

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE Pinus caribaea Morelet EN EL  
TROPICO HUMEDO, TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis de Grado  
de  
Magister Scientiae

Miguel Angel Musálem Santiago



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales  
Turrialba, Costa Rica  
Febrero, 1973

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE Pinus caribaea Morelet  
EN EL TROPICO HUMEDO, TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados  
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

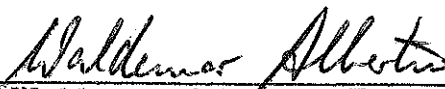
en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

  
Pablo Rosero, M.S.


Consejero

  
Waldemar Albertin, Ph.D.

Comité

  
Pieter Grijpma, I.F.

Comité

  
Gilberto Pérez, Ph.D.

Comité

Febrero, 1973

D E D I C A T O R I A

A Alicia, Amira y Miguel

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a las siguