboles en las tres épocas (abril-90, octubre-90 y febrero-91).....	126
Apéndice No. 4.5. Análisis de varianza para las concentraciones de glucosa provenientes del almidón, durante las diferentes épocas.....	127
Apéndice No. 5. Datos sobre climatología en Ciudad Colón.	128
Apéndice No. 5.1. Promedios de precipitación (mm) en la Finca San Luis, Ciudad Colón (1988 - 1991).....	129
Apéndice No. 5.2. Promedios de temperatura (°C) en la Finca San Luis, Ciudad Colón (1988-1991).....	130

INTRODUCCION.

La propagación vegetativa es un método comercial importante de regeneración de cantidades grandes y uniformes de genomas de árboles valiosos en peligro de extinción o con dificultades en su tasa de reproducción sexual (Zanoni 1975, Davies et al., 1982).

Existen varios métodos de propagación asexual en plantas que han sido empleados en ensayos forestales como: tocones, pseudoestacas, estacas y cultivos celulares (Vastey 1962).

El uso de estacas o porciones de tallo, rama u hoja verde, con capacidad potencial de regenerar completamente el árbol, es un método que ha sido utilizado para propagar especies de genotipos deseables y resistentes a enfermedades, o especímenes con tasas de crecimiento anuales altas (Vastey 1962).

Las estacas reproducen las características vegetativas y reproductivas de los cultivares (Cuculiza 1955), por lo que su utilización ha sido recomendada en ensayos forestales para establecer sistemas de manejo, selección de sitios apropiados para las especies diferentes, utilización de densidad de siembra adecuada y para proyectar posibles rendimientos (Chaves & Chinchilla 1988).

Las estacas presentan ventajas con respecto a las plántulas. Entre ellas están la mayor tasa de crecimiento, menores costos de producción y cuidados en los viveros y la producción de troncos rectos con abundante sombra por hojas (Hunter 1987).

Los ensayos con estacas de especies forestales valiosas pueden permitir a corto plazo la recuperación de bosques tropicales degradados (Cañadas 1963).

Los estudios fenológicos sobre las relaciones entre las especies tropicales con su ambiente y la comunidad biótica donde se localizan, se han incrementado en las últimas dos décadas. La fenología estudia los organismos en relación con su ambiente; pero en el caso de los árboles éstos son sistemas vivientes complejos sujetos al gran número de variables climáticas y edáficas que interaccionan con la plasticidad genética, lo cual hace más difícil la interpretación de las observaciones.

La información existente sobre el comportamiento fenológico de una especie en relación a su capacidad de enraizamiento por medio de estacas es escasa.

La propagación vegetativa en ensayos forestales bien controlados podría contribuir además a explicar complicadas interacciones ecológicas, morfológicas y fisiológicas de los árboles tropicales (Cañadas 1963).

OBJETIVOS

I.- Objetivo general:

Estudiar aspectos fenológicos y fisiológicos en los procesos de formación de callos y rizogénesis en estacas de Tabebuia rosea (Bertol) D.C.

II.- Objetivos específicos:

1.- Determinar niveles exógenos de reguladores de crecimiento vegetal para estimular procesos de formación de callos y rizogénesis en la estaca, y su relación con la posición del material en el árbol y época de recolección.

2.- Determinar el contenido de material de reserva (almidón) presente en las estacas en dos épocas del año y relacionarlo con los procesos de rizogénesis en esas estacas.

REVISION DE LITERATURA.

El roble de sabana, Tabebuia rosea (Bertol) D.C. (Bignoniaceae) es un árbol de amplia distribución en bosques tropicales húmedos y secos, nativo desde México hasta Venezuela. Se puede encontrar desde 0 hasta 1500 msnm. Esta especie logra alturas de 25 a 30 m y diámetro a altura de pecho (DAP) hasta de 1 m (Woodson & Schery 1973).

Entre sus principales características están sus hojas palmaticompuestas y opuestas, con 5 folíolos elípticos u oblongo-elípticos; ramificación dicotómica de sus ejes principales y laterales e inflorescencias en panículas terminales con flores de colores que varían de blanco a rosado-lila (Record & Hess 1943, Slooten & Martínez 1959, Woodson & Schery 1973).

I. rosea florece en la época seca y ocasionalmente en la lluviosa; se utiliza como fuente de madera para construcción y como árbol ornamental (Woodson & Schery 1973).

La madera de I. rosea es fuerte, fácil de trabajar, seca sin dificultad, pule bien, no encoge ni la fisuran los clavos, por lo que se utiliza en construcción general, mangos de herramientas, yugos, botes, muebles, acabados interiores, etc. (Record & Hess 1943). En Panamá, Colombia y Venezuela se utiliza como madera para muebles, aserrío y

ebanistería (Woodson & Schery 1973, Quijada 1980).

El fruto de Tabebuia rosea es una cápsula loculícida, de alrededor de 30 cm de largo, y 12 mm de grueso, atenuada en ambos extremos, densamente glandular y lepidota, en donde se producen de 60 a 80 semillas viables (Standley & Williams 1974).

Las principales características de las semillas de Tabebuia rosea son su tamaño reducido, su alta relación área/volumen, las alas delgadas derivadas de la cubierta de la semilla o del fruto, las cuales son importantes para su dispersión por el viento.

Las semillas de T.rosea miden alrededor de 40 mm de largo por 10 mm de ancho, sin aletones miden 12 mm de largo por 9 mm de ancho. Estas semillas son de color blanco con alas membranosas plateadas, tenues casi transparentes; el número de semillas con alas por Kg es de aproximadamente 28 500 (León 1965).

La viabilidad y germinación de las semillas de T. rosea es baja y de corta duración (Lamb 1955, Boza 1966). Boza (1966) informó que el porcentaje de germinación de 2 muestras de 250 y 2 000 semillas fue de 2% y 0% respectivamente después de 120 días de almacenamiento.

Fenología.

Los factores físicos y sus cambios estacionales, así como factores endógenos estacionales inciden sobre los sucesos bióticos periódicos como emergencia de brotes vegetativos, defoliación, floración y fructificación en las plantas.

La fenología es la ciencia que estudia estos sucesos bióticos periódicos con relación a sus tiempos de ocurrencia en el año. Se basa en observaciones de cambios visibles externamente durante el ciclo de vida de una planta y sus interacciones con el clima y otros fenómenos biológicos.

Fournier (1976a, 1976b), señala a la fenología como la parte de la ecología que busca una explicación de las causas, y las manifestaciones fisonómicas de los eventos, que ocurren en el ciclo de vida de la planta.

El concepto de fenología es complejo y difícil de explicar, porque estudia los organismos en relación con el ambiente (NG 1984). Estos organismos en el reino vegetal son sistemas grandes y complejos, cuyo comportamiento está determinado por la interacción entre factores internos, externos y sus controles ambientales correlativos (Borchert 1980).

La fenología de especies tropicales trata de explicar muchas de las reacciones de las plantas a las condiciones climáticas y edáficas y las relaciones entre ellas y la

comunidad biótica (Fournier 1976a).

Los estudios fenológicos son importantes porque permiten conocer las épocas de reproducción: floración, ciclos de crecimiento vegetativo, planificar labores culturales y de recolección, ordenamiento del bosque, organización racional del mercadeo y, la prevención contra plagas y enfermedades que durante las fases de floración u otras pueden causar bajas en la producción (Fournier 1974; Araya 1983).

De acuerdo con Borchert (1980), para mejorar nuestra comprensión del control del desarrollo de árboles tropicales, se debe comenzar con observaciones generales de baja resolución de los principales eventos fenológicos en muchas especies, y luego finalizar con un análisis más detallado de numerosos árboles de la misma especie.

Los árboles tropicales presentan un desarrollo periódico marcado, y han sido estudiados con mayor énfasis en las últimas dos décadas tanto en comunidades naturales como en plantaciones forestales (Fournier 1976a, Fournier & Herrera de Fournier 1983). En tales estudios se ha tratado de relacionar al ambiente con el crecimiento vegetativo y reproductivo (Gómez 1984).

Las fases fenológicas que generalmente se observan en árboles tropicales incluyen: floración, fructificación, desfoliación y brote foliar y vegetativo. Tales observaciones se han relacionado con la temperatura, precipitación, longitud del día, brillo solar, estaciones

del año, fototropismo, sombra, y algunos reguladores del crecimiento vegetal (Araya 1983, Gómez 1984).

Se han hecho estudios metodológicos de especies tropicales (Alvim 1964, Fournier 1969, 1974, Fournier & Herrera de Fournier 1983, Gómez 1984, Mora 1988) y de comunidades (Longman & Jenik 1964, Fournier & Salas 1966, Frankie et al., 1974, Ortiz 1976, Opler et al., 1980, Reich & Borchert 1982, Ortiz & Fournier 1983); sin embargo, no hay suficiente información sobre las relaciones fisiológicas y fenológicas en árboles (Gómez 1984).

Tabebuia rosea es una de las especies arbóreas de Costa Rica de la que se tiene mayor información fenológica, la cual se resume en el Cuadro No. 1.

Propagación vegetativa de árboles tropicales.

La propagación vegetativa es un método comercial importante de regeneración de cantidades grandes y uniformes de genomas de árboles valiosos en peligro de extinción, o

Cuadro No.1. Observaciones fenológicas en Tabebuia rosea en Costa Rica.

AÑOS	FENOFASES ^A				SITIO	REFERENCIA
	F	Fr	C	B		
1963-1964	3	--	--	--	Villa Colón	Fournier y Salas (1966).
1967	2-3	--	2-6	5-6	Villa Colón	Fournier (1969).
1967	4-5	--	6	5-6	San Pedro	Fournier (1969).
1967	3	--	3-6	5-6	Santa Ana	Fournier (1969)
1967	3-4	--	3-6	5-6	Sabana	Fournier (1969).
1973-1975	3-6	5-6	2-6	5-7 8-12	San Pedro	Fournier (1976a).
1974	4-5	5-6	4-5	--	San Pedro	Fournier y Charpentier (1975).
1977-1978	12-2	--	12-7	3-6 8	San Pedro	Reich y Borchert (1988).
1978	2-5	--	12-2 ^B 8-9 ^C	9-10 ^B 6 ^C	Guana- caste	Reich y Borchert (1984).
1981-1983	2-7	4-8	1-7	5-7 10	San Pedro	Gómez (1984).
1982-1983	2-7	3-8	12-5 9-10	4-7	Sta. Ana	Gómez (1984).

(^A): Números del 1 al 12 corresponden a los meses de Enero a Diciembre. Códigos de fenofase: (F) Floración; (Fr) Fructificación; (C) Caída de follaje; (B) Brotes.

(^B): Sitio de estudio de ambiente seco.

(^C): Sitio de estudio de ambiente húmedo.

con dificultades en su tasa de reproducción sexual. Este método de propagación es también de utilidad en investigaciones y actividades de reforestación (Zanoni 1975, Davies et al. 1982). Además, el incremento en el costo de la tierra y los altos precios por la madera, justifican la investigación en plantas cultivadas en invernaderos (Kramer & Kozlowski 1979).

Existen varios métodos de propagar asexualmente las plantas los cuales han sido empleados en ensayos forestales, entre ellos: tocones, pseudoestacas, estacas y cultivos celulares (Vastey 1962).

El uso de estacas o porciones de tallo, rama u hoja verde con capacidad potencial de regenerar completamente el árbol, es un método que se ha incrementado en la dasonomía para propagar especies de genotipos deseables y resistentes a enfermedades o especímenes con tasas de crecimiento anuales altas (Vastey 1962).

La Dirección General Forestal (Costa Rica)-PNUD-FAO (1985), recomienda en la propagación asexual de especies forestales utilizar como base árboles parentales con las siguientes características:

- a) Un solo fuste cilíndrico, de 60 a 80% de la altura total del árbol.
- b) Ramificación que no interfiera con el fuste comercial.
- c) Tasa de crecimiento alta.
- d) Resistencia a enfermedades y cambios adversos del

clima.

La información científica y técnica sobre la propagación de estacas de especies forestales tropicales es limitada, y se le ha prestado poca atención, a pesar de su importancia para los programas de reforestación de los países tropicales, y la preservación de genotipos y fenotipos valiosos (Vastey 1962, Flores 1985, Fournier 1985).

El bosque tropical requiere de estudios evolutivos, ecológicos y fenológicos a largo plazo; sin embargo, la alta tasa de deforestación impide esta extensión de tiempo (Hubbell & Foster 1987).

Kaufman (1959) sugiere que mediante la selección y reproducción vegetativa de especies del bosque con las mejores características, y con el uso de pruebas de progenie, puede lograrse la obtención de genotipos resistentes a enfermedades y a cambios adversos del clima.

Entre algunos ensayos de reproducción asexual de especies arbóreas nativas se pueden citar los de Allen (1956), Lozano (1962), Vastey (1962), Cañadas (1963), García (1974), Zanoni (1975), Guevara (1977), Hunter (1987), Espinoza & Butterfield (1989).

Según Allen (1956) las especies Bursera simarouba, Erythrina costaricensis, Ficus goldmanii, Gliricidia sepium, Spondias purpurea y Tabebuia chrysantha, propagadas por estacas, presentan buena capacidad de enraizamiento y son utilizadas como postes vivos de cercas en el Sur de Costa

Rica.

Lozano (1962) encontró que las estacas de Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium y Erythrina costaricensis con diámetro de 6 a 12 cm y sin aplicación exógena de reguladores de crecimiento, mostraron alta capacidad de supervivencia. Mientras que, en ensayos con estacas de Cordia alliodora, Cedrela mexicana, Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium y Swietenia macrophylla, se obtuvieron altos porcentajes de mortalidad (del 28% al 80%) (Vastey 1962).

Cañadas (1963) realizó un ensayo con pseudoestacas, para comprobar la supervivencia en bosques y pastos de Swietenia humilis, Cordia alliodora, Cedrela mexicana y Juqlans boliviana, y encontró que las tres primeras se adaptaban mejor en pastos, mientras la última se adaptó mejor al bosque.

García (1974) ensayó el enraizamiento de estacas de seis especies forestales, con testigos y dos niveles de Acido Indol Butírico (AIB): 4 000 ppm y 20 000 ppm. Entre estas especies I. rosea, mostró una mortalidad muy alta (99.7%). Las estacas de Tabebuia que utilizó tenían diámetros menores de 2.0 cm, y provenían de un árbol parental de 15 años.

Zanoni (1975) cortó estacas de árboles parentales desfoliados de I. rosea de 10 años. Estas estacas se obtuvieron de ramas tiernas del tercio superior de la copa de Tabebuia con diámetros menores de 2 cm.

Zanoni recolectó y plantó en mayo de 1975, 192 estacas de I. rosea divididas en 64 apicales, 64 subapicales y 64 basales, con diámetros promedios de 1.2 cm, 1.4 cm y 1.9 cm, respectivamente.

En estos tres grupos de estacas 32 fueron testigos y las otras 32 fueron tratadas con el regulador de crecimiento exógeno " Rootone - F " en polvo que contenía Acido Indol Butírico (AIB) 0.057%, Acido naftalen acético (ANA) 0.067% y Mono naftil amina (MNA) 0.033% como productos activos.

Zanoni obtuvo, después de tres meses de la siembra, 30 estacas con enraizamiento total y 64 muertas por pudrición de la corteza y tejido cicatrizal. Las estacas testigos que tuvieron menor porcentaje de mortalidad fueron las basales (6.3% de 32 estacas), mientras que de las estacas tratadas, las 32 sub-apicales presentaron 21.9% de mortalidad y 40.6% de enraizamiento con promedios de 3 raíces y 6 hojas.

Las especies Malphigia glabra, Malphigia puniceifolia, Chrysophyllum cainito, Annona muricata, Anacardium occidentale, Byrsonima crassifolia y Pouteria mammosa (Sin. Achras mammosa, Sin. Calocarpum sapota) fueron utilizadas por Guevara (1977) en un ensayo de propagación vegetativa con aplicación exógena de AIB, en solución alcohólica, con dosis de 500, 1000, 1500 y 2000 ppm.

La especie M. glabra tuvo enraizamiento de 73% en estacas apicales y 38% en estacas basales en un período de 30 días; 78% y 38%, de enraizamiento respectivamente, en 2 meses, ambos grupos fueron tratados con dosis de 2000 ppm de

AIB. Las estacas basales tratadas con 1500 ppm produjeron un número promedio de 10 raíces de 65 mm de largo durante el mismo período.

Hunter (1987) sugiere el uso de Bombacopsis quinatum (Jaq.) Dugand para restablecer bosques en terrenos abandonados, en charrales y en potreros degradados, su sugerencia se basa en la mayor capacidad de supervivencia que se obtiene al propagarlo por medio de estacas de 2.5 m de largo y 8 cm de diámetro, con respecto a plántulas de la misma especie.

Espinoza y Butterfield (1989), comunican que en estudios de adaptabilidad de 13 especies nativas de Costa Rica, la especie Cordia alliodora sembrada por pseudoestaca no mostró una buena adaptabilidad, tal vez por su baja sobrevivencia (41% de una muestra de 25 árboles en 3 años); la mejor sobrevivencia la presentaron Tabebuia rosea (98%), Lonchocarpus velutinus (94%), Dalbergia tucurensis (94%) y Hyeronima oblonga (89%); sin embargo, todas estas especies fueron sembradas a partir de plántulas germinadas en bolsas.

Enraizamiento natural, aspectos anatómicos, fisiológicos e importancia.

El enraizamiento natural incluye crecimiento primario y secundario de las raíces, regulado en gran medida por un

continuo suministro de reguladores endógenos del crecimiento (Kramer & Kozlowski 1979).

La producción de raíces ocurre a partir de divisiones periclinales y anticlinales del periciclo, cuyas células se tornan meristemáticas. Estas divisiones están reguladas por efectos sinérgicos de algunos reguladores del crecimiento (Torrey 1976).

En la formación natural de una raíz, el meristema radical origina acrópetamente la caliptra a partir de un centro quiescente y en sentido vertical ascendente las divisiones celulares originarán la epidermis radical, corteza y cilindro vascular (Barceló et al. 1980).

Las raíces laterales se originan en el periciclo, y crecen por efecto de presión mecánica o lisis celular a través de la endodermis, corteza y epidermis radicales (Bhella & Roberts 1975, Kramer & Kozlowski 1979).

Las raíces adventicias se originan en las vecindades de los tejidos vasculares en diferenciación, provenientes del tallo que las produce. Si el tallo es joven, el primordio adventicio se inicia en el parénquima interfascicular; si es más viejo, el origen es más profundo, cercano al cambium vascular, a partir de los radios vasculares (Barceló et al. 1980).

Según Hartman & Kester (1989), las raíces adventicias de las plantas leñosas generalmente se originan en el floema secundario más joven. También pueden originarse cerca al cambium vascular, o a partir de radios vasculares, de radios

del parénquima floemático, de trazas de las yemas o brotes, de excrecencias de lenticelas, del cambium, del floema; del callo basal, del cambium cerca de las trazas foliares y médula (Ginzburg 1967, Chandra et al. 1973, Bhella & Roberts 1975, Davies et al. 1982, Geneve et al. 1988) , o entre endodermis y cambium interfascicular (Mitsuhasi et al. 1978).

El género Azukia, propagado por estacas, origina siempre primordio de raíces que aparecen en la región entre la endodermis y el cambium interfascicular, mediante divisiones celulares iniciales en forma transversal seguidas por divisiones longitudinales a las 18 horas después de cortadas (Mitsuhasi et al. 1978).

Las raíces laterales y las raíces adventicias tienen una diferenciación parecida, en ambas raíces se desconoce la formación de la conexión vascular con el eje principal (Esau 1972).

Ginzburg (1967) estudió la organización de las raíces adventicias en ápices de Tamarix aphylla. Observó un intenso y profundo sistema radical, originado a partir de ramas inferiores, con raíces adventicias que se originaban de lenticelas, que se activaban al colocar las estacas en agua.

Las lenticelas se hipertrofiaban y formaban masas blancas compuestas de células parenquimáticas. Las células de la parte interna de la lenticela experimentaron muchas mitosis, con predominancia de divisiones tangenciales. El primordio radical estaba organizado debajo de la superficie

del tejido hiperhídrico.

La elongación de la raíz en *I. aphylla* resultó en su emergencia desde el tejido hipertrófico, con más de una raíz por lenticela.

Los estados de formación del primordio radical según Ginzburg (1967), Geneve *et al.* (1988) y Hartman & Kester (1989) incluyen: 1) iniciación o inducción (1-6 días) donde el tejido hiperhídrico pasa a meristemático a través de cambios bioquímicos inducidos en células localizadas 2) organización del meristema (6-9 días) con divisiones aleatorias, y perpendiculares con respecto al eje principal, formación de la procolumela y diferenciación meristemática de tres regiones 3) estado de elongación de la raíz (9-18 días) con alargamiento del promeristema, emergencia del primordio y unión de haces vasculares. Este estado concluye al hacerse visibles las raíces en la epidermis.

Tanto el crecimiento como el desarrollo de las plantas están dirigidos genéticamente. Ambos procesos provocan variaciones en el número y en los complementos enzimáticos de los organelos celulares y culminan con la división de trabajo a nivel celular, ya sea de tejido u órgano, mediante la diferenciación celular. Sin embargo, una larga y compleja serie de procesos reguladores tienen lugar durante la acción primaria de los genes y su efecto sobre el carácter morfológico (Esau 1972).

La diferenciación comprende la mayor parte de los procesos de naturaleza morfológica y fisiológica, que

determinan la especialización de las células y conllevan a la diversidad histológica característica de las plantas superiores (Esau 1972).

Las señales coordinadoras del proceso de diferenciación son de naturaleza endógena y exógena.

Las principales señales endógenas incluyen: los reguladores de crecimiento vegetal, el metabolismo de órganos y sus células adyacentes, así como su localización dentro del cuerpo de la planta (Esau 1972, Stoking & Weier 1979, Agami & Waisel 1986)

Entre las señales de naturaleza exógena están los reguladores de crecimiento vegetal y factores inhibidores o promotores, las condiciones ambientales, el tipo de sustrato, si es suelto o pesado lo que puede provocar variaciones en el crecimiento radical, factores nutricionales como concentraciones de K^+ , sales de N, P, B y el pH que se relacionan con la actividad y distribución de raíces y aumentos del crecimiento radical (Esau 1972, Stoking & Weier 1979, Agami & Waisel 1986)

La organogénesis se inicia con el metabolismo celular de los callos, que según Perea y Navarro (1988) son masas amorfas de células parenquimáticas, dispuestas de manera libre y provenientes de la proliferación mitótica celular de un explante cultivado, de las células presentes en la base de la estaca, o de las lenticelas.

Estos callos presentan células en varios estados de lignificación, que proceden de la región del cambium

vascular, de células parenquimáticas de la corteza, de la médula o son interfasciculares (Esau 1972, Geneve et al. 1988, Perea & Navarro 1988).

Las células del callo, aunque pueden proceder de diferentes órganos y tejidos de la planta donante, en el cultivo in vitro se muestran con apariencia de células parenquimatosas, de forma esférica, provistas de paredes primarias con grandes vacuolas, que originan según Murashige (1974) un tejido desorganizado y no un tejido indiferenciado, aunque sus células estén escasamente diferenciadas.

La textura del callo varía de acuerdo a la planta, algunos son duros, otros frágiles y friables; el color también varía, pueden ser blancos, crema, verdes o pigmentados (Perea & Navarro 1988).

La característica fisiológica más importante de los callos es su potencial de desarrollar raíces, brotes o embriones, los cuales pueden modificarse por medio de factores reguladores de crecimiento tanto endógenos como exógenos (Perea & Navarro 1988).

La rizogénesis puede ser promovida por variaciones en las auxinas y cambios en los balances de sustancias que incluyen los reguladores de crecimiento vegetal y cofactores capaces de actuar sinérgicamente con las auxinas; carbohidratos; sustancias nitrogenadas; edad del árbol parental; temperatura; luz; fotoperíodo y oscuridad; irradiancia; longitud de onda luminosa e interacciones con

el ambiente como lixiviación y gravedad; temperatura del suelo, humedad y consistencia del suelo, las cuales son condiciones que actúan de acuerdo a la especie y según las variedades de una misma especie (Kramer & Kozlowski 1979, Agami & Waisel 1986, Perea & Navarro 1988).

Los factores endógenos modifican la actividad de las células durante su diferenciación. Tales modificaciones pueden ser inducidas por células en posiciones distantes o próximas a la célula desarrollada (Esau 1972). Tanto el estímulo inductivo como el represivo pueden ser reconocidos, aunque es difícil separar los efectos endógenos de los exógenos. Sin embargo, todas las observaciones respaldan una tendencia intrínseca de la planta hacia un crecimiento organizado y regulado (Esau 1972).

Los reguladores endógenos del crecimiento transportados basipetamente, tienen un papel esencial en la regulación del enraizamiento de estacas (Kramer & Kozlowski 1979). La iniciación de raíces en estacas puede bloquearse e interrumpirse mediante la remoción de hojas o yemas, pero es estimulada por el congelamiento de las estacas, cuando las yemas no han sido previamente removidas, lo que indica la necesidad de un regulador del crecimiento transportado vía floema (Kramer & Kozlowski 1979).

Las auxinas endógenas o exógenas son importantes en el enraizamiento cuando la síntesis de ARN es inducida, la cual está relacionada con la formación del primordio radical (Esau 1972). El movimiento descendente de la auxina

endógena hace que su concentración aumente en la base de la estaca, este efecto estimulante puede mejorarse al aplicar auxinas exógenas como el AIA, AIB o ANA a la base de la estaca (Pardos & Toribio 1984, Hartman & Kester 1989).

Según Smith & Thorpe (1975), las giberelinas (AG_3) y citoquininas aplicadas en la base de la estaca generalmente suprimen el enraizamiento. Sin embargo, el efecto específico de un regulador exógeno varía grandemente con los eventos histológicos en la iniciación radical.

El AIB se requiere para las fases preinicial y posinicial del desarrollo radical de estacas de Pinus sp. "pino Monterrey" (Smith & Thorpe 1975).

La iniciación de raíces en estacas de Populus balsamifera "sauce" ha demostrado una influencia marcada de la interacción temperatura-regulador de crecimiento exógeno (Hartman & Kester 1989). Así, la formación de raíces en esta especie fue estimulada por el ANA y su efecto mejora al aumentar la temperatura de 22°C a 25°C, mientras que el Acido Giberélico (AG_3) y Citoquininas inhiben la iniciación de raíces.

Es probable que al aumentar la temperatura la iniciación de raíces aumenta a un óptimo, los balances de reguladores de crecimiento endógenos, pueden cambiar para ejercer un efecto estimulante de las auxinas sobre los efectos inhibidores de giberelinas y citoquininas (Burström 1954, Murashige 1965, Cameron & Thomson 1969, Hartman & Kester 1989).

Si las citoquininas y giberelinas están presentes, el crecimiento cambial de las raíces parece iniciarse y sustentarse por el movimiento de auxinas hacia abajo procedentes del tallo. (Wilson 1975).

La Kinetina es un fuerte inhibidor de la fase preinicial del enraizamiento, cuando los meristemas no están establecidos. El AG₃ es inhibidor en la fase preinicial, pero estimula grandemente el enraizamiento si es aplicado en los primeros estados de iniciación radical. Si el AG₃ se aplica después del establecimiento de los meristemoides, entonces inhibe la formación de raíces (Smith & Thorpe 1975).

El enraizamiento *in vitro* conserva por lo general como regla una prueba preliminar, útil en especies de difícil enraizamiento y de balance hormonal auxínico alto (AIB, ANA, AIA) (Cameron & Thomson 1969).

Según Beakbane (1961), los efectos ambientales como sombreo o etiolación parcial pueden superponerse a la estructura propia de la estaca y provocan retrasos en la diferenciación de las células parénquimáticas en floema primario o en fibras y esclereidas.

Otros efectos de los factores ambientales sobre la rizogénesis incluyen la temperatura del suelo, la cual si es alta puede provocar la muerte de las raíces, la humedad del suelo y la aereación también afectan el desarrollo de las raíces (Gómez 1984).

Un exceso de agua en el suelo o un suelo muy compacto

reducen el crecimiento radical (Kramer & Kozlowski 1979).

El tiempo de inicio de raíces varía entre especies, tiene un ámbito de algunos días en especies de fácil enraizamiento, hasta meses, o puede no ocurrir en estacas leñosas difíciles de enraizar. Algunas especies difieren en cuanto a la edad del árbol parental; así, en estados juveniles son de fácil enraizamiento, y cuando adultos generalmente son incapaces o con baja potencialidad de enraizar (Geneve et al., 1988).

En relación al papel de los carbohidratos en la rizogénesis, Geneve et al. (1988), señalan que para la salida de la raíz en peciolos defoliados de Hedera helix "Higuera inglesa", se requiere sacarosa al 2 %, aunque no se requiere en la formación del primordio.

La producción de brotes y vástagos depende de la movilización de reservas de carbohidratos, los cuales son utilizados en la respiración cuando no ocurre la síntesis de nuevos compuestos por medio de la fotosíntesis. Tew (1970), observó que el tiempo para producir raíces funcionales en Salix sp. "álamo", se relaciona con la concentración de carbohidratos; O sea que el brote decrece a medida que se agotan los carbohidratos, lo cual es importante porque es probable que cuando los árboles están completamente llenos de hojas, sea mayor la concentración de reservas que cuando se desfolian (Kramer & Kozlowski 1979).

Hansen & Grausland (1973) encontraron que en árboles jóvenes de Malus sp., "manzano", menos de 1/4 de las

reservas de Carbohidratos se usan en crecimiento de nuevos tejidos y el resto es utilizado en la respiración.

El enraizamiento depende de la especie, edad del árbol, posición del corte en el árbol, época del año, sexo del árbol parental, estado de nutrimento de la estaca y condiciones ambientales bajo las cuales se enraiza la estaca (Kramer & Kozlowski 1979).

Las sustancias reguladoras producidas en tejidos especiales pueden ejercer control sobre las células, de modo que efectos génicos primarios similares pueden dar diferentes expresiones finales (Esau 1972).

Beakbane (1961) indica que los tallos con alto potencial de enraizamiento, contienen muchas células floemáticas alrededor de los tejidos vivos de sus extremos distales, que contrastan con los árboles de difícil enraizamiento donde los radios floemáticos están frecuentemente bloqueados por elementos fuertemente lignificados.

Según Perea & Navarro (1988) la falta de proliferación de callos en algunas especies se puede deber a diferentes causas:

- 1.- puede ser necesaria la presencia de algunos reguladores del crecimiento vegetal diferentes a las auxinas y citoquininas.

- 2.- las condiciones del cultivo (nutrimentos o factores físicos ambientales), así como la acumulación en el callo de algunos reguladores del crecimiento endógenos, pueden

inhibir o impedir la organogénesis.

Esta incapacidad de propagar vegetativamente clones superiores seleccionados en etapas maduras del desarrollo, limita la introducción de clones superiores en la producción forestal y hortícola (Geneve et al. 1988).

Tanto el crecimiento primario como el secundario de las raíces, depende en gran medida de una continua fuente de reguladores de crecimiento (Nordström & Eliasson 1991).

La defoliación, el anillado de tallos y los daños ocasionados por hongos e insectos a las hojas disminuyen el flujo descendente de reguladores del crecimiento e inhiben el crecimiento radical, aún cuando haya abundancia de carbohidratos (Kramer & Kozlowski 1979).

La proliferación de un fragmento de planta para regeneración de callos, puede estar influenciada por la especie, el cultivo, su estado de desarrollo y masa del explante; además, por la edad, procedencia y período de lluvia o sequía en que se obtuvo el explante (Perea & Navarro 1988).

En Tabebuia rosea se encontró que la concentración de Acido Absícico (ABA) en hojas de ramas inferiores aumentó progresivamente de noviembre a marzo; los niveles fueron bajos (6.76 y 17.3ng/g de peso fresco) a finales de la época lluviosa (noviembre a diciembre), pero en el mes de marzo se alcanzó niveles de hasta 7790 ng/g de peso fresco. Por consiguiente, el ABA aumentó con el aumento del déficit hídrico, lo cual coincide con la caída del follaje del árbol

y la época seca (Gómez 1984).

Heuser 1976, señaló que una sustancia a la que llamó factor de juvenilidad, con origen en las yemas y de estructura diferente a las auxinas ejerce efecto promotor similar a las auxinas, esta sustancia probablemente es el ácido giberélico (Barceló et al 1980).

Gómez (1984) encontró que el contenido de giberelinas en hojas de ramas inferiores del roble de sabana aumentó en los meses de noviembre y diciembre, mientras que el ABA disminuyó. Sin embargo, en marzo disminuyeron las giberelinas (AG_3) y aumentaron las concentraciones de ABA. Este aumento de las giberelinas se asocia con el incremento en la precipitación y contenidos altos de humedad en el suelo, hojas y tallos. Además coincide con las funciones antagónicas de estos reguladores del crecimiento, pues el ABA es inhibidor del crecimiento vegetativo y el AG_3 es promotor.

Las fases fenológicas de I. rosea se han relacionado así: crecimiento de brote foliar y vegetativo con precipitación sin excesos y aumento de temperatura; el aumento de temperatura y disminución de agua provocan caída del follaje. La floración requiere oscilaciones térmicas altas y un período de sequía, y la fructificación requiere un tiempo más prolongado de sequía (Gómez 1984).

MATERIAL Y METODOS

1.- Localización de los experimentos

El presente estudio se realizó en los laboratorios de la Escuela de Biología y del Centro de Investigaciones en Productos Naturales de la Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

2.- Colecta y preparación de estacas de Tabebuia rosea

Secciones de ramas de Tabebuia rosea de 2 a 6 cm de diámetro se obtuvieron de 3 a 5 árboles ubicados en la Finca San Luis, Ciudad Colón, Costa Rica, a 800 m.s.n.m. en una formación de Bosque Tropical Húmedo de transición Pre montano (Holdridge, 1964).

Los cortes y siembra de las secciones de ramas (estacas) se realizaron durante las estaciones seca (febrero - abril) y lluviosa (octubre) de los años 1990 y 1991. Estos cortes coincidieron con las fases de luna menguante.

Las características fenológicas en que se encontraba cada árbol de Tabebuia rosea al momento de corte de las

secciones de ramas se describen en el Cuadro No. 2.

Los árboles de Tabebuia rosea utilizados se encontraban en suelo franco-arenoso con relieve a nivel o de pendiente leve. Alrededor y a menos de 3 m de distancia de los árboles utilizados habían otras especies, entre éstas Tabebuia rosea, Inga sp., Citrus sinensis y Coffea arabica.

Los árboles recolectados presentaban algunas veces agallas y pudrición en las ramas, infecciones fungosas en las ramas y hojas, y presencia de epífitas en tallos y ramas.

En cada árbol se establecieron dos zonas desde la primera a la última ramificación, la primera zona comprendida de la primera a quinta ramificación (Z_1) y la segunda, hasta la rama más reciente (Z_2) (Fig. No. 1).

En cada zona del árbol se cortaron al azar ramas con yemas latentes o próximas a brotar, y se marcaron para trasladarlas al invernadero. De estas ramas se obtuvieron estacas de 25 a 30 cm de largo, clasificadas a todo lo largo de la rama en una categoría general de diámetro de 2.5 a 6.0 cm.

El peso fresco de una muestra de las estacas recolectadas se determinó antes de cada siembra. Posteriormente el material se colocó en una estufa a 60°C, por el tiempo necesario hasta que alcanzaron peso seco constante. Se utilizaron de 5 a 28 estacas por árbol para la

Cuadro No. 2. Características fenológicas de los árboles de *Tabebuia rosea* (Bertol) D. C. utilizados en los ensayos de enraizamiento.

Arbol	Edad en años	Altura (m)	Diámetro a altura de pecho (cm)			Características fenológicas		
			Ab-90	Oc-90	Feb-91	Ab-90	Oc-90	Feb-91
1	10	12	31.5	32.3	33.1	Follaje completo Brotos vegetativos nuevos	Follaje completo	Flores presentes Brotos vegetativos nuevos
2	10	14	41.5	44.2	44.8	Frutos dehiscentes. Sin hojas	Follaje completo	Flores presentes Brotos vegetativos nuevos Follaje presente
3	10	12	38.4	41.0	41.7	Frutos pequeños Brotos vegetativos Follaje nuevo	Follaje completo	Flores presentes Brotos vegetativos nuevos
4	8	10	---	15.9	16.1	-----	Follaje completo.	Follaje completo. Sin flores.
5	8	10	---	16.0	16.3	-----	Follaje completo.	Follaje completo. Sin flores.

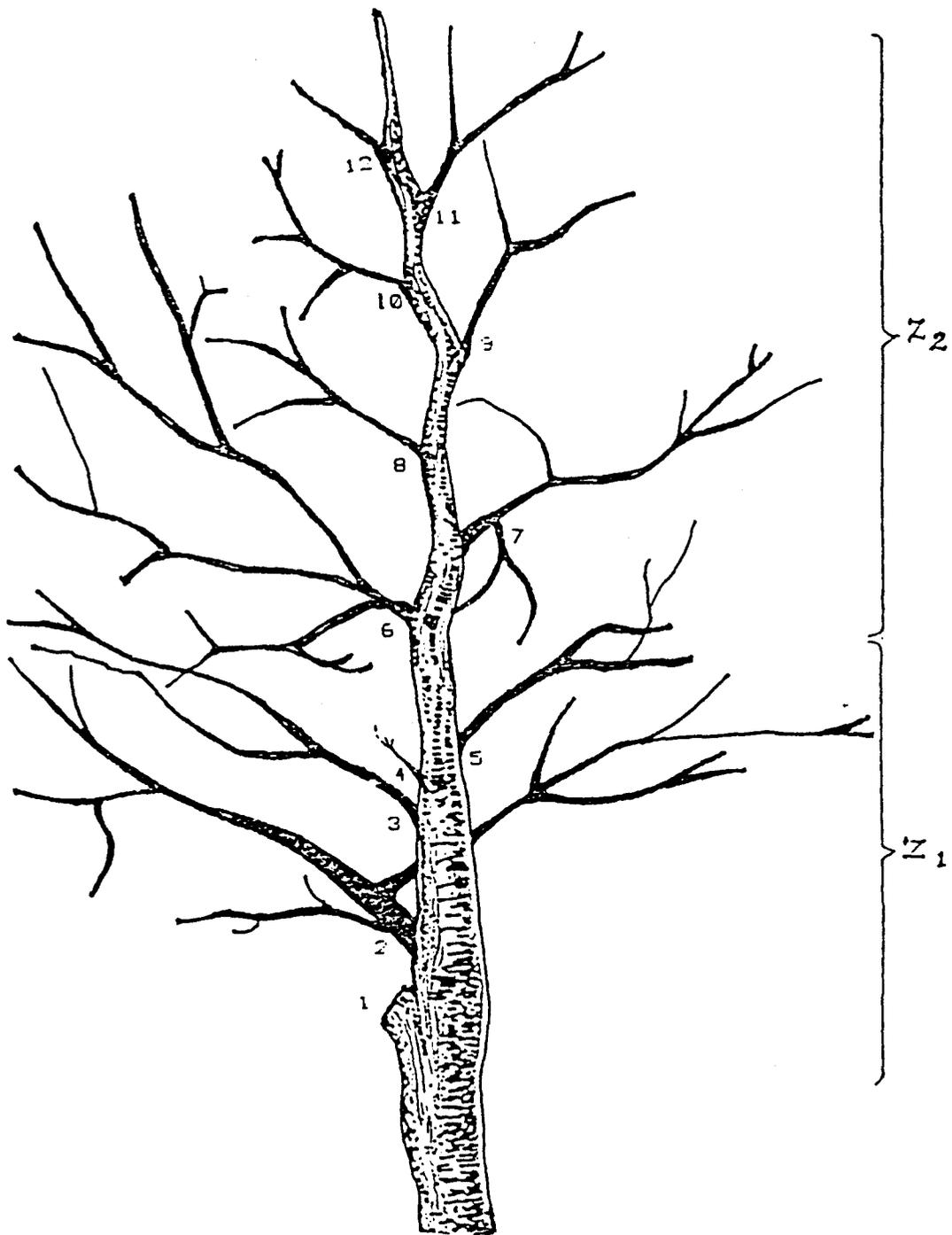


Fig. No. 1. Zonas estudiadas en los árboles de Tabebuia rosea.

Z₁ = Zona 1; Z₂ = Zona 2.

determinación del peso fresco y peso seco por época, según la disponibilidad del material (ramas) en el árbol. De estas porciones de ramas se obtuvo el material para los análisis químicos de carbohidratos.

Preparación y tratamiento de estacas

Las estacas para la siembra se trataron con una solución acuosa fungicida (2.5 g l^{-1}) de Ferbam (Continental Abonos, S.A.) que contiene 76% p/p del ingrediente activo bimetilditio carbamato férrico (Ferbam). El tratamiento se realizó por inmersión durante 15 a 30 segundos y se escurrieron por 8 horas.

Las estacas fueron tratadas con Acido Indol Butírico (Merk) que contiene 99% p/p del ingrediente activo (AIB; 4-[3-Indolyl] ácido butírico).

Los extremos basales (5-7 cm), de las estacas se trataron en un ensayo preliminar en octubre de 1989 con Acido Indol Butírico (AIB) por inmersión a baja temperatura por 6 a 10 segundos, en concentraciones de 1000, 2000, 3000 y 4000 mg/l; de estos tratamientos se seleccionaron las dosis de 1000 y 2000 mg/l para los ensayos de abril y octubre de 1990 y febrero de 1991.

Los tratamientos testigos recibieron el mismo procedimiento arriba descrito pero sin la adición de Acido

Indol Butírico (AIB).

Se hicieron al menos de 3 a 6 repeticiones por cada dosis de regulador de crecimiento utilizado en cada árbol según la disponibilidad del material (ramas) (Cuadro No. 3).

El medio de enraizamiento (Arena + Piedra picada de 1/4" 3:1) se esterilizó con 2 aplicaciones (100 ml/m²) de una solución acuosa de Vapan (Continental Abonos, S.A.) que contiene 32.7% p/p del ingrediente activo N-metil ditiocarbamato de sodio, a los 30 y 15 días antes de la siembra de estacas; y posteriormente con fungicida Furadan (International Agencies, S.A.) (7.0 g/m²), que contiene 10% p/p del ingrediente activo 2,3 dihidro-2,2-dimetil 7 benzofuranil metil carbamato, (Carbofuran).

El material, debidamente recortado e identificado, se colocó verticalmente a una profundidad de 5 a 7 cm, y distancias de 15 a 17 cm con respecto a la superficie del medio de enraizamiento, con una o más yemas o cicatrices foliares al aire libre (Acosta 1959, Lozano 1975, Hartman & Kester 1989). Las estacas se dejaron en este medio por un período de 2 a 3 horas antes del primer suministro de agua; el cual, se efectuó por nebulización diaria con intervalos de 3 horas al día durante los primeros 8 días y posteriormente, 3 veces al día, por un lapso de 3 a 4 minutos durante cada riego, se procuró mantener una alta humedad relativa bajo condiciones de invernadero (Fig. No.2). Por otra parte, se colocó una malla de sarán negro en el invernadero (abertura interna de 8 x 3 mm) con el fin de

Cuadro No. 3. Estacas de Lagebia rosea tratadas con Acido Indol Butirico (AIB) colocadas en arena durante las etapas experimentales.

		EPOCA											
		ABR90				OCT90				FEB91			
		D0318				D0318				D0318			
AREOL	ZONAS	0	1	2	TOTAL	0	1	2	TOTAL	0	1	2	TOTAL
1	1	9	9	9	27	9	9	10	28	6	7	6	19
	2	5	5	5	15	19	21	20	60	2	2	2	6
2	1	14	14	13	41	13	13	16	42	3	3	7	9
	2	13	10	11	34	17	24	26	67	0	1	1	2
3	1	11	11	12	34	10	13	11	34	2	2	2	6
	2	13	13	12	38	13	10	11	34	2	2	2	6
4	1	--	--	--	--	11	12	14	37	3	2	3	8
	2	--	--	--	--	5	8	5	18	2	2	2	6
5	1	--	--	--	--	14	11	13	38	3	3	3	9
	2	--	--	--	--	5	8	6	19	2	2	2	6
BUS-	1	34	34	34	102	57	58	64	179	17	17	17	51
TOTAL	2	31	28	28	87	60	71	69	200	8	9	9	26
GRAN TOTAL		65	62	62	189	117	129	133	379	25	26	26	77

Las dosis de Acido Indol Butirico (AIB) se expresan en 103 mg l-1.



Fig. No. 2. Distribución de las estacas de Tabebuia rosea colocadas en la arena, bajo condiciones de invernadero.

regular la temperatura e intensidad lumínica sobre las estacas sembradas en la arena.

Las heridas, lesiones y extremos apicales de las estacas se cubrieron a los 5-6 días y 21-25 días después de la siembra con pintura Agrofíxer (Indagro, S.R.L.) que contiene 3 % p/p del ingrediente activo 2-(Tiocianometiltio benzotiazol) 30 p.c., para evitar ataques de hongos y bacterias.

Al momento del corte de las estacas se encontró en algunas daños causados por larvas de un insecto barrenador.

La limpieza del medio de enraizamiento y de las plantas se realizó con la frecuencia necesario para evitar daños por malezas, insectos y hongos, por lo que se realizaron aplicaciones periódicas de Ferbam sobre las estacas, y sobre el medio de enraizamiento (Guevara 1977).

Se aplicó el abono foliar Nitrofoska (BASF) (2.5 ml/l), que contiene la proporción 10:4:7:0.2 de N, P₂O₅, K₂O y MgO, cada 10 días sobre las estacas con brotes aéreos.

En las pruebas se utilizaron estacas de I. rosea, provenientes de la zona inferior (Z₁) y zona superior (Z₂) del árbol.

Dentro de cada combinación de diámetro de la estaca/zona del árbol, se distribuyeron los tratamientos testigos y los niveles de aplicación de AIB.

Las estacas se colocaron aleatoriamente en 5 bloques de 1 m² cada uno.

En cada estaca se evaluó el desarrollo de la parte

aérea y basal. Para ello se consideraron la formación de brotes y callos, respectivamente. También se evaluó el aspecto y volumen del callo, para lo cual se estimó el volumen de una semiesfera $V = 2/3 r^2 a$, donde r es el radio y a la altura de la misma.

En cuanto al aspecto de los callos, se consideraron dos categorías: callos completos aquellos que rodeaban la circunferencia basal completa de la estaca, e incompletos los que no cubrían la totalidad de la circunferencia basal de la estaca. Los callos con color blanco crema se consideraron sanos, los color crema-marrón como seminecróticos y los marrón - negro como necróticos.

Una vez que las estacas presentaron brotes aéreos y callos, se transfirieron a solución hidropónica Hoagland modificada (Cuadro No. 4).

A la solución nutritiva se le agregó fungicida Ferbam 2.5 g/l, o de ICK & Fungi free (Wardley Products Company, Inc.) 0.01 ml/l, que contiene 0.85% del ingrediente activo verde malaquita, para evitar ataques de hongos y bacterias.

Las estacas se colgaron con la base inmersa en las soluciones Hoagland modificadas diluidas al 25% en tanques plásticos de 33.0 cm x 26 cm x 13.0 cm, con volumen aproximado de 12 litros, cubiertas con polietileno oscuro para impedir el paso de la luz y con suministro constante de aire por medio de bombas de aire de una salida (Penn-Plax Inc.) (Fig. No. 3).

**Cuadro No. 4. Solución nutritiva Hoagland y Arnon (1950),
modificada.**

MACRONUTRIENTES			
Compuesto	Conc. final en mM/l	Elemento	Conc. final en mg/l
KNO ₃	6.0	N	83.8
		K	234.0
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	4.0	Ca	160.0
		N	111.8
NH ₄ H ₂ PO ₄	1.0	P	31.0
		N	14.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2.0	S	63.3
		Mg	48.0
MICRONUTRIENTES			
Compuesto	Conc. final en uM/l	Elemento	Conc. final en mg/l
H ₃ BO ₃	46.2	B	0.5
MnCl ₂ · 4H ₂ O	9.1	Mn	0.5
		Cl	0.6
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.8	Zn	0.05
		S	0.02
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.3	Cu	0.02
		S	0.01
H ₂ MoO ₄ (85%MoO ₃)	0.1	Mo	0.01
FeNa-EDTA	10.7	Fe	0.6
		Na	0.2



Fig. No. 3. Sistema de cultivo en solución hidropónica
utilizado con las estacas de I. rosea.

Las estacas se mantuvieron por 3 días en estos tanques, se revisaron y se transfirieron a soluciones hidropónicas diluídas al 50%; a los 6-7 días se pasaron a soluciones nutritivas al 100%, según los contenidos anotados en el cuadro No.4.

Las estacas se revisaron periódicamente por ser suceptibles al ataque de hongos y bacterias en esta solución, las que estaban enfermas se separaron y se colocaron en soluciones acuosas de los fungicidas Ferbam y verde malaquita a las mismas dosis antes señaladas por periodos de 8 horas.

Análisis de carbohidratos de estacas de Tabebuia rosea.

Determinados los pesos frescos y secos, se escogieron 16, 30 y 29 estacas en las épocas de abril y octubre de 1990 y febrero de 1991 respectivamente, según árboles utilizados y disponibilidad de ramas en los mismos.

Estas estacas se cortaron manualmente con serrucho y con sierra circular.

Las partículas obtenidas de esta forma se tamizaron con una malla No. 45 de apertura de 355 μm (U.S.A. Standard Testing Sieve). El polvo fino obtenido se pesó y se utilizó para la determinación del contenido de almidón. Se extrajeron los carbohidratos por el método enzimático -

colorimétrico, de la Association Of Official Analytical Chemist (1984) con ciertas modificaciones.

Para la determinación de almidón se siguió el procedimiento descrito, de acuerdo al esquema de la Fig. No. 4.

Para la determinación cuantitativa de glucosa procedente de la hidrólisis del almidón se confeccionó una curva de calibración de 0 a 1600 mg/l de D-Glucosa (D-Glc) y un blanco con la enzima Glucoxidasa (Ticolab, S.A.). Concluido el período de incubación se determinó la absorbancia a 505 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu & Graphic Printer PR-1).

La intensidad del color producido en esta reacción es directamente proporcional a la concentración de glucosa procedente del almidón (Fig. No. 5).

Temperatura y precipitación.

Los registros de precipitación de la estación meteorológica de Villa Colón y de precipitación y temperatura de la Finca San Luis, se utilizaron para los análisis.

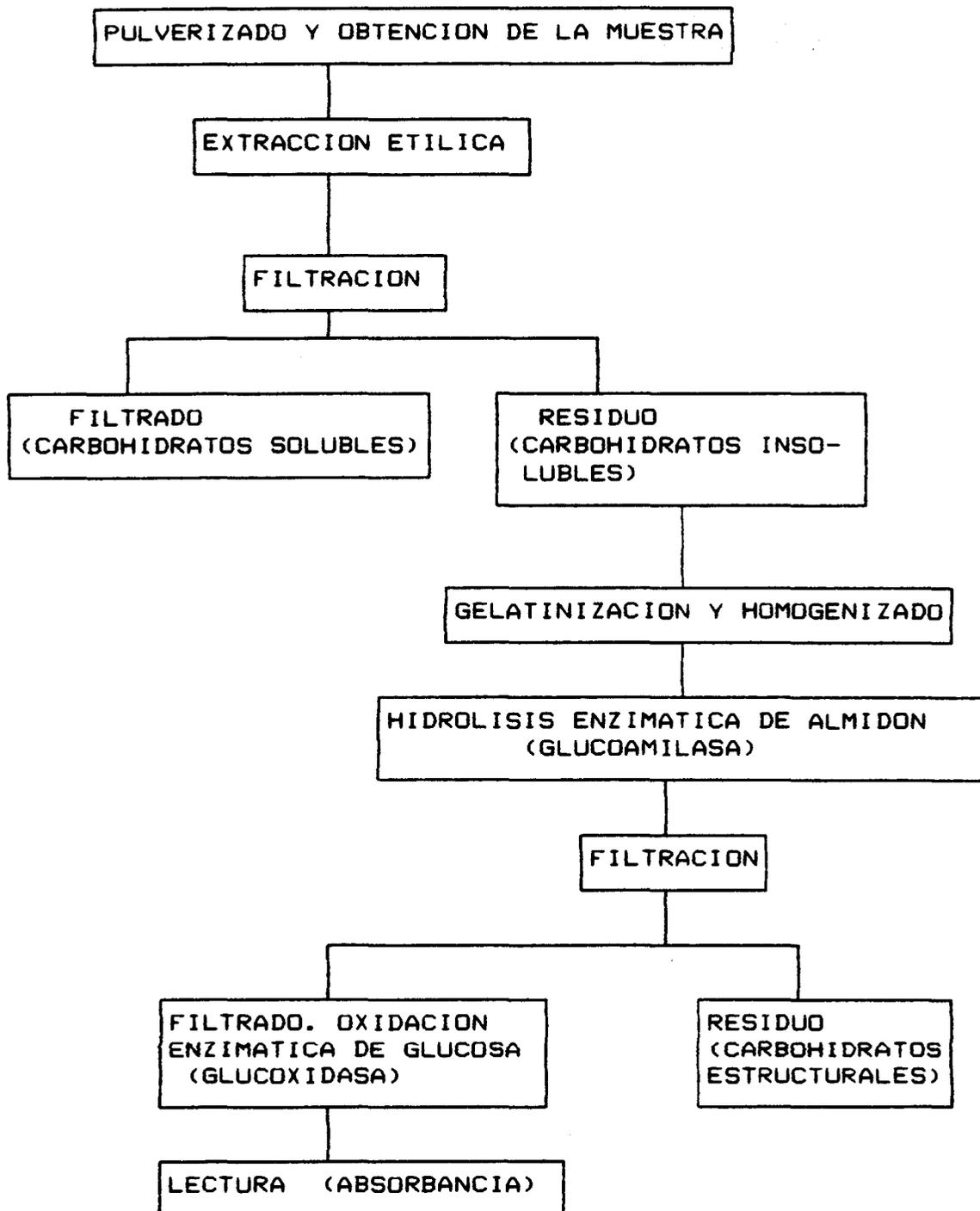


Fig. 4. Procedimiento de separación y determinación del almidón en estacas de Tabebuia rosea.

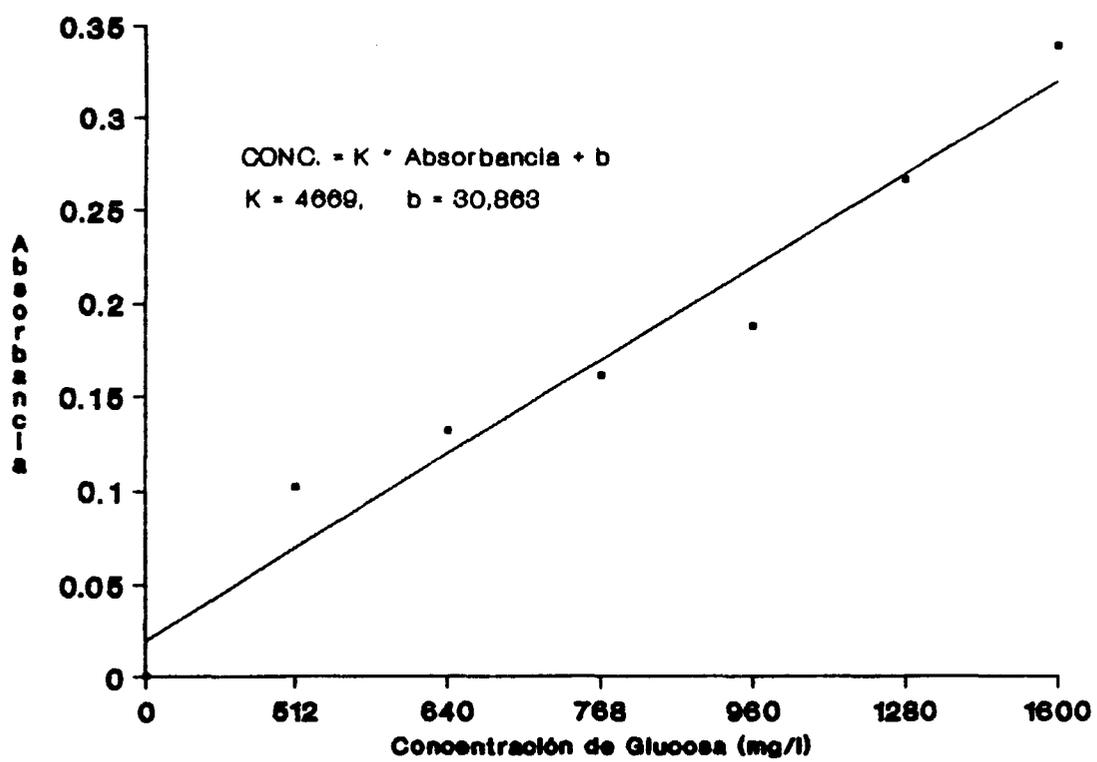


Fig. No. 5. Curva de calibración para la determinación de la concentración de Glucosa por acción de la Glucosa-oxidasa.

Procesamiento de datos.

Los datos de frecuencias de brotes y callos se analizaron mediante pruebas Chi cuadrado, o mediante la prueba G.

Para los análisis de concentraciones de almidón se hizo un análisis de varianza simple, con una prueba de Tukey.

RESULTADOS

Producción de vástagos (Brotos) en las estacas.

Los primeros brotes aéreos en las estacas se observaron a los 20 días después de siembra (d.d.s.) en los ensayos de abril y octubre de 1990. En el ensayo de febrero de 1991 estos brotes aparecieron a los 11 d.d.s. Los brotes estaban localizados generalmente entre los 10 a 15 cm superiores de la estaca, sobre las cicatrices foliares.

Los brotes se caracterizaban por su color verde oscuro con estrías color negro y la presencia de escamas unidas en sus extremos apicales que cubrían al meristema apical y los primordios foliares. El crecimiento inicial de los brotes fue en ángulo agudo con respecto al eje principal de la estaca y presentaban el primer par de hojas generalmente con 1 ó 2 folíolos.

Las estacas con entrenudos cortos (menores de 2.5 cm) presentaban a los 30 d.d.s. mayor cantidad de brotes aéreos que aquellas con entrenudos largos (mayores de 3 cm). Los brotes tenían una longitud de 2 a 2.5 cm a los 32 d.d.s.

Los porcentajes de estacas con los primeros brotes aéreos variaron según la época del corte.

Se realizó un ensayo preliminar en octubre de 1989 con un árbol de Tabebuia rosea derribado.

La información obtenida del ensayo preliminar permitió escoger dos zonas por árbol y utilizar una sola categoría de diámetros de las estacas, porque los porcentajes de estacas con brotes no variaron en estacas testigos o con las tratadas con las dosis de AIB de 1000, 2000, 3000 y 4000 mg/l de acuerdo con el diámetro de las estacas.

Se realizaron conteos en las estacas para evaluar la presencia de brotes y callos. Las frecuencias obtenidas de estacas con brotes y con callos se presentan en la sección de apéndices (Apéndices No. 1 y 2).

Del total de estacas en cada época se obtuvieron los porcentajes de estacas con brotes. En la época seca (abril de 1990 y febrero de 1991) se registraron valores de 6.9 % y 19.5% de estacas con brotes respectivamente a los 20 d.d.s. (Cuadros No. 5 y 7). Por otro lado en la época lluviosa (octubre de 1990), se observó que el 96% de las estacas presentaron brotes aéreos a los 20 d.d.s. (Cuadro No. 6).

Los porcentajes de estacas con brotes a los 20 d.d.s. en relación al número de estacas iniciales en cada categoría (Cuadro No. 3) variaron en las diferentes épocas; así, en abril 90 se observaron 3.9 % de estacas con brotes en la Z₁ y 10.3% en las de la Z₂. Sin embargo, en las estacas de octubre 1990, se observó 98.3 % de la Z₁ y 94% de la Z₂. En las estacas de febrero 91 hubo 11.7 % de la Z₁ y 34.6 % de la Z₂ (Fig. No. 6).

El número total de brotes de las estacas determinado según diámetros, zonas, y dosis de Acido Indol Butírico (AIB) aumentó entre los 30 a 48 d.d.s. en ambas épocas.

Cuadro No. 5. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Abril 1998).

d.d.s.	%		% de estacas		porcentajes de estacas con brotes según:							
	estacas		sin	con	zonas		dosis de AIB (mg l^{-1})			árboles		
	vivas	muertas	brotes	brotes	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃
0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	100.0	0.0	93.1	6.9	3.9	10.3	4.6	8.0	8.0	0.0	1.3	16.6
55	53.4	46.6	36.6	63.4	31.3	36.8	24.6	29.0	48.4	11.9	29.3	51.4
85	36.0	64.0	0.0	100.0	38.2	33.0	41.5	27.4	38.7	16.6	54.6	27.7

Z₁ = zona inferior del árbol; Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico ($n \times 10^3 \text{ mg l}^{-1}$)

Cuadro No. 6. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Octubre 1998).

d.d.s.	%	%		porcentajes de estacas con brotes según:										
		de estacas		zonas		dosis de AIB (ngl^{-1})			árboles					
estacas vivas	muertas	sin brotes	con brotes	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	
0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	100.0	0.0	4.0	96.0	98.3	94.0	95.7	95.3	97.0	96.6	94.5	98.5	94.6	96.5
36	100.0	0.0	4.0	96.0	98.3	94.0	95.7	95.3	97.0	96.6	94.5	98.5	94.6	96.5
73	72.9	20.0	0.0	100.0	81.0	77.5	78.6	72.0	85.7	87.5	47.7	94.1	94.6	93.1
85	48.8	51.2	0.0	100.0	38.5	58.0	48.7	36.4	60.9	65.9	17.4	38.8	76.7	72.4

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico ($n \times 10^3 \text{ngl}^{-1}$)

Cuadro No. 7. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Febrero 1991).

d.d.s.	Z	Z de estacas		porcentajes de estacas con brotes según:										
		estacas	sin brotes	con brotes	zonas		dosis de AIB (mg l^{-1})			árboles				
vivas	muertas				Z ₁	Z ₂	d _n	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
0	100.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	100.0	0.0	80.5	19.5	11.7	34.6	16.0	19.2	23.0	8.0	18.0	33.0	21.4	26.6
28	100.0	0.0	54.5	45.5	41.1	53.8	40.0	53.8	42.3	20.0	72.7	33.0	71.4	53.3
42	76.6	23.4	30.5	69.5	66.6	96.1	80.0	73.0	76.9	48.0	100.0	66.0	100.0	93.3

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico ($n \times 10^3 \text{ mg l}^{-1}$)

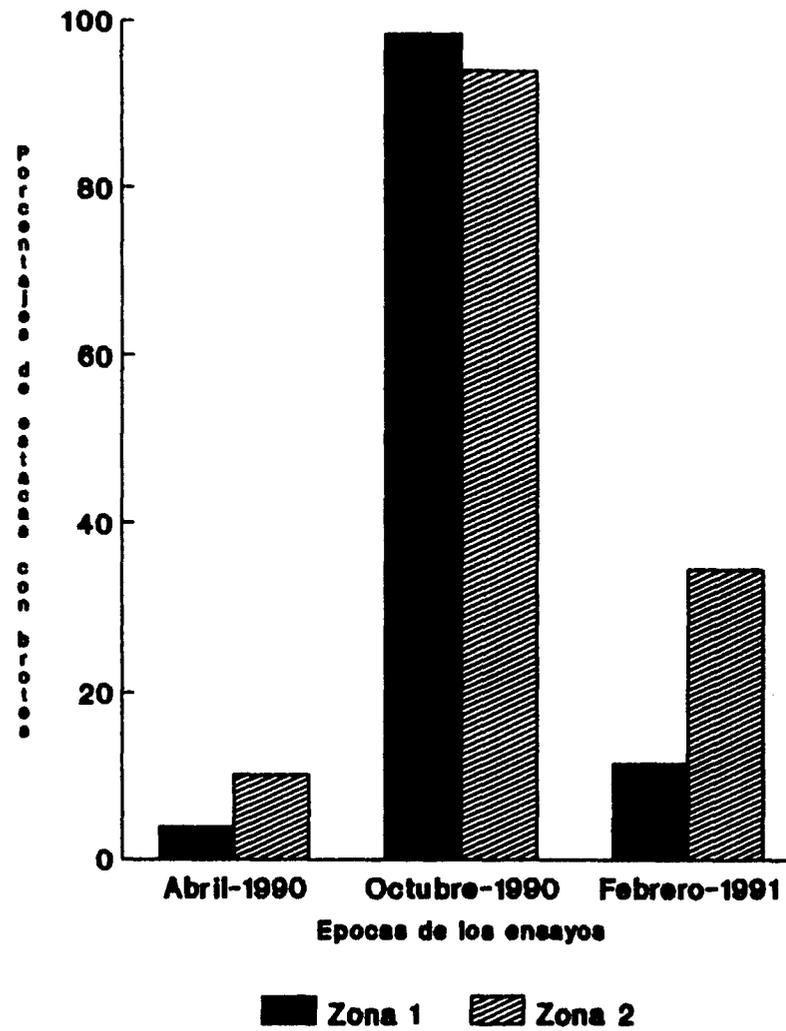


Fig. No. 6. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes aéreos a los 20 d.d.s. durante los ensayos.

Las frecuencias de estacas de Tabebuia rosea con brotes aéreos según zonas, dosis de AIB, y árboles que se presentan en el Apéndice No. 1, se analizaron mediante la prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrado, o mediante el análisis estadístico G, cuando las frecuencias esperadas eran menores de 5.0 en más de un 20 %.

Los resultados de los análisis estadísticos para las frecuencias de estacas de T. rosea con brotes aéreos en las épocas de los ensayos se presentan en el Apéndice No. 4.1.

No se observó dependencia entre las frecuencias observadas de estacas con brotes aéreos durante los 20 a 85 d.d.s. en función de las zonas de los árboles, o las dosis de AIB utilizadas durante los ensayos (Apéndice No. 4.1). Sin embargo, hay diferencias altamente significativas entre las frecuencias de brotes aéreos de las estacas de abril y octubre de 1990, con relación a los árboles de procedencia; pero no se observó diferencias entre las estacas con brotes y los árboles de procedencia en febrero de 1991 (Apéndice 4.1).

Por otro lado, se observó que a partir de los 42 a los 55 días después de siembra (d.d.s) hubo un descenso en el número total de estacas vivas (Apéndice No. 1).

Producción de callo.

Los callos o masas celulares meristemáticas indiferenciadas de las estacas se observaron por primera vez entre los 20 a 25 días después de siembra (d.d.s.) en octubre de 1990. Estos tenían formas redondeadas o semiesféricas unidas entre sí, de color blanco-crema y consistencia semidura al tacto, y se localizaban entre la corteza y la madera de la estaca; su altura y grosor variaban a lo largo de la circunferencia de la estaca de manera que incrementaron su diámetro basal (Figs. No.7 y 8).

El mayor porcentaje de estacas con callos se observó a los 112 d.d.s. en el ensayo preliminar de octubre de 1989; de éstas un 43.3% formó callos, de las cuales 55.8 % eran de la zona 1 y 44.2 % de la zona 2. Se observó que las mejores dosis utilizadas de AIB fueron las de 1000 y 2000 mg/l, con 32.7% y 36.5% de estacas con callos, respectivamente. No se encontró diferencias entre los porcentajes de estacas con callos (48.1 % y 51.9 %) según los diámetros 1 (de 2 a 3.5 cm) y 2 (de 3.5 a 5.5 cm),



Fig. No. 7. Vista basal de la estaca de Tabebuia rosea que muestra el tamaño forma y localización de los callos.



Fig. No. 8. Vista macroscópica de los callos sanos en las estacas de Tabebuia rosea. 8X.

respectivamente.

Debido al problema de disponibilidad del material, antes señalado, las categorías de árboles, zonas y dosis se inician en cada época con números diferentes de estacas (Cuadro No. 3), de modo que para evaluar los procesos de formación de callos, en cualquier tiempo posterior, se establecen las comparaciones con respecto al número de estacas iniciales para cada categoría. Los porcentajes de estacas con callos en las diferentes épocas se incrementaron de los 42 a 57 d.d.s. (Fig. No. 9).

En el Apéndice No. 2, se presentan las frecuencias observadas de estacas con callos en abril de 1990, en los diferentes días después de siembra, según las zonas de los árboles, dosis de AIB y árboles. Se observa que la mayor cantidad de estacas con callos se presentó de 57 a 85 d.d.s.

El cuadro No. 8 representa los porcentajes de estacas colectadas en abril de 1990, donde se aprecia que después de los 57 d.d.s. disminuye el total de estacas vivas, además el porcentaje de estacas sin callos (63.2%) era mayor que el porcentaje de estacas con callos (36.8 %) a los 85 d.d.s.

Se observa en abril de 1990; que los porcentajes de estacas con callos de ambas zonas son similares; sin embargo, al considerar los porcentajes de estacas con

callos según las dosis, tanto las estacas testigos como las de dosis de 2000 mg/l presentaron los mayores porcentajes de estacas con callos (35% y 37%). Así mismo, se observa en abril de 1990, que el árbol 2 fue el que presentó mayor porcentaje de estacas con callos (53 %) mientras que el árbol 1 presentó los menores porcentajes (Cuadro No. 8).

Con respecto a los porcentajes de estacas con callos sanos en abril de 1990, las estacas testigos presentaron altos porcentajes, con un 100 % de callos sanos (Cuadro No. 11 y Fig. No. 10), y el árbol 1 presentó el mayor porcentaje de callos sanos (83.3%) mientras que la mayor cantidad de callos necróticos se observó en los árboles 1 y 3 (Cuadro No. 11).

En cuanto a las zonas, la zona 2 presentó mayor porcentaje de callos sanos que la zona 1 (Cuadro No. 11).

Las estacas testigos no presentaron callos seminecróticos ni necróticos en abril de 1990.

En octubre de 1990 a los 43 d.d.s. se observó el mayor porcentaje absoluto de estacas con callos 62.3 % (Cuadro No. 9). No se observan diferencias entre zonas, pero sí hay diferencias entre las dosis, donde se aprecia los porcentajes mayores de estacas con callos en tratamientos testigo y de 1000 mg l⁻¹ de AIB.

Los árboles con mayores porcentajes de estacas con

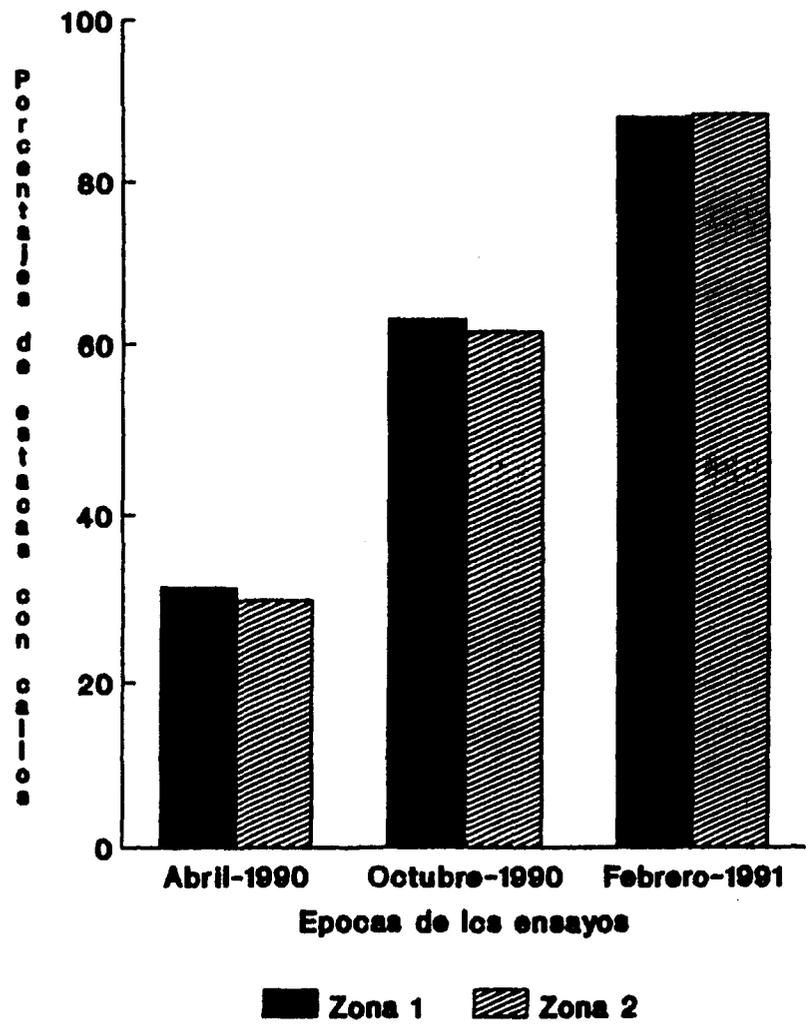


Fig. No. 9. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con callos de los 42 a los 57 d.d.e. durante los ensayos

Cuadro No.8. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con callos (Abril 1990).

d.d.s.	% estacas		% de estacas		porcentajes de estacas con callos según:							
					zonas		dosis de AIB (ngl^{-1})			árboles		
	vivas	muertas	sin callos	con callos	Z ₁	Z ₂	d _n	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃
0	100	0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	100	0	97.4	2.6	3.9	1.1	0.0	3.2	4.8	2.4	1.3	4.2
57	100	0	42.6	57.4	31.4	29.2	35.4	19.3	37.0	14.3	53.0	16.7
85	36	64	63.2	36.8	13.7	12.6	15.4	9.7	14.5	7.1	18.7	11.1
92	2.1	97.9	0.0	100.0	2.0	2.3	3.1	1.6	1.6	2.4	4.0	0.0

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico ($n \times 10^3 \text{ngl}^{-1}$)

callos en octubre de 1990 fueron los árboles 1, 4 y 5 (alrededor del 75%), mientras que el árbol con menor porcentaje de estacas con callos sanos fue el árbol 3 (Cuadro No. 9).

El mayor porcentaje de estacas con callos en febrero-91 (88.3%) se observó a los 42 d.d.s. (Cuadro No. 10). En esta época no se observó diferencias en los porcentajes de estacas con callos entre las zonas (88.2% en la zona 1 y 88.5% en la zona 2); según las dosis se observaron 76%, 92% y 96% de estacas con callos en el testigo y en las dosis de 1000 y 2000 mg/l respectivamente.

Al considerar los árboles se observó, en febrero de 1991, que los árboles 2, 4 y 5 presentaron de 90% a 100% de estacas con callos (Cuadro No. 10).

Los callos se clasificaron y midieron de los 45 a los 71 d.d.s. en las diferentes épocas.

Se consideraron como callos sanos aquellos que tenían un color de blanco a crema, y que debido a su proliferación llegaban a rodear por completo la circunferencia de la base de las estacas. Los callos seminecróticos o incompletos estaban integrados por semiesferas con poca evidencia de actividad proliferativa. Estos callos presentaban semiesferas sanas con color blanco o crema, o semiesferas necróticas de color amarillo, marrón, gris, o negras y no rodeaban por completo la circunferencia basal de las

Cuadro No. 9. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con callos (Octubre 1990).

d.d.s.	% estacas		% de estacas		porcentajes de estacas con callos según:									
	vi- vas	muer- tas	sin callos	con callos	zonas		dosis de AIB (mg l^{-1})			árboles				
					Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
0	100	0	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	100	0	83.3	12.7	17.3	8.5	13.7	14.7	3.4	3.2	11.9	1.5	21.4	17.2
43	100	0	37.7	62.3	63.1	61.5	63.2	68.2	55.6	68.2	61.5	36.8	71.4	75.9
85	48.8	51.2	23.0	77.0	26.8	25.0	40.1	19.4	19.5	38.6	13.8	29.4	28.6	22.4

Z_n = Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico ($n \times 10^3 \text{ mg l}^{-1}$)

Cuadro No.10. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con callos (Febrero 1991).

d.d.s.	%	%		porcentajes de estacas con callos según:										
		de estacas		zonas		dosis de AIB (mg l^{-1})			árboles					
		sin callos	con callos	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	
0	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	100	96.1	3.9	1.9	7.7	0.0	3.8	7.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
42	100	11.7	88.3	88.2	88.5	76.0	92.0	96.0	76.0	90.0	83.0	100.0	100.0	

Z_n = Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico ($n \times 10^3 \text{ mg l}^{-1}$)

estacas. Los callos necróticos eran de color gris o negros. Las frecuencias de estacas con callos, según el aspecto: sanos, seminecróticos y necróticos durante las tres épocas se presentan en el Apéndice No.3. Estas frecuencias variaron según la época de ensayo.

Los porcentajes de estacas con y sin callos, clasificadas según el tipo de callo presente para las zonas, dosis y árboles se presentan en los Cuadros No. 11, 12 y 13. Además, se representan para las tres épocas por zonas, dosis y árboles en las Figs. No. 10, 11 y 12.

Los porcentajes totales de estacas con callos en abril de 1990 a los 57 d.d.s., son similares según las zonas; mientras que según las dosis de AIB hubo mayor porcentaje (37.1) de estacas con callos en las estacas tratadas con 2000 mg/l (Cuadro No. 11).

En abril de 1990, el mayor porcentaje de estacas con callos sanos según zonas se observó en las estacas testigos. Según los árboles, el mayor porcentaje de estacas con callos sanos se observó en el árbol 1 en abril de 1990; sin embargo, los árbol 2 y 3 presentaron más de 70 % de estacas con callos sanos (Cuadro No. 11).

Los porcentajes totales de estacas con callos en octubre de 1990 a los 43 d.d.s. se describen en el Cuadro No. 12. Se observa que hay poca diferencia en los porcentajes de estacas con callos entre las zonas. Además, las estacas tratadas con la dosis de 1000 mg/l de AIB presentaron el mayor porcentaje de estacas con callos

Cuadro No.11. Porcentajes de estacas de *T. rosea* con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 57 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico (mg l^{-1}) y árboles (Abril de 1990).

	Zonas		Dosis			Arboles			
	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	
Sin callos	68.6	70.1	64.6	80.6	62.9	85.7	46.7	83.3	
Con callos	31.4	29.9	35.4	19.4	37.1	14.3	53.3	16.7	
C a l l o s	sanos	71.8	76.9	100.0	66.6	52.1	83.3	72.5	75.0
	semin	18.7	38.4	0.0	25.0	17.4	0.0	15.0	8.3
	necrt	9.3	19.2	0.0	8.3	30.4	16.6	12.5	16.6
d _n = dosis de AIB ($n \cdot 10^3 \text{ mg l}^{-1}$).					semin = seminecrótico				
A _n = árboles.					necrt = necrótico				
Z _n = zonas									

Cuadro No.12. Porcentajes de estacas de *T. rosea* con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 43 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Octubre de 1990).

	Zonas		Dosis			Arboles					
	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	
Sin callo	36.9	38.5	36.8	31.8	44.4	31.8	38.5	63.2	28.6	24.1	
Con callo	63.1	61.5	63.2	68.2	55.6	68.2	61.5	36.8	71.4	75.9	
C a l l o s	sanos	61.9	54.4	48.6	65.9	58.1	50.0	64.1	24.0	67.5	70.4
	semin	34.5	36.5	41.9	28.4	37.8	45.0	26.8	68.0	27.5	25.0
	necrt	3.5	8.9	9.4	5.7	4.0	5.0	8.9	8.0	5.0	4.5
d _n = dosis de AIB (n 10 ³ mg l ⁻¹).		semin = seminecrótico									
A _n = árboles.		necrt = necrótico									
Z _n = zonas											

totales y sanos (68.2% y 65.9%, respectivamente) (Cuadro No.12).

Los árboles 1, 2, 4 y 5 presentaron los mayores porcentajes (50.0% o más) de estacas con callos y sanos en octubre de 1990; sin embargo, el árbol 3 presentó el menor porcentaje de estacas con callos (Cuadro No. 12).

Según el Cuadro No. 13, en febrero de 1991, hubo un porcentaje total de estacas con callos mayor del 84% según las zonas. Las dosis de 1000 y 2000 mg/l de AIB presentaron los mayores porcentajes de estacas con callos (más de 92 %); sin embargo, los testigos presentaron porcentajes de estacas con callos mayores de 75%.

Los árboles 2, 4 y 5 tuvieron los mayores porcentajes (90% a 100%) de estacas con callos totales y sanos en febrero de 1991 (Cuadro No. 13).

Los callos sanos se presentan en porcentajes similares en las estacas de la zona inferior (Z₁) y en la zona superior (Z₂) con 51.1% y 56.5 % respectivamente. Se observó mayor porcentaje de estacas con callos totales y sanos en las estacas tratadas con dosis de 2000 mg/l. Por otro lado, los árboles 2, 4 y 5 presentaron los mayores porcentajes de estacas con callos totales y sanos (Cuadro No. 13).

A los 71 d.d.s. en el período de octubre de 1990, las lenticelas de las bases de las estacas de I. rosea estaban turgentes con tejidos proliferativos tipo meristemático, suaves al tacto, de color blanco a crema (Fig. No. 13).

Cuadro No.13. Porcentajes de estacas de *T. rosea* con callos en relación al número de estacas iniciales y tipos de callos a los 42 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Febrero de 1991).

	Zonas		Dosis			Arboles					
	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	
Sin callo	9.8	15.4	24.0	7.7	3.8	24.0	9.1	16.7	0.0	0.0	
Con callo	90.2	84.6	76.0	92.3	96.2	76.0	90.9	83.3	100.	100.	
C a l l o s	sanos	51.1	56.5	56.8	54.0	64.0	5.2	90.0	30.0	57.1	100.
	semin	13.3	34.7	36.8	16.6	12.0	26.3	10.0	20.0	42.9	0.0
	necrt	35.5	8.7	26.3	29.1	24.0	68.4	0.0	50.0	0.0	0.0
d _n = dosis de AIB (n 10 ³ mg l ⁻¹).		semin = seminecrótico									
A _n = árboles.		necrt = necrótico									
Z _n = zonas											

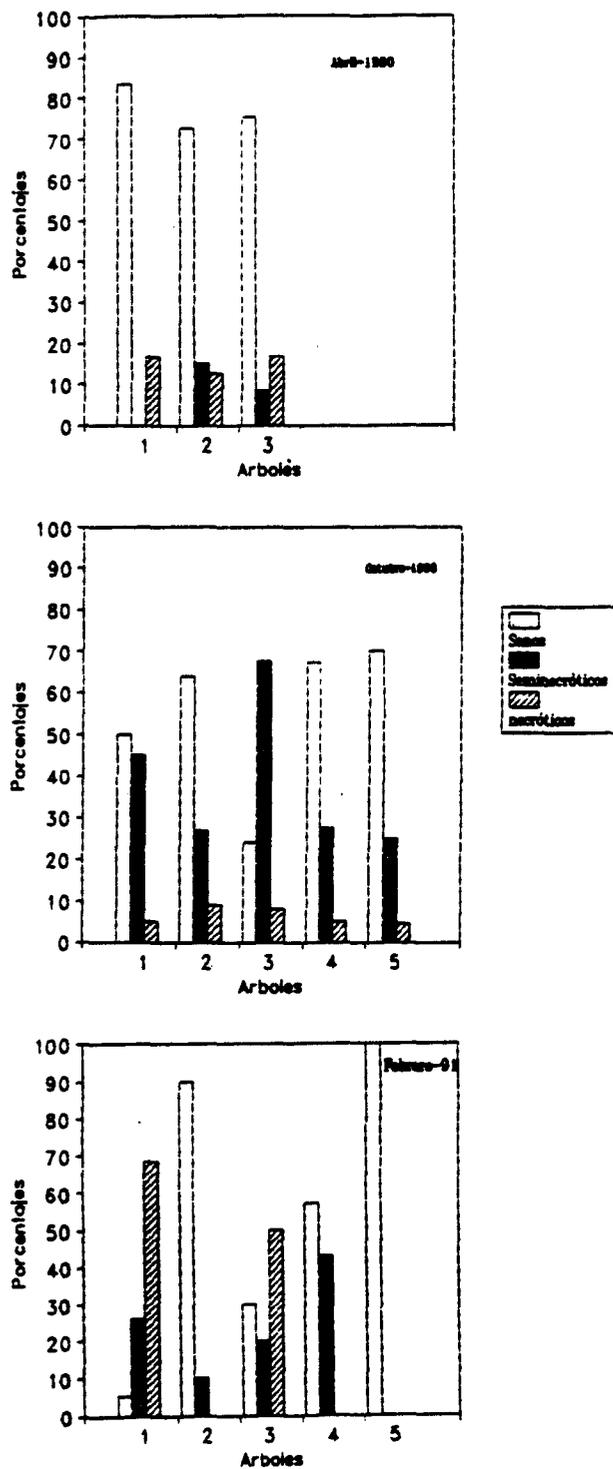


Fig. No. 10. Porcentajes de estacas de *Tabebuia rosea* con callos según árbol de procedencia (abril-90, octubre-90, febrero 91).

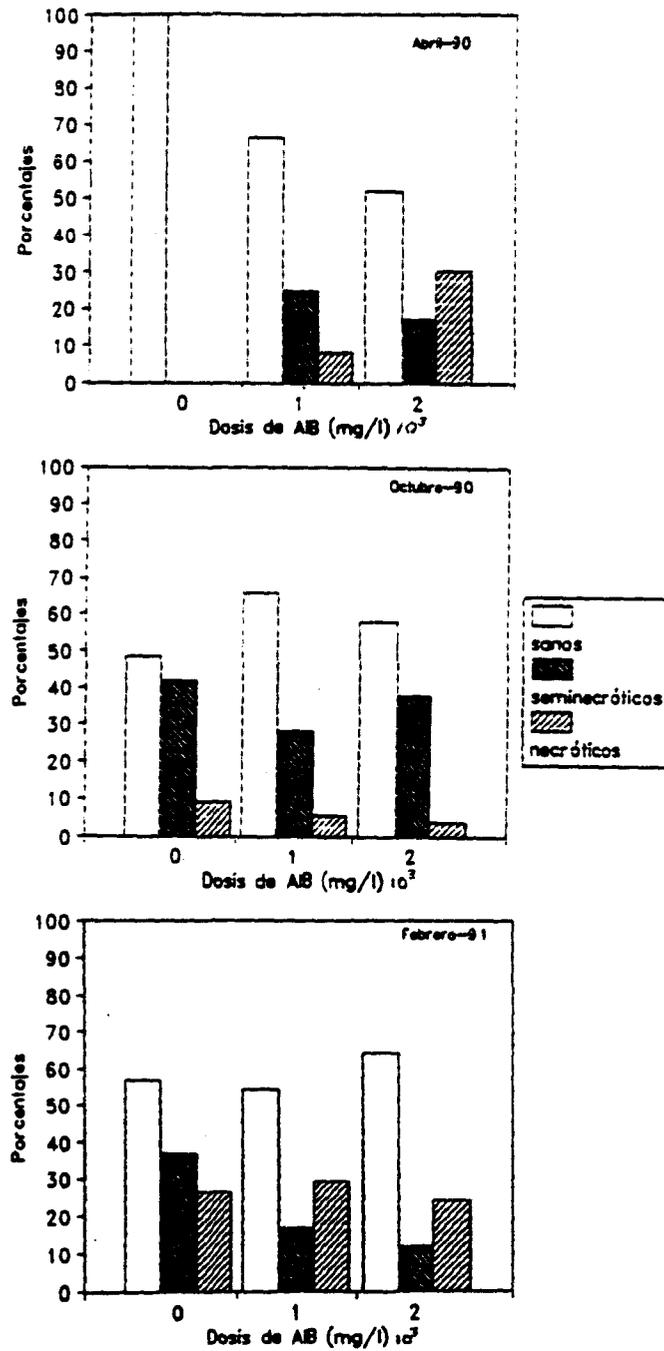


Fig. No. 11. Porcentajes de estacas de *Fabiacea rosea* con callos según dosis de Acido Indol Butírico (AIB) (abril-90, octubre-90, febrero-91).

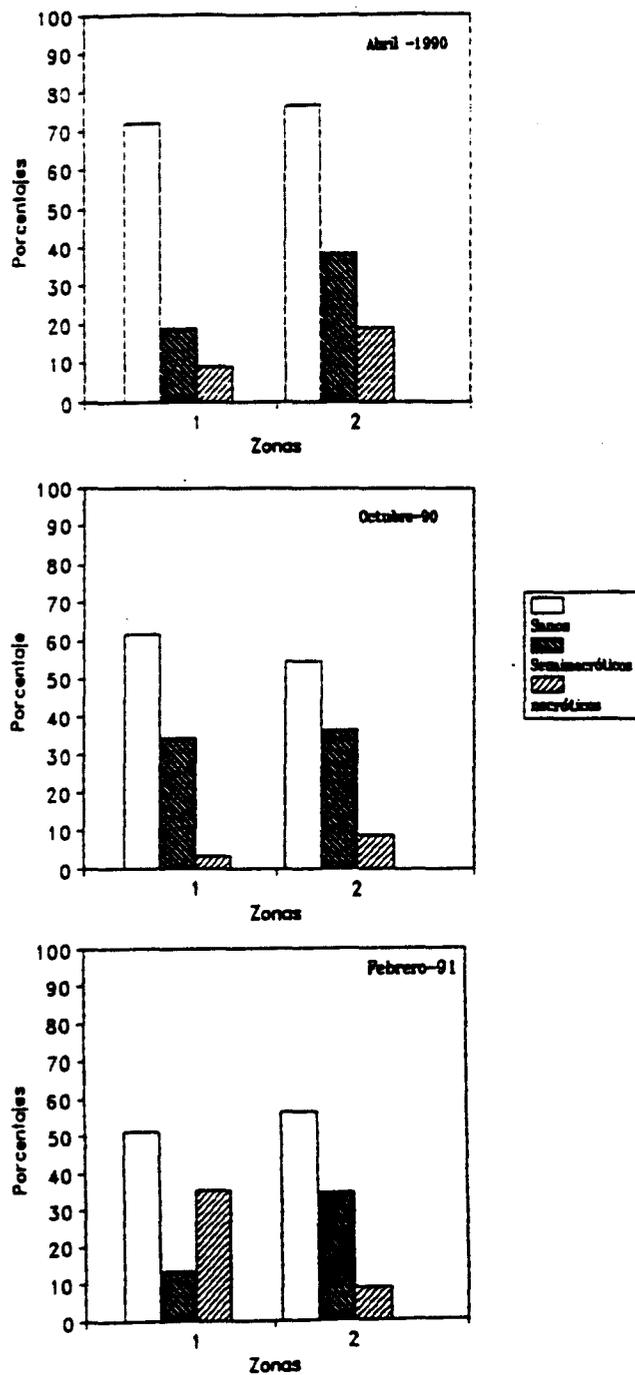


Fig. No. 12. Porcentajes de estacas de *Tabularia rosae* con callos según zonas (abril-90, octubre-90 y febrero-91).
1= zona inferior . 2= zona superior

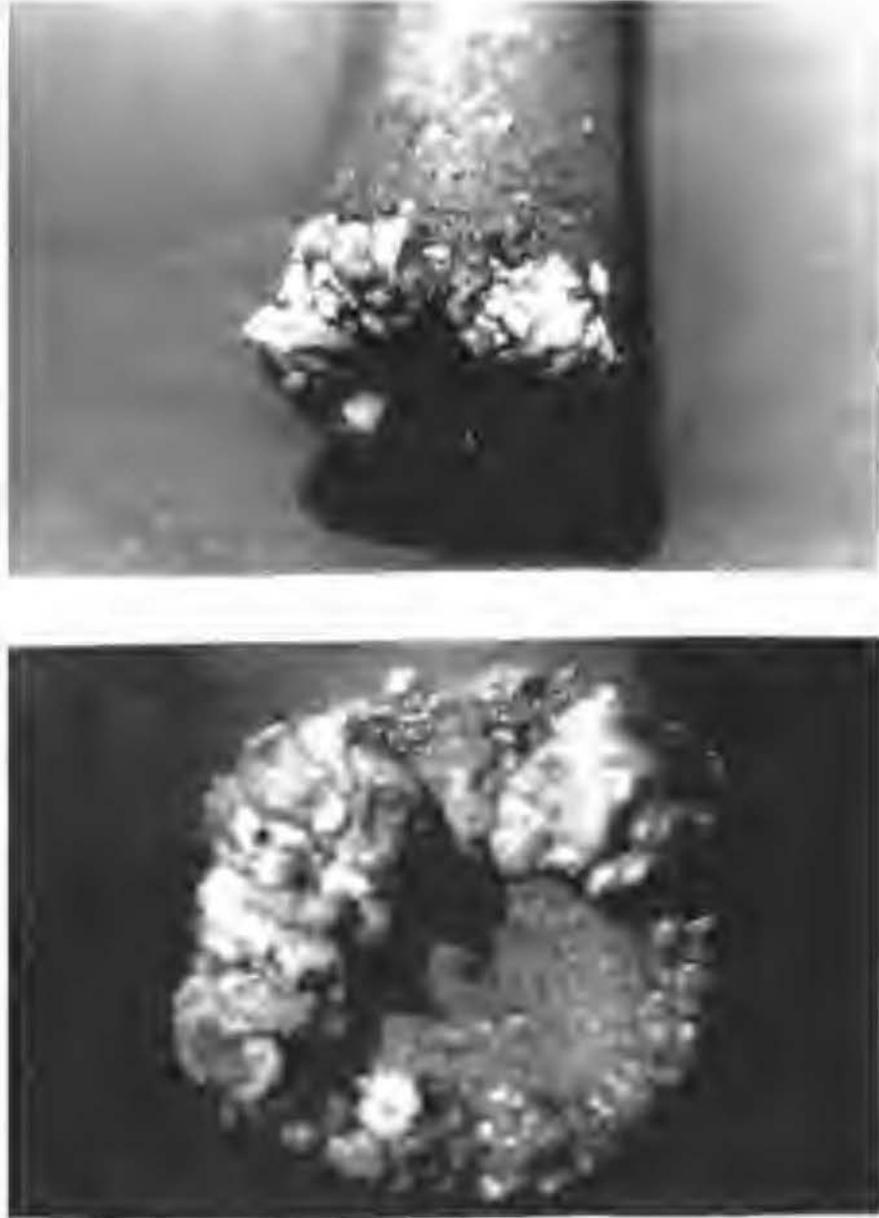


Fig. No. 13. Vista lateral y basal de una estaca de Tabebuia rosea con callos proliferativos abundantes. A: Callos sanos y lenticelas de la base con tejido meristemático proliferativo. B: Callos seminecróticos con zonas oscuras.

Las frecuencias de estacas con callos observadas se analizaron mediante pruebas de Chi cuadrado, para determinar si existía o no dependencia entre las frecuencias de callos observadas y los tratamientos zona, dosis, árboles y épocas.

Se analizó la presencia o ausencia de callos versus las zonas del árbol, dosis de AIB, y árboles, y no se encontraron diferencias significativas entre las zonas, ni las dosis de AIB, o sea que la presencia de callos no depende de las zonas o la dosis. Se encontró diferencias significativas y altamente significativas entre los árboles y la presencia o ausencia de callos, o sea que hay dependencia en la presencia o ausencia de callos con el tipo de árbol del cual proceden las estacas (Apéndice No. 4.2).

Se analizó tipos de callos presentes y las zonas, dosis de AIB y árboles para las diferentes épocas. Se encontró diferencias significativas entre el tipo de callo presente y las zonas en febrero-91; mientras que en abril-90 y octubre-90, no hubo diferencias significativas. En cuanto a la dosis y el tipo de callo presente en abril 90 se encontró diferencias altamente significativas.

No hubo diferencias en octubre-90 ni en febrero-91. Al analizar las frecuencias observadas de los diferentes tipos de callos presentes según el árbol de procedencia se encontraron diferencias significativas y altamente significativas en octubre-90 y febrero 91; sin embargo, en abril 90 no se observaron estas diferencias (Apéndice No. 4.3).

Se analizaron las frecuencias de estacas con callos sanos en las tres épocas según zonas, dosis y árboles. El análisis por zonas no mostró diferencias significativas entre las estacas con callos sanos. En los análisis de las frecuencias por dosis y árboles si se encontró diferencias significativas, o sea que las frecuencias de callos sanos por épocas dependen de las dosis y de los árboles (Apéndice No. 4.4).

El volumen de los callos fue muy variable según la época, así, en abril de 1990 a los 57 d.d.s., las estacas tenían un volumen promedio total de callos de 0.86 ± 0.5 cm³; en octubre de 1990 a los 43 d.d.s. el volumen promedio total de callos fue de 1.23 ± 0.6 cm³, y en febrero de 1991 a los 42 d.d.s., las estacas tenían un volumen promedio total de 1.63 ± 2.5 cm³. Esta alta variabilidad se debió tal vez al método de medición utilizado.

Se observó callos semiesféricos, alargados con masas de crecimiento meristemático superpuestas sobre las primeras masas del callo a los 71 d.d.s. durante octubre de 1989.

Las raíces se observaron en muy pocas estacas de los ensayos de octubre de 1989, y febrero de 1991. Las estacas presentaron raíces en octubre de 1989 a los 151 y 158 d.d.s.; mientras que en febrero de 1991, las raíces aparecieron a los 158 d.d.s., después de ser trasladadas a soluciones nutritivas diluidas al 25%. La diferenciación ocurrió, en octubre de 1989, en 3 estacas de la zona 2 del árbol, tratadas con 1000 y 2000 mg/l de AIB. En febrero de

1991, esta diferenciación se dió en las estacas del árbol 4, y zona 1, tratadas con 2000 mg/l de AIB; las estacas presentaban sistemas radicales vigorosos integrados por 1 a 6 raíces, con tendencia a formar un sistema de raíces principales (Figs. No. 14 a 16).

Las raíces por estacas variaban en número y longitud de 0.6 a 6.4 cm en octubre de 1989 o de 6.0 a 10.6 cm en febrero de 1991. La tasa de crecimiento de las raíces principales en octubre de 1989 fue de $0.37 \text{ cm} \cdot \text{día}^{-1}$, durante los primeros 16 días de su emergencia. Las raíces laterales se diferenciaron a partir de la raíz principal a los 1.5 a 8 cm desde el ápice de la raíz principal en ambas épocas. (Figs. No. 14 a 16)

Se observó que en general las raíces en las estacas se desarrollan a partir de la parte de los callos sanos que está orientada hacia el centro de la estaca, pero alrededor tenían callos seminecróticos y necróticos. (Fig. No. 14).

A los 218 d.d.s. en febrero de 1991 habían 3 estacas con raíces del árbol 4, zona 1 y de ambas dosis: 1000 y 2000 mg/l. Las raíces alcanzaban una longitud de 5.5 a 18 cm. Mientras que, a los 301 d.d.s. las raíces de las estacas del ensayo de octubre de 1989, tenían 15.2 cm de largo (Apéndice No. 1.1).

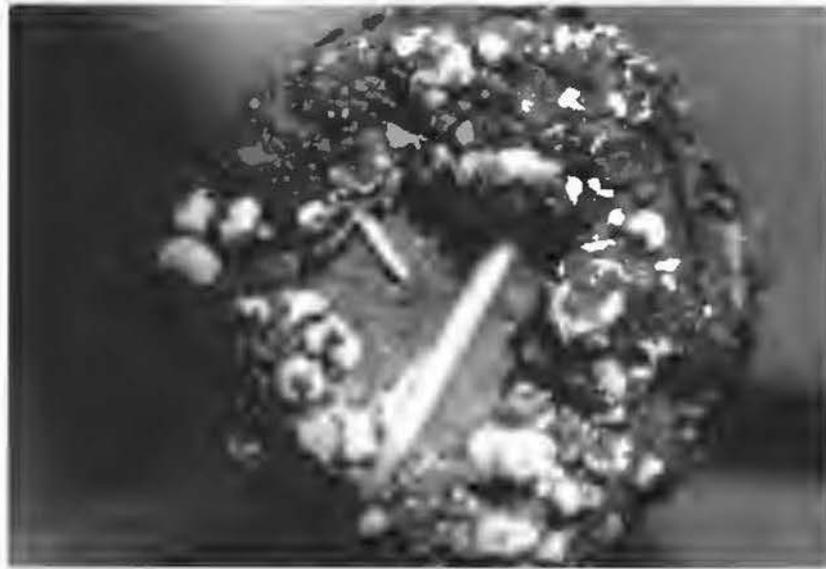


Fig. No. 14. A y B. Vista basal de la formación y desarrollo de las raíces en las estacas de *Tahehuia ruscifolia*. A: Formación de las raíces en la cara interna del callo. B: Crecimiento de la raíz.

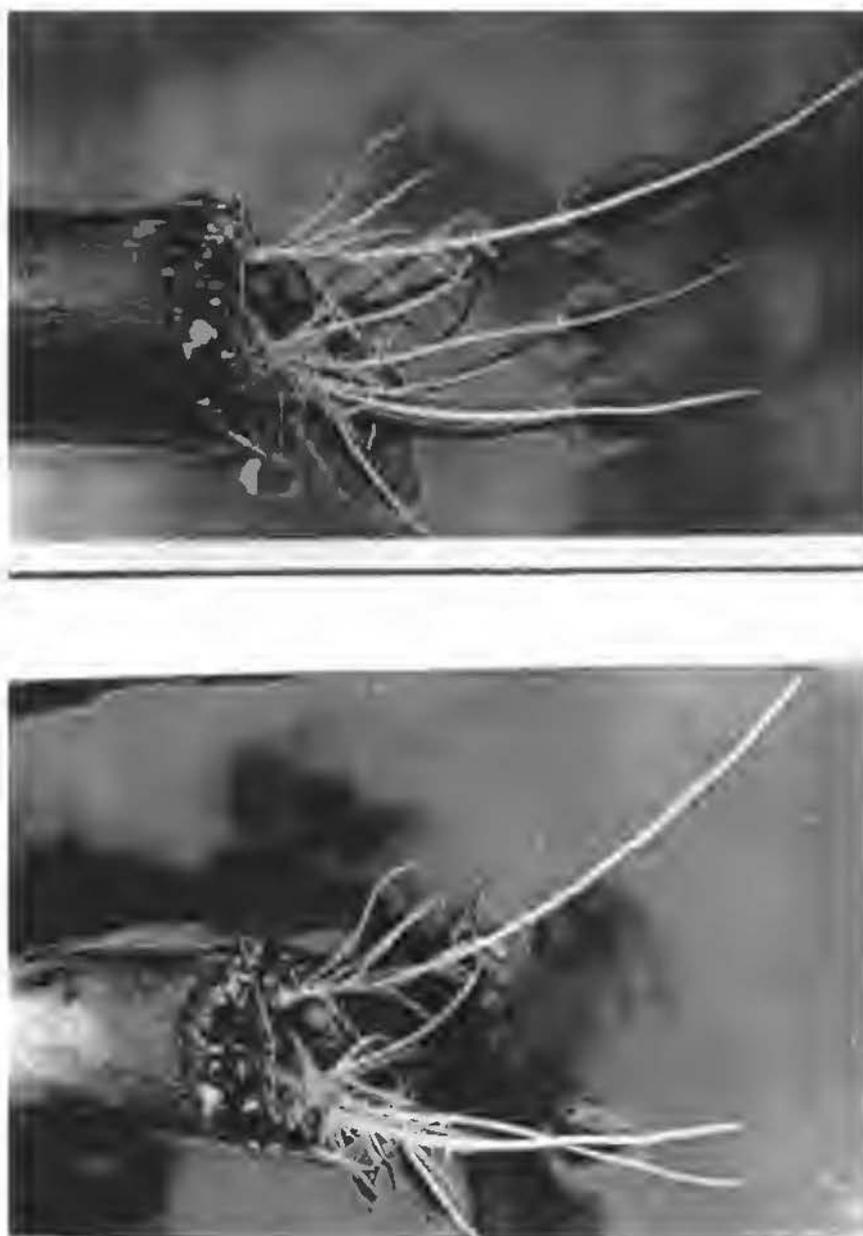


Fig. No. 15. A y B. Vistas lateral y basal de las raíces de las estacas de *Totipotila rosea*. Se observan 3 raíces principales y el desarrollo de las raíces secundarias.



Fig. No. 16. Estaca de Tabebuia rosea vista general, 218 d.d.s. Se observa el mayor desarrollo de la parte aérea en relación con la parte radical (Febrero-1991).

Contenidos de humedad en estacas de T. rosea.

Los contenidos de humedad de las estacas de Tabebuia rosea expresados en porcentajes promedios, así como los pesos frescos y secos promedios en gramos según las épocas de colecta y los árboles se presentan en el Cuadro No.14 y Fig. No. 17.

Se observó los mayores pesos fresco y seco promedios en las estacas de abril-90, con 269.3g y 111.6 g, respectivamente. El peso fresco disminuyó de abril de 1990 a febrero de 1991; el peso seco disminuyó de abril de 1990 a octubre de 1990 y aumentó en febrero de 1991.

Los porcentajes de humedad en las estacas fueron mayores en octubre de 1990, y no difirieron entre abril-90 y febrero-91.

Cuadro No. 14. Promedios de peso fresco (g), peso seco (g) y porcentaje de humedad en las estacas de Tabebuia rosea durante las épocas de colecta (abril-90, octubre-90 y febrero- 91) .

Arbol	Peso Fresco (g)			Peso seco (g)			% de Humedad		
	Abr-90	Oct-90	Feb-91	Abr-90	Oct-90	Feb-91	Abr-90	Oct-90	Feb-91
1	212.4	145.7	199.9	88.2	60.2	81.5	58.5	58.7	59.2
2	232.0	190.5	175.3	99.3	76.2	32.9	57.2	60.0	56.3
3	269.3	105.3	174.4	111.6	39.1	78.9	58.6	62.8	54.8
4	-----	155.0	99.0	-----	59.5	35.6	-----	61.6	64.1
5	-----	86.8	87.9	-----	27.9	36.8	-----	67.8	58.1
X /epoca	237.9	136.7	127.3	99.7	52.6	53.1	58.1	62.2	58.5
D. estándar	28.9	41.2	56.0	11.7	19.1	24.8	0.8	3.5	3.6

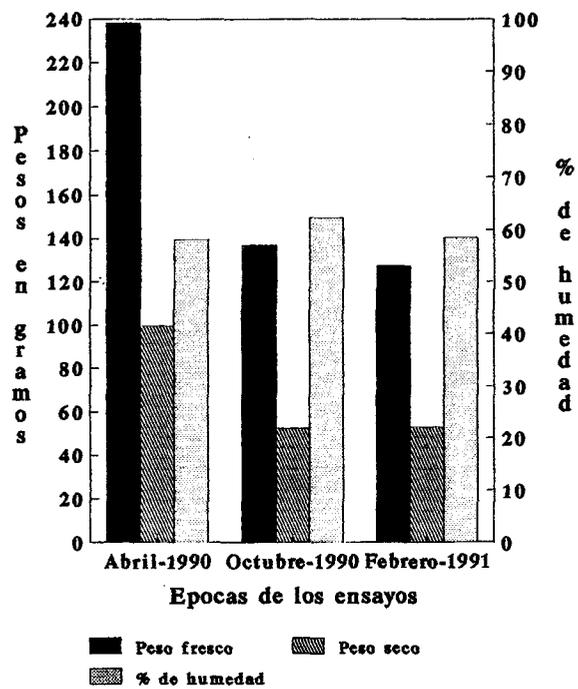


Fig. No. 17. Peso fresco y seco (g) y % de Humedad en estacas de *Tabebuia rosea* durante los ensayos

Análisis químicos de carbohidratos

Los valores promedios de las concentraciones de glucosa (mg l^{-1}) provenientes de la hidrólisis enzimática del almidón se presentan en el Cuadro No. 15 y Fig. No. 18.

El análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas entre las medias de las concentraciones de glucosa derivada del almidón y las diferentes épocas. Se hizo una prueba de Tukey para determinar entre cuáles medias existían diferencias (Apéndice No. 4.5).

La concentración de glucosa en mg l^{-1} obtenida de la hidrólisis del almidón en las estacas de febrero de 1991, fue la mayor con relación a las demás épocas (Fig. No. 18).

Hay diferencias significativas entre las épocas de octubre de 1990 y febrero de 1991, y no hubo diferencias significativas en la concentración de almidón entre abril y octubre de 1990, ni entre abril 90 y febrero de 1991 (Apéndice No. 4.5).

En abril de 1990, el árbol 2 tuvo la mayor concentración (824.7 mg l^{-1}) de glucosa derivada de la hidrólisis enzimática del almidón de las estacas, mientras que el árbol 1, fue el que tuvo menor concentración de glucosa (736.21 mg l^{-1}). En octubre de 1990, los árboles 1 y 5 fueron los que presentaron mayores concentraciones de glucosa obtenidas del almidón de las estacas con 834.3 y 859 mg l^{-1} respectivamente. En febrero de 1991 los árboles con mayores porcentajes de glucosa fueron los árboles 3 y 5 con

Cuadro No. 15. Promedios de las concentraciones de glucosa (mg l^{-1}) derivada del almidón en las estacas, según el árbol de procedencia y la época de colecta.

EPOCA DEL AÑO			
ARBOL	ABRIL-90	OCTUBRE-90	FEBRERO-91
1	736.21 \pm 119.79	834.28 \pm 344.85	829.09 \pm 61.50
2	930.49 \pm 247.06	666.05 \pm 320.82	943.26 \pm 169.79
3	824.68 \pm 130.32	762.70 \pm 236.47	1126.26 \pm 373.25
4	-----	612.80 \pm 207.46	879.23 \pm 68.56
5	-----	858.96 \pm 198.12	1091.69 \pm 147.74
-			
x	830.46 \pm 97.27	746.96 \pm 106.02	973.91 \pm 130.34

Nota: Cada valor representa el promedio \pm desv. estándar

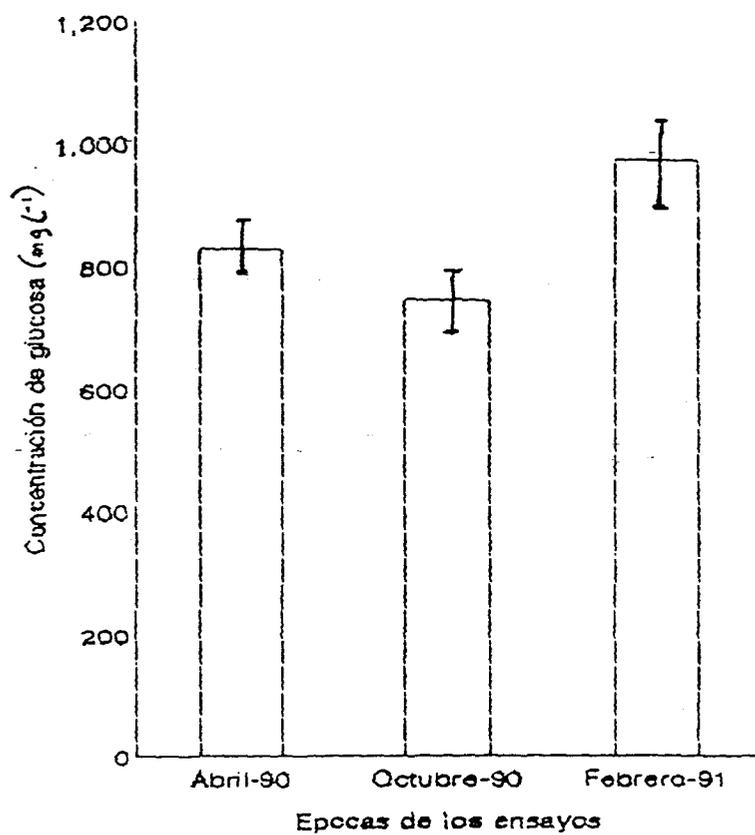


Fig. No. 18. Promedios de las concentraciones de Glucosa en mg/l durante las épocas de los cortes.
[: Desviación estándar

1126.3 y 1091.7 mg l^{-1} de glucosa, respectivamente (Cuadro No. 15).

Precipitación y temperatura en Ciudad Colón.

Según los registros del Boletín Meteorológico #2 (SENARA, 1992), y de la Finca San Luis, en el periodo de 1990 a 1991 hubo diferencias marcadas en la cantidad de lluvias entre la época lluviosa y seca. Así, de los meses de diciembre hasta abril (época seca), se registraron los valores menores de precipitación en Ciudad Colón, con un promedio mensual de 0.0 a 89.6 mm de lluvia, mientras que para los meses de mayo hasta noviembre (época lluviosa), se registraron valores promedios mensuales de 128.9 a 446.1 de mm de lluvia. Durante los meses de febrero y abril de 1990, se registraron aumentos casuales de las precipitaciones de 123.9 y 183 mm de agua respectivamente (Fig. No. 19, Apéndice No. 5.1).

Los registros de temperaturas promedios se obtuvieron para los meses de setiembre de 1988 a diciembre de 1991, y se presentan en el Apéndice No. 5.2 y la Fig. No. 20.

El promedio de la temperatura anual en la Finca San Luis, Ciudad Colón fue de 23.28 °C, la temperatura máxima promedio fue de 27.77 °C y la mínima promedio fué de 19.60 °C. Se registró una amplitud térmica de 8.21 °C entre la temperatura mínima y máxima (Fig. No. 20).

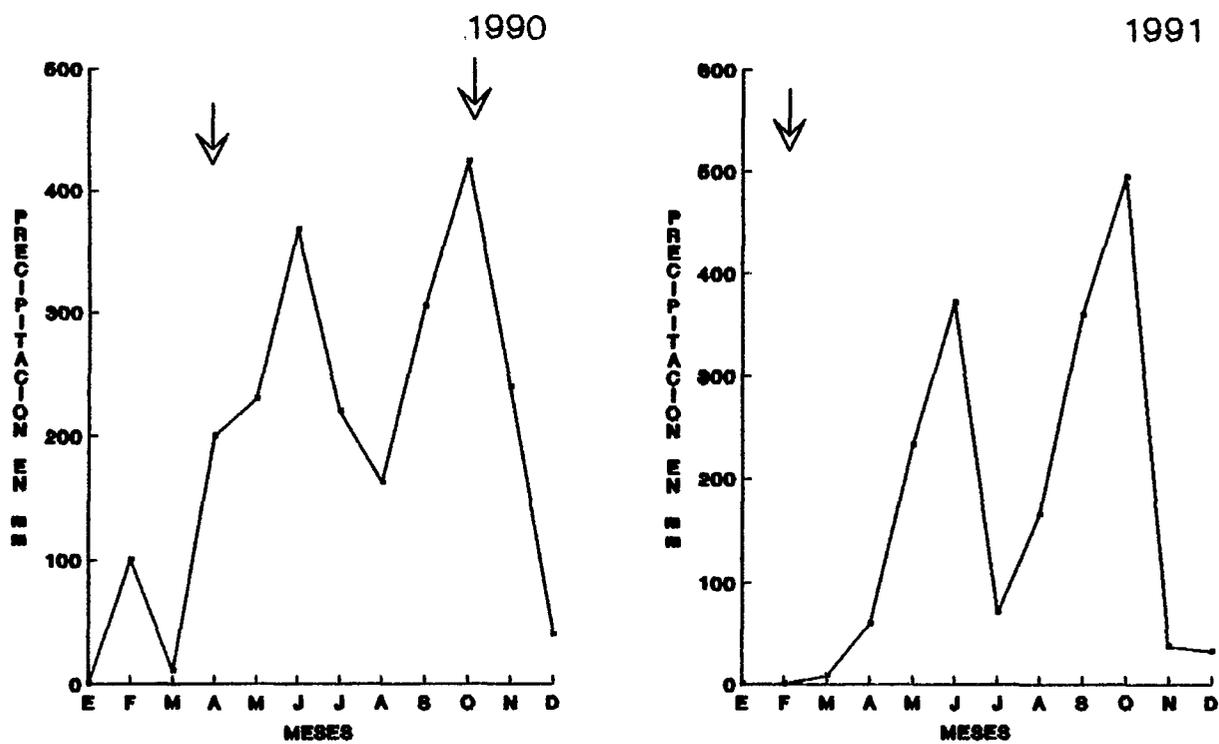


Fig. No. 19. Precipitación mensual promedio (mm) en la Finca San Luis, Ciudad Colón (1990-1991) Epoca de corte.

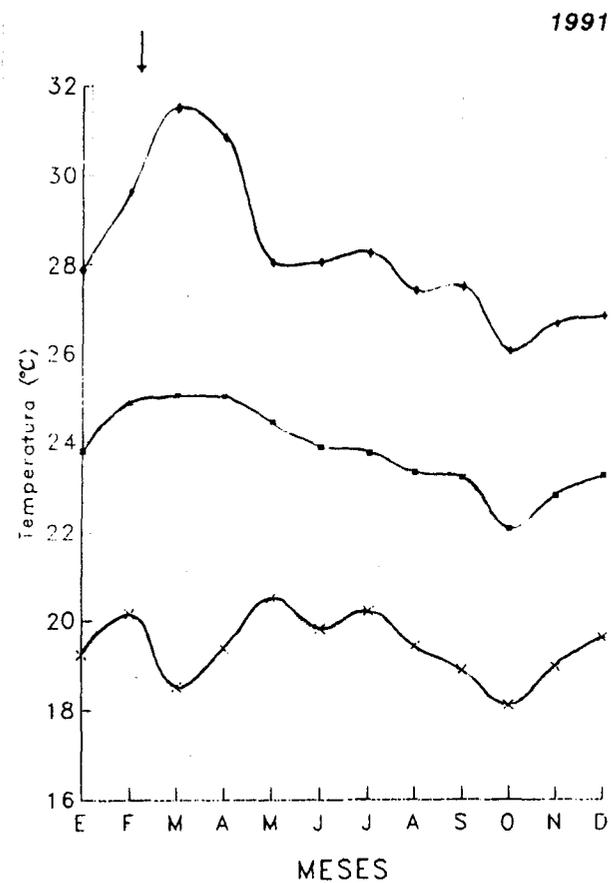
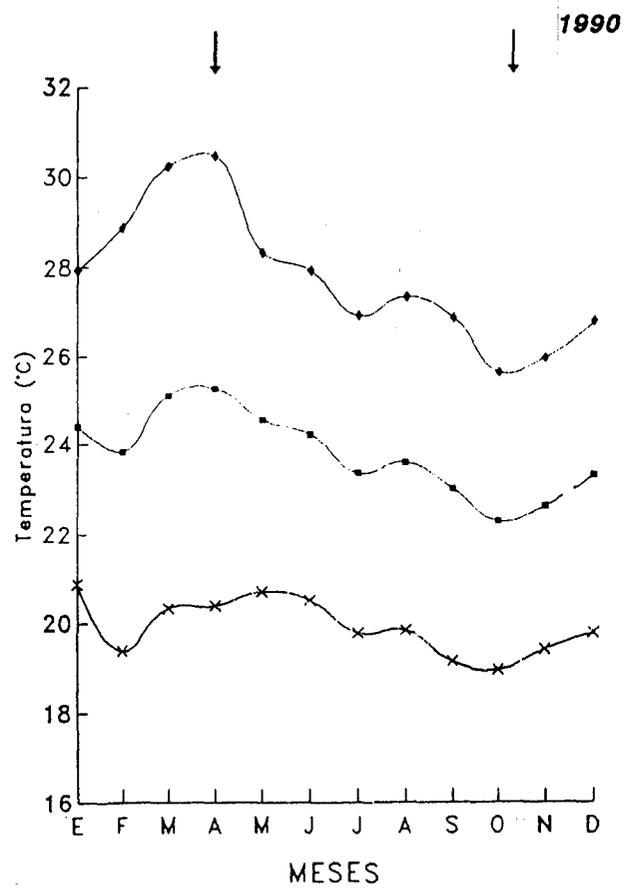


Fig. No. 20. Temperaturas mensuales promedio, mínima y máxima en Ciudad Colón (1990-1991). Fuente: Archivo del Dr. Luis Fournier O.
 ↓ : Épocas de cortes.

DISCUSION

Las fases fenológicas de los árboles tropicales se han considerado como reacciones a la acción de la temperatura, la precipitación y contenidos de humedad en el suelo. Según Borchert (1980), el estudio del control del desarrollo de los árboles tropicales debe progresar de observaciones generales de sus eventos fenológicos hacia un análisis más detallado, que permita enfoques con mayor resolución.

En el presente estudio se trató de establecer relaciones entre las características fenológicas y fisiológicas de las estacas de Tabebuia rosea.

Durante las diferentes etapas experimentales la primera manifestación fenológica observada en las estacas fue la formación de brotes con porcentajes en un ámbito desde un 6.9% a un 96% (Cuadros No. 5, 6 y 7).

En la época lluviosa (octubre de 1990) se observó a partir de los 20 d.d.s. una mayor proporción de estacas con brotes (96%) (Cuadro No. 6); mientras que, en la época seca (abril de 1990 y febrero de 1991) hubo menos del 20% de estacas con brotes (Cuadros No. 5 y 7).

Esta tendencia en las estacas de formar brotes aéreos inicialmente, se relaciona con la fenología de los árboles de procedencia, ya que en estudios realizados por Gómez (1984), se observó que el crecimiento vegetativo en árboles T. rosea era favorecido por los aumentos de temperatura

promedio y las precipitaciones, pero no por el exceso de lluvias.

Los cortes de las estacas en las diferentes épocas se hicieron en árboles que variaban en su fenología (Cuadro No. 2); así, durante el período de abril de 1990, los cortes coincidieron con la época en que se habían iniciado las lluvias en Ciudad Colón y era mayor la oscilación térmica (Figs. No. 19 y 20). En estas estacas se observaron porcentajes totales de brotes de 6.9 % a los 21 d.d.s. Es probable que los porcentajes de mayor humedad en el invernadero activaron la producción de brotes aéreos en las estacas.

Los porcentajes de estacas con brotes a los 20 d.d.s. en la época seca (4% a 34%) fueron menores con respecto a la época lluviosa (94% a 98%) (Fig. No. 6), tal vez por factores genéticos con seguimiento del patrón de fenología de la especie, o de acuerdo a las reservas de carbohidratos en las estacas, las cuales pueden variar según la temperatura, tasas de fotosíntesis y respiración, transporte y conversión de azúcares simples en compuestos estructurales (Eagles 1967) e influyen en muchos factores endógenos y exógenos de las plantas (Lewis 1984).

En general, la producción de brotes aéreos se inició primero y tuvo mayores porcentajes que la formación de callos debido a que las yemas son estructuras anatómicamente preformadas y presentes en las ramas, por lo tanto, son zonas de crecimiento y consumo que solo requieren un

estímulo para romper la latencia. Por otro lado, el callo no existe en la estaca, ya que requiere de etapas de desdiferenciación para formarse, e incluye procesos de naturaleza morfológica y fisiológica, que determinan la especialización celular y la diversidad histológica característica de las plantas superiores (Esau, 1972).

La diferenciación de los tejidos de la rama en raíces incluye señales coordinadoras del proceso de naturaleza endógena y exógena. Estas señales incluyen a los reguladores del crecimiento, metabolismo de órganos y células adyacentes, condiciones ambientales y factores nutritivos (Agami & Waisel, 1986; Esau, 1972; Stoking & Weier, 1979).

Los árboles 1 y 3 durante abril de 1990, se encontraban en etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo (Cuadro No. 2), con zonas en activo crecimiento (meristemas). Estas zonas de consumo tienen gran demanda de carbohidratos agua y minerales disponibles y restringen en mayor grado el crecimiento de otras zonas de consumo (Fogg, 1979, Jenner, 1982). Las cantidades de almidón presentes en el árbol 2 en abril de 1990 (Cuadro No. 15) fueron mayores (930.49 mg/l de glucosa) con respecto a los árboles 1 y 3. Esta mayor disponibilidad de reservas se manifiesta en un mayor porcentaje (53%) de estacas con brotes en el árbol 2 (Cuadro No.8)

En octubre de 1990, todos los árboles presentaban la misma etapa fenológica (Cuadro No. 2) y los resultados de los análisis de almidón en las estacas indicaron una menor

concentración promedio de carbohidratos en ésta época con 746.96 mg/l de glucosa derivada de la hidrólisis del almidón. Esto se debió probablemente al pico de brotación de setiembre - octubre en los árboles de *I. rosea* (Gómez 1984) o por movilización de reservas hacia las raíces para síntesis de nuevos compuestos o para procesos de respiración (Hansen & Grauslund 1973).

Los porcentajes de estacas con brotes, según los árboles en octubre de 1990 a los 36 d.d.s., fueron mayores (más del 94%) que los observados en abril de 1990 (Cuadros No. 5 y 6). Esto probablemente se debe a que en las estacas se da continuidad a un patrón fenológico determinado por factores genéticos o ambientales propios de los árboles parentales.

En febrero de 1991, al momento del corte, los árboles 1 y 3 presentaban floración y brotes vegetativos nuevos (Cuadro No. 2); mientras que en los árboles 2, 4 y 5 el nuevo follaje estaba presente. Sin embargo, se determinaron altos niveles de carbohidratos de reserva en las estacas de esta época, tal vez, porque se realiza una acumulación a finales de la época lluviosa e inicios de la estación seca para satisfacer la demanda de carbohidratos ocasionadas por los procesos de floración y fructificación.

Los contenidos de carbohidratos de reservas en los árboles de febrero de 1991 fueron mayores (más de 829.09 mg/l de glucosa) con respecto a las demás épocas (Cuadro No. 15). Estos se relacionan con un mayor porcentaje de estacas

con brotes, en un ámbito de 48% a 100% (Cuadro No.7); además, se observó que el árbol 1 con menor contenido de reservas fue el que presentó el menor porcentaje de estacas con brotes.

Según Larcher (1977) las variaciones estacionales en los contenidos de carbohidratos caracterizan a muchas plantas leñosas. Estas variaciones se deben a la variabilidad entre especies en relación a sus demandas de alimentos para su crecimiento vegetativo y reproductivo.

Los árboles con fases intermitentes de formación de brotes, invierten pequeñas cantidades de carbohidratos por lo que usualmente presentan puntos máximos y mínimos de reservas. Según Kramer y Kozlowski (1979), en las zonas templadas, estas reservas disminuyen en el inicio de la primavera hasta inicios del verano, aumentan en el otoño y disminuyen ligeramente en el invierno.

En *I. rosea* se manifiesta una variación estacional en los contenidos de carbohidratos de reservas en el vástago, con aumentos en la época seca y disminución en la época lluviosa, según resultados del presente trabajo. Estas variaciones son ocasionadas, tal vez, por una gran demanda de reservas de sus períodos de floración, fructificación y crecimiento vegetativo en la época seca o tal vez por transporte de fotoasimilados hacia los sistemas radicales en la época lluviosa para procesos de biosíntesis.

En las pruebas estadísticas no se encontraron diferencias significativas entre formación de brotes y las

zonas en los árboles, ni con las dosis de Acido Indol Butírico utilizados.

Las estacas fueron tratadas con dosis de AIB para estimular la formación de callos. Los primeros callos se observaron en mayor proporción en las estacas tratadas con las dosis de 2000 mg/l de AIB durante las tres épocas (Cuadros No. 8, 9 y 10). Esto confirma el efecto del Acido Indol Butírico en la expansión y proliferación celular de la corteza, floema y cambium (Gema et al. 1983) . Sin embargo, las estacas testigos presentaron en las tres épocas de los 42 a 57 d.d.s., porcentajes de callos con ámbitos desde 35% a 76 % (Cuadros No. 8, 9 y 10). Esto puede indicar que existen suficientes factores endógenos del enraizamiento en las estacas de Tabebuia rosea para estimular la formación de callos.

Los porcentajes de estacas con callos sanos en las estacas testigos y las dosis de 1000 y 2000 mg/l de AIB fueron mayores del 48.6% en las tres épocas (Fig. No. 11), lo que significa que, probablemente, los porcentajes de necrosis en los callos se relacionan con otros factores exógenos como fueron la presencia de hongos y el manejo de las estacas en el invernadero.

En cuanto a las dosis, el mayor número de callos sanos se observó en las estacas testigos. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las zonas del árbol ni las dosis de AIB utilizadas y las frecuencias de estacas con callos (Apénice No. 4.2).

En esta época (abril de 1990) las estacas tratadas con dosis de 1000 mg/l de AIB presentaron mayores porcentajes de mortalidad, mientras que las estacas testigos fueron las que sobrevivieron más.

En abril de 1990 el mayor porcentaje de estacas con callos del árbol 2 (Cuadro No. 8) se relaciona con su mayor contenido de carbohidratos de reservas (Cuadro No. 15). Así mismo, en octubre de 1990 el árbol 5 presentó el mayor contenido de carbohidratos de reservas y también presentó el mayor porcentaje de estacas con callos (Cuadros No. 9 y 15). Esto indica que existe un efecto positivo de los carbohidratos de reserva sobre los porcentajes de estacas con callos.

En febrero de 1991 se observó mayor proporción de estacas con callos según los árboles (Cuadro No. 10) con respecto a abril y octubre de 1990 (Cuadros No. 8 y 9). Los mayores porcentajes de estacas con callos en febrero 91, probablemente se relaciona con la variación estacional de carbohidratos de reservas, la cual fue mayor en febrero de 1991 (Cuadro No. 15).

Por otro lado, a pesar de las reservas de carbohidratos presentes en las estacas y de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento, fueron pocas las estacas que formaron raíces. Es posible que la poca formación de raíces en las estacas, estén relacionadas con un probable agotamiento de reservas de carbohidratos.

Las concentraciones promedios de carbohidratos de

reserva en las estacas de la época de octubre de 1990 fueron menores (Cuadro No. 15), a pesar de que todos los árboles tenían follaje completo. Sin embargo, según Kramer & Kozlowski (1979), los árboles con mayor follaje poseen mayores concentraciones de reservas que los desfoliados. Esta disminución de carbohidratos se podría manifestar en una baja proporción de estacas con callos; sin embargo, los porcentajes de estacas con callos aumentaron de abril-90 a octubre-90 lo que significa que tal vez existen otros factores presentes en el árbol que favorecen la formación de callos o que las estacas siguen un patrón fenológico determinado por factores genéticos de los árboles. Por otro lado en febrero-91 (Fig. No. 9) estos porcentajes de estacas con callos fueron mayores que en ambas épocas, lo cual se relaciona con los altos contenidos de carbohidratos de reservas en las estacas.

Por otro lado, se estima que la presencia de hojas en las estacas favorece la formación de raíces, porque las raíces dependen de los vástagos para el suministro de carbohidratos necesarios para su desarrollo y posiblemente de vitaminas u otras sustancias de crecimiento (Fogg 1979); sin embargo, en las estacas con hojas se observó marchitez y muerte después de los 85 d.d.s. debidos probablemente al agotamiento de los carbohidratos endógenos y a la falta de formación de un sistema radical funcional.

Es probable que la causa de aumentos en la mortalidad de las estacas sea el agotamiento de las reservas de

carbohidratos en los tejidos de la estaca, pues al desarrollarse la zona de consumo aérea, de manera rápida, provoca gran demanda de nutrimentos (Fig. No. 6). Además, las hojas en formación son zonas de consumo, hasta que alcancen más del 50% del tamaño final, después del cual se convierten en un órgano exportador, que debe satisfacer sus propias demandas y las de los tejidos adyacentes para luego enviar carbohidratos a las otras zonas de consumo.

Otra posible causa de agotamiento de reservas probablemente fue la longitud y el diámetro de las estacas utilizadas (30 cm y menores de 6 cm respectivamente). Tal vez, este tamaño no era suficiente para satisfacer todo el mantenimiento y crecimiento de las estaca por un lapso de tiempo de más de 85 días después de siembra, período en que se inician los problemas de mortalidad en las estacas. Lo cual está de acuerdo con García (1974), quien obtuvo 99.7% de mortalidad, en estacas de I. rosea con diámetros menores de 2.0cm que provenían de un árbol de 15 años.

Según Cheffins & Howard (1982) en estacas que producen callos y las que no los producen existe una pérdida similar de carbohidratos de los tejidos cercanos a la base de las estacas debidas a la respiración, de modo que las diferencias en los carbohidratos no se pueden considerar para explicar su enraizamiento.

Otra probable causa de la falta de diferenciación de los callos en raíces pudo ser la presencia de algún regulador y/o inhibidor endógeno del crecimiento, ya que en

estudios con estacas de manzanos Malus sp. se ha encontrado que existe un factor endógeno del enraizamiento en los vástagos durante el enraizamiento que actúa sinérgicamente con el IBA, pero esta ausente o en bajas cantidades en periodos de poco o ningún enraizamiento (Bassuk & Howard, 1981).

Una evidencia de la presencia de reguladores endógenos inhibidores en los vástagos de I. rosea se presentan en los estudios realizados por Gómez (1984), según los cuales, en noviembre y diciembre se registran bajas concentraciones de ABA (6.76 y 17.3 ng/g de peso fresco) en hojas de I. rosea, mientras que en febrero y marzo estas concentraciones son altas (1010 y 7790 ng/g de peso fresco). Así mismo, la concentración de giberelinas en I. rosea alcanzan sus mayores niveles de noviembre a diciembre, contrario a lo que ocurre con el ABA (Gómez, 1984). Ambos reguladores son inhibidores del enraizamiento (Kramer & Kozlowski 1979), y pueden actuar en bajas concentraciones sinérgicamente con reguladores que promueven el enraizamiento (Torrey 1976).

Pero este sinérgismo está limitado por las concentraciones. Así, se ha encontrado que el ABA en bajas concentraciones (1 a 100 ug/ml) promueve el enraizamiento, pero a concentraciones mayores es un fuerte inhibidor del enraizamiento (Chin et al., 1969), ya que inhibe la acumulación de iones en las raíces y el crecimiento radical (Torrey 1976).

Otro factor que alteró los contenidos de reservas en

las estacas lo fue el contenido de humedad. En las estacas de I. rosea, los porcentajes de humedad promedio para las diferentes épocas fueron 58.1% en abril- 90 , 62.2% en octubre-90 y 58.5% en febrero de 1991 (Cuadro No. 14). Estos porcentajes difieren con los registrados por Gómez (1984), según los cuales en octubre y noviembre los contenidos de humedad en el tallo de I. rosea oscilan de 64 a 68%, mientras que en febrero y abril oscilan de 39 a 43%. Las diferencias en estos porcentajes se deben a la metodología utilizada en la obtención de los pesos secos y porcentajes de humedad, ya que se consideraron las estacas enteras y no muestras de peso fijo, para la determinación de pesos frescos y porcentajes de humedad. El contenido de humedad en hojas y ramas decrece en el verano y provoca aumentos en el contenido de ABA y la caída del follaje para reducir la transpiración. Según Kramer y Kozlowski (1979), las regiones en crecimiento de un árbol tienen altos contenidos de humedad que disminuyen al final de la estación de crecimiento con aumentos en el contenido de materia seca.

No obstante, hubo altos porcentajes de humedad en abril de 1990 que se debieron probablemente a las lluvias casuales de los meses de febrero de 1990 y abril de 1990 (Apéndice No. 5.1). Este fenómeno sólo se ha registrado en febrero de 1983 con 183.3 mm y en 1986 con 142.8 mm de lluvia (SENARA, 1992). Este cambio ambiental, explica, probablemente el aspecto fenológico de los árboles y el mayor peso fresco de las estacas para la época (Cuadro No. 14).

En las estacas se aplicó regularmente abono foliar, y soluciones nutritivas para tratar de satisfacer la demanda de minerales por las dos zonas de consumo en diferenciación. Además, se les añadieron fungicidas sistémicos orgánicos con azufre como el Ferbam, y el benzimidazol o Benomyl, con el propósito de disminuir la incidencia de infecciones por hongos. Estos compuestos pueden inhibir la síntesis de paredes celulares en las células del hongo, de igual manera como actúan disolviendo las membranas celulares de los hongos, o pueden alterar el metabolismo celular al formar complejos con coenzimas y precipitar proteínas Agrios (1989). Estos compuestos, pueden actuar sobre las células vegetales y provocar mutaciones o alterar los potenciales osmóticos, o provocar fitotoxicidad por azufre, cobre o hierro, lo cual alteraría la síntesis proteica y envenenaría a las células de las estacas e inhibiría el enraizamiento de las estacas (Sarasola & Rocca 1975, Agrios 1989).

Las pruebas estadísticas indican que hay diferencias en un factor marcado de variabilidad dado por el tipo de árbol, lo cual es un reflejo de la variación en los contenidos de almidón, y de las características intrínsecas de cada árbol.

CONCLUSIONES

- 1.- En general, aparece una mayor proporción de brotes que de callos en épocas tempranas.
- 2.- El estado fenológico tiene efectos directos sobre el comportamiento de las estacas según la época de corte.
- 3.- Los mayores niveles de concentración de carbohidratos favorecen la formación de brotes y callos.
- 4.- El tratamiento con Acido Indol Butírico en las dosis utilizadas no tuvo efectos con diferencias significativas entre las estacas.
- 5.- Las probables causas de la no diferenciación de los callos en raíces son:
 - a.- agotamiento de reservas en las estacas.
 - b.- diferencias cronológicas entre la formación de vástagos y la diferenciación del callo.
 - c.- presencia de reguladores o inhibidores del crecimiento vegetal endógenos como el ABA o el AG₃.
 - d.- Fitotoxicidad por dosis de fungicidas constantes.
- 6.- La sobrevivencia de los callos varía de acuerdo con los contenidos de reserva.
- 7.- No hay diferencias entre estacas según procedencia de zonas del árbol en relación a los porcentajes de brotes y callos en las estacas.

BIBLIOGRAFIA.

- Agami, M. & Y. Waisel. 1986. the ecophysiology of roots of submerged vascular plants. *Physiol. Veg.* 1986. 5: 607-624.
- Agrios, G. N. 1989. *Fitopatología*. Editorial LIMUSA. México pp. 156-169.
- Allen, P.H. 1956. *The rainforests of Golfo Dulce*. University of Florida Press, Gainesville, Florida, U.S.A. 417p.
- Araya C., E. 1983. *Fenología de 12 especies frutales en el bosque premontano húmedo*. Tesis. Esc. de Fitotecnia, Fac. de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 50 p.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. *Official Methods of Analysis*. 14th edition. Association of Official Analytical Chemists. Edited by Sidney Williams. Virginia, U.S.A. 1141 p.
- Barceló, J., G. Nicolás, B. Sabater & T.R. Sánchez. 1980. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide S.A. España. 750 p.
- Bassuk, N.L. & B.H. Howard. 1981. A positive correlation between endogenous root-inducing cofactor activity in vacuum-extracted sap and seasonal changes in rooting of M.26 winter apple cuttings. *J. Hort. Sci.* 56(4):301-312.

- Beakbane, A. B. 1961. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. *Nature*. 192:954-955.
- Bhella, H.S. & A.N. Roberts. 1975. Seasonal changes in origin and rate of development of root initials in Douglas-fir stem cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(6): 643-646.
- Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical tree: *Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. *Ecology* 61 (5):1065-1074.
- Boza L., M.A. 1966. Estudio sobre la viabilidad de seis especies forestales del bosque tropical húmedo. Tesis. Ing. Agronómica, Fac. Agron. Universidad de Costa Rica. 153 p.
- Burstrom, H. 1954. Physiology of root growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 4:237-252.
- Cameron, R. J. & G. V. Thomson. 1969. the vegetative propagation of *Pinus radiata*: root initiation in cuttings. *Bot. Gaz.* 130(4):242-251.
- Cañadas C., L.E. 1963. Comportamiento de pseudoestacas de cinco especies maderables variando dosel y época de plantación. *Turrialba* 13(4):233-235
- Cuculiza, P.J. 1955. Propagación de Plantas. Talleres Gráficos Villanueva. Lima, Perú. 280 p.
- Chandra, G.R. , J.F. Worley, L.E. Gregory & H.D. Clark. 1973. Effect of 6-benzyladenine on the initiation of adventitious roots on mung bean hypocotyl. *Plant and Cell Physiology* 14: 1209 - 1212.

- Chaves S., E. & O. Chinchilla. 1988. Especies nativas aptas para la reforestación. Guía Agropecuaria de Costa Rica. 6(12): 29-32
- Cheffins, N. J. & B. H. Howard. 1982. Carbohydrate changes in leafless winter apple cuttings. I. The influence of level and duration of bottom heat. II. Effects of ambient air temperature during rooting. J. Hort. Sci. 57(1)1-15.
- Chin, T., M. M. Meyer & L. Beevers. 1969. Absciscic acid stimulated rooting of stem cuttings. Planta (Berl.) 88:192-196.
- Davies, F.T., J.E. Lazarte & J.N.Joiner. 1982. Initiation and development of roots in juvenile and mature leaf bud cuttings of Ficus pumila L. Amer. Journal of Bot. 69: 804-811.
- Dirección General Forestal-PNUD-FAO. 1985. Proyecto de Apoyo a la ejecución de los programas forestales prioritarios DGF-PNUD-FAO COS/79/001. Documento de trabajo No.19. Selección de árboles semilleros y recolección, procesamiento, clasificación y almacenamiento de semilla. Componente de Investigación Técnica. San José, Costa Rica. 67 p.
- Dirección De Estudios Básicos. Departamento de Hidrología. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento.(SENARA) 1992. Boletín Meteorológico No. 2. San José Costa Rica. 34 p.

- Eagles, C.F. 1967. Variation in the soluble carbohydrate content of climatic races of Dactyloctenium aegyptium (Cocksfoot) at different temperatures. Ann. Bot. 31 (124) : 643-651.
- Esau, K. 1972. Plant anatomy. 2nd. ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, U. S. A. 514 p.
- Espinoza C., M. & R. Butterfield. 1989. Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. D.G.F.- O.E.T. Documento de trabajo de IUFRO S1.07-09, reunión sobre manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Guatemala. 45 p.
- FAO-ITCO. 1967. Proyecto de desarrollo forestal de zonas selectas. Informe técnico del proyecto. Instituto de Tierras y Colonización. San José, Costa Rica. 250 p.
- Flores, J.G. 1985. Diagnóstico del sector industrial forestal. Editorial Universidad Estatal a Distancia. UNED/PEA, FPN, Tin Ker. San José, Costa Rica. 70 p.
- Fogg, G. E. 1979. El crecimiento de las plantas. Tercera edición. EUDEBA. Argentina. 327 p.
- Fournier, L. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el Roble de Sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L) Hemsl. Rev. Biol. Trop. 15 (2):259-267.
- Fournier, L. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba 24(4): 422-423.

- Fournier, L. 1976a. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Turrialba 26 (1): 54-59.
- Fournier, L.A. 1976b. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba 26(1): 96-97.
- Fournier, L.A. 1985. El sector forestal de Costa Rica antecedentes y perspectivas. Rev. Agron. Costarr. 9(2): 253-260.
- Fournier, L.A. & C. Charpentier. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba 25 (1): 45-48.
- Fournier L. & M. Herrera de Fournier. 1983. Una década de observaciones fenológicas en café (Coffea arabica L.) en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 31(2):307-310.
- Fournier, L. & S. Salas. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. Rev. Biol. Trop. 14(1): 75-85.
- Frankie, G., H.G. Baker & P.A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 62: 881-919.
- García V., V.J. 1974. Enraizamiento de estacas, de seis especies forestales, con tres niveles de Acido Indolbutírico. Tesis de Maestría. Agr., Turrialba, Costa Rica. IICA-CATIE. 97 p.

- Gemma, H., K. Fujimaki & M. Ishida. 1983. Anatomical studies on initiation and development of roots in wild peach stem cuttings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52(3): 256-265.
- Geneve, R.L., W. P. Hackett & B.T. Swanson. 1988. Adventitious root initiation in De-bladed petioles from the Juvenile and Mature phases of English Ivy. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(4): 630 - 635.
- Ginzburg, Ch. 1967. Organization of the adventitious root apex in Tamarix aphylla. Am. J. Bot. 54(1):4-8.
- Gómez F., P. 1984. Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de Tabebuia rosea (Bertol) D.C., Roble de Sabana en el Valle Central de Costa Rica. Tesis de Maestría en Biología. SEP - Universidad de Costa Rica. 55 p.
- Guevara H., U. 1977. Pruebas de propagación vegetativa en seis especies frutales de interés en Costa Rica. Tesis. Escuela de Fitotecnia. Universidad de Costa Rica. 82 p.
- Hansen, P. & J. Grauslund. 1973. ¹⁴C-Studies on apple trees. VIII. The seasonal variation and nature of reserves. Physiol. Plant. 28: 24-32.
- Hartmann, H. T. & D. E. Kester. 1989. Propagación de plantas. Tercera Ed. Compañía Editorial Continental S. A. México. 760 p.
- Hoagland, D. R. & D. I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agr. Exp. Stat., Berkeley, U.S.A. Circular 347.

- Holdridge, L. R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- Hubbell, S.P. & R. B. Foster. 1987. La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. Rev. Biol. Trop. 35 (Supl. 1):7-22.
- Hunter, J.R. 1987. Reforestation with Bombacopsis quinatum (Jacq.) Dugand. (Bombacaceae) in Costa Rica by means of vegetative reproduction. Rev. Biol. Trop. 35(2):195-201.
- Kaufman, C.M. 1959. Como pueden mejorarse los árboles forestales. Hacienda 54 (7): 36-38.
- Kramer, P.J. & T. T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, Inc. U.S.A. 811 p.
- Lamb, A. F. A. 1955. Forestry on Private states. J. Agric. Society of Trinidad and Tobago 55(2): 169-183.
- Larcher, W. 1983. Physiological Plant Ecology. Springer - Verlag Berlin . Heidelberg. Germany. 303 p.
- León, R.E. 1965. Estudio de algunas especies forestales tropicales con especial atención a su comportamiento en el vivero. Tesis. CATIE-IICA. 177 p.
- Lewis, D.H. 1984. Storage carbohydrates in vascular plants. Cambridge University Press. New York. U.S.A. 284 p.
- Lozano J., O.R. 1962. Postes vivos para cercas. Tesis Maestría Agr. Turrialba, Costa Rica. IICA. 75 p.

- Mitsuhashi, M., H. Shibaoka & M. Shimokoriyama. 1978.
Anatomical and physiological aspects of development
process of adventitious root formation. *Plant & Cell
Phys.* 19(3):393-400.
- Murashige, T. 1974. Plant propagation through tissue
cultures. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 25:135-166.
- NG, F. S. P. 1984. Plant phenology in the humid tropics.
Malaysia. Forest Research Institute Kepong. The
Forestry Department Peninsular Malaysia Jalan Mahameru,
Kuala Lumpur. Research Pamphlet No. 96. 60 p.
- Opler, P.A., G.W. Frankie and H.G. Baker. 1980. Comparative
phenological studies of treelet and shrub species in
tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa
Rica. *J. Ecol.* 68:167-188.
- Ortiz, R. 1976. Estructura, composición florística,
fisonomía y comportamiento fenológico de un bosque
pluvial de premontano. Tesis de Licenciatura en
Biología. San Pedro de Montes de Oca. Universidad de
Costa Rica. 110 p.
- Ortiz, R. & L.A. Fournier. 1983. Comportamiento fenológico
de un bosque pluvial de premontano en Cataratitas de
San Ramón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31(1):69-74.
- Perea, M. & W. Navarro. 1988. Técnicas in vitro para la
producción y mejoramiento de las plantas. Univ.
Nacional. CONICIT. Costa Rica. 105 p.

- Quijada, M. 1980. Algunos aspectos de la problemática del mejoramiento genético con latifoliadas nativas de Venezuela. In: Mejora Genética de Arboles Forestales. Estudio FAO: Montes 20. Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de los árboles forestales. Merida, Venezuela. Enero-Febrero 1980. FAO. Roma. 341 p.
- Record, S.J. & R. W. Hess. 1943. Timbers of the New World. New Haven, Yale University Press. U.S.A. 640 P..
- Reich, P. and R. Borchert. 1982. Phenology and ecophysiology of tropical tree Tabebuia neochrysantha (Bignoniaceae). Ecology 63 (2):294-299.
- Reich, P. B. & R. Borchert. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 72:61-74.
- Reich, P.B. & R. Borchert. 1988. Changes with leaf age in function and water status of several Tropical tree species. Biotropica 20(1): 60-69.
- Sarasola, A.A. & M. A. Rocca. 1975. Fitopatología. Curso Moderno. Editorial Trillas . Argentina. 222 p.
- Smith, D. R. & T. A. Thorpe. 1975. Root initiation in cuttings of Pinus radiata seedlings. II. Growth Regulators interactions. J. Exp. Bot. 26:193-202.
- Standley, P., L. Williams & N. G. Gibson. 1974. Flora of Guatemala. 24 (3,4): 153.

- Slooten, H.J. van der & P. Martínez. 1959. Descripción y propiedades de algunas maderas venezolanas. Instituto Forestal Latinoamericano. 122 p.
- Torrey, J. C. 1976. Root hormones and plant growth. Ann. Rev. Plant Phys. 27: 435-459.
- Vastey, J. de . 1962. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Maestría. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA. 67 p..
- Weier, T. E., C. R. Stoking & M. G. Barbour. 1979. Botánica. 5a. Edición. Editorial LIMUSA. México. 741 p.
- Woodson, R.E. & R. W. Schery. 1973. Flora of Panama. Part IX. Family 172. Ann. Miss. Bot. Gden. 60:781-977.
- Zanoni M., C.A. 1975. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Tesis Maestría. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 100 p.

APENDICES

APENDICE No. 1. FRECUENCIAS DE ESTACAS CON BROTES

Apéndice No. 1.1. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Abril 1990).

d.d.s.	total		total de estacas		estacas con brotes aéreos según:							
	estacas		sin	con	zonas		dosis de AIB (mg l^{-1})			árboles		
	vivas	muertas	brotes	brotes	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃
0	189	0	189	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	189	0	176	13	4	9	3	5	5	0	1	12
55	101	88	37	64	32	32	16	18	30	5	22	37
85	68	121	0	68	39	29	27	17	24	7	41	20

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico ($n \times 10^3 \text{ mg l}^{-1}$)

Apéndice No. 1.2. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Octubre 1990).

d.d.s.	total vivas	total de estacas		estacas con brotes aéreos según:									
		-----		-----		-----			-----				
		estacas sin brotes	con brotes	zonas		dosis de AIB (ngl^{-1})			árboles				
			Z_1	Z_2	d_0	d_1	d_2	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	
0	379	379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	379	15	364	176	188	112	123	129	85	103	67	53	56
36	379	15	364	176	188	112	123	129	85	103	67	53	56
73	300	0	300	145	155	92	94	114	77	52	64	53	54
85	185	0	185	69	116	57	47	81	58	19	23	43	42

Z_1 = zona inferior del árbol Z_2 = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico ($n \times 10^3 \text{ ngl}^{-1}$)

Apéndice No. 1.3. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con brotes (Febrero 1991).

d.d.s. total		total de estacas		estacas con brotes aéreos según:										
estacas		-----		-----		dosis de AIB (mg l ⁻¹)			árboles					
vivas	muertas	sin brotes	con brotes	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	
0	77	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	77	0	62	15	6	9	4	5	6	2	2	4	3	4
28	77	0	42	35	21	14	10	14	11	5	8	4	10	8
42	59	18	0	59	34	25	20	19	20	12	11	8	14	14

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico (n x 10³ mg l⁻¹)

APENDICE No.2. FRECUENCIAS DE ESTACAS CON CALLOS.

Apéndice No. 2.1. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con callos (Abril 1990).

d.d.s.	total estacas vivas	<u>total de estacas</u>		<u>estacas con callos según:</u>								
		sin callos	con callos	<u>zonas</u>		<u>dosis de AIB (mg l⁻¹)</u>			<u>árboles</u>			
				Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	
0	189	189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	189	184	5	4	1	0	2	3	1	1	3	
57	101	43	58	32	26	23	12	23	6	40	12	
85	68	43	25	14	11	10	6	9	3	14	8	
92	4	0	4	2	2	2	1	1	1	3	0	

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butirico (n x 10⁵ mg l⁻¹)

Apéndice No. 2.2. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con callos (Octubre 1998).

d.d.s.	total estacas vivas	<u>total de estacas</u>		<u>estacas con callos según:</u>									
		sin callos	con callos	<u>zonas</u>		<u>dosis de AIB (mg l⁻¹)</u>			<u>árboles</u>				
				Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
0	379	379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	379	331	48	31	17	16	19	13	12	13	1	12	10
43	379	143	236	113	123	74	88	74	68	67	25	48	44
85	185	87	98	48	50	47	25	26	34	15	20	16	13

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico (n x 10³ mg l⁻¹)

Apéndice No. 2.3. Frecuencias de estacas de *Tabebuia rosea* con callos. (Febrero 1991).

d.d.s.	total estacas vivas	<u>total de estacas</u>		<u>estacas con callos según:</u>									
		sin callos	con callos	<u>zonas</u>		<u>dosis de AIB (mg l^{-1})</u>			<u>árboles</u>				
				Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
0	77	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	77	74	3	1	2	0	1	2	2	0	0	0	1
42	77	9	68	45	23	19	24	25	19	10	10	14	15

Z₁ = zona inferior del árbol Z₂ = zona superior del árbol

d_n = dosis de Acido Indol Butírico ($n \times 10^5 \text{ mg l}^{-1}$)

APENDICE No.3. FRECUENCIAS DE DIFERENTES TIPOS DE CALLOS

Apéndice No. 3.1. Frecuencias de estacas de *T. rosea* con callos a los 57 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Abril de 1990).

	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃
sin callo	70	61	42	50	39	36	35	60
con callo	32	26	23	12	23	6	40	12
sanos	23	20	23	8	12	5	29	9
semin	6	1	0	3	4	0	6	1
necrt	3	5	0	1	7	1	5	2

d_n = dosis de AIB (n 10³ mg l⁻¹). semin = seminecrótico
A_n = árboles. necrt = necrótico
Z_n = zonas

Apéndice No. 3.2. Frecuencias estacas con callos de *I. rosea* a los 43 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Ácido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles (Octubre de 1990).

	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
sin callo	66	77	43	41	59	28	42	43	16	14
con callo	113	123	74	88	74	60	67	25	40	44
sanos	70	67	36	58	43	30	43	6	27	31
semin	39	45	31	25	28	27	18	17	11	11
necrt	4	11	7	5	3	3	6	2	2	2

d_n = dosis de AIB ($n \cdot 10^3 \text{ mg l}^{-1}$). semin = seminecrótico
A_n = árboles. necrt = necrótico
Z_n = zonas

Apéndice No. 3.3. Frecuencias de estacas de *I. rosea* con callos a los 42 días después de siembra (d.d.s.), según la zona en el árbol, dosis de Acido Indol Butírico en mg l^{-1} y árboles utilizados (Febrero de 1991).

	Z ₁	Z ₂	d ₀	d ₁	d ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
sin callo	5	4	6	2	1	6	1	2	0	0
con callo	45	23	19	24	25	19	10	10	14	15
sanos	23	13	7	13	16	1	9	3	8	15
semin	6	8	7	4	3	5	1	2	6	0
necrt	16	2	5	7	6	13	0	5	0	0

d_n = dosis de AIB (n 10³ mg l⁻¹).
 A_n = árboles.
 Z_n = zonas

semin = seminecrótico
 necrt = necrótico

APENDICE No. 4. PRUEBAS ESTADISTICAS

Apéndice No. 4.1. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de brotes aéreos en las estacas de Tabebuia rosea según las zonas, dosis y árboles, en los ensayos de abril-90, octubre-90 y febrero-91.

Variable	Epoca	X ² calc.	G1	P
zonas	Abr-90	3.22	2	0.199
zonas	Oct-90	7.69	3	0.053
zonas	Feb-91	1.85	2	0.397
dosis	Abr-90	4.36 [*]	4	0.320
dosis	Oct-90	6.09	6	0.413
dosis	Feb-91	0.94	4	0.919
árboles	Abr-90	22.33 **	4	0.0002
árboles	Oct-90	46.8 **	12	0.000
árboles	Feb-91	3.08 [*]	8	0.910

X² calc. = Chi calculada

^{*} = Prueba G

G1 = grados de libertad

P = Probabilidad

** = diferencia altamente significativa

Apéndice No. 4.2. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de Tabebuia rosea con o sin callos según las zonas, dosis y árboles (abril-90, octubre-90 y febrero-91).

Variable	Epoca	χ^2 calc.	G1	P
zonas	Abr-90	4.88	1	0.825
zonas	Oct-90	0.11	1	0.744
zonas	Feb-91	0.38 *	2	0.530
dosis	Abr-90	5.62 *	2	0.060
dosis	Oct-90	4.48	2	0.106
dosis	Feb-91	5.41 *	2	0.060
árboles	Abr-90	30.05 **	2	0.000
árboles	Oct-90	26.73 **	4	0.000
árboles	Feb-91	3.87 *	4	0.096

χ^2 calc.= Chi calculada

G1 = grados de libertad

* = prueba G

P = Probabilidad

** = altamente significativa

Apéndice No. 4.3. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de Tabebuia rosea con diferentes tipos de callos presentes según las zonas, dosis y árboles (abril-90, octubre-90 y febrero-91).

Variable	Epoca	χ^2 calc.	G1	P
zonas	Abr-90	4.06 [*]	2	0.157
zonas	Oct-90	3.47	2	0.188
zonas	Feb-91	7.63*	2	0.022
dosis	Abr-90	12.50 **	4	0.002
dosis	Oct-90	6.07	4	0.194
dosis	Feb-91	5.06 [*]	4	0.272
árboles	Abr-90	0.56 [*]	4	0.800
árboles	Oct-90	21.63 [*] **	8	0.000
árboles	Feb-91	38.71 [*] **	4	0.000

χ^2 calc.= Chi calculada

G1 = grados de libertad

^{*} = prueba G

P = Probabilidad

** = altamente significativa

Apéndice No.4.4. Pruebas de homogeneidad para las frecuencias de estacas de Tabebuia rosea con callos sanos presentes según las zonas, dosis y árboles en las tres épocas (abril-90, octubre-90 y febrero-91).

Variable	χ^2 calc.	G1	P
zonas	1.88	2	0.391
dosis	16.60 **	4	0.002
árboles	11.04*	4	0.026

χ^2 calc.= Chi calculada
G1 = grados de libertad

** = altamente significativa
P = Probabilidad

Apéndice No. 4.5. Análisis de varianza para las concentraciones de glucosa provenientes del almidón, durante las diferentes épocas.

	GL	SC	CM
Epocas	2	1.275010E+5	6.375050E+4
Error	10	1.277490E+5	1.277490E+4
Total	12	2.552500E+5	7.65254E+4

F(calculado) = 4.990294

F(2, 10, 0.05) = 4.099999

C V = 13.2591%

Conclusión: Las medias difieren, con un nivel de significancia de $P = 0.05$.

PRUEBA DE TUKEY

$q(\text{No. Muestra, GLE, alfa}) = q(3, 10, 0.05) = 3.8800$

i	j	$X_i - X_j$	S_x	$q * S_x$	RESULTADO
1	2	83.502	58.37	226.46	No difieren
1	3	-140.656	58.37	226.46	No difieren
2	3	-224.158	50.55	196.12	Difieren

Media de todos los datos = 852.4423

X_i = Media i X_j = Media j

S_x = Error estandar de la media

APENDICE No.5. DATOS SOBRE CLIMATOLOGIA EN CIUDAD COLON.

Apéndice No. 5.1. Promedios de precipitación (mm) en la Finca San Luis, Ciudad Colón.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual	Media
1988	0.0	0.0	82.7	88.9	360.6	310.1	171.0	63.1	86.0	303.4	81.9	9.0	2403.0	200.2
1989	0.0	0.0	98.9	16.9	101.3	300.2	129.1	414.2	271.9	301.9	147.6	110.2	2022.2	168.5
1990	0.0	100.3	10.9	199.0	230.2	367.4	219.7	162.9	304.0	424.1	239.9	42.0	2300.0	191.7
1991	0.0	0.0	0.4	80.9	233.6	371.0	70.1	165.0	360.2	496.0	37.6	32.3	1833.9	152.8
x	0.0	20.1	86.6	90.4	281.4	239.2	147.7	301.8	300.9	464.4	126.0	47.9		
D.Est.	0.0	80.2	24.0	70.3	76.6	35.8	63.6	239.6	94.6	99.9	87.9	43.6		
C.V.	0.0	200.0	43.7	86.6	30.8	10.4	43.1	82.9	26.6	21.8	69.4	91.0		
Max.	0.0	100.3	98.9	199.0	360.6	371.0	219.7	463.1	406.0	303.4	239.9	110.2		

Fuentes: Dr. Luis A. Fournier O. (1993). Finca San Luis. Archivo sobre Climatología de Ciudad Colón.

Dirección de Estudios Básicos. Departamento de Hidrología. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. (SENARA). 1992. Boletín Meteorológico No. 4. San José, Costa Rica.

Apéndice No. 5.2. Promedios de Temperatura (°C) en la Finca San Luis, Ciudad Colón.
1988-1991

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media Anual
1988									21.6	21.3	22.1	22.8	21.94
1989	24.3	24.0	23.6	23.5	24.6	23.5	23.6	22.9	22.6	22.8	22.4	22.9	23.85
1990	24.4	23.8	23.1	23.3	24.5	24.2	23.4	23.6	23.0	22.3	22.6	23.3	23.79
1991	23.8	24.9	23.1	24.8	24.2	23.9	24.2	23.4	23.2	22.1	22.8	23.2	23.82
n	24.2	24.2	23.8	23.3	24.4	23.9	23.7	23.3	22.6	22.8	22.5	23.1	23.28

Fuentes: Dr. Luis A. Fournier G. (1993). Finca San Luis. Archivo sobre Climatología de Ciudad Colón.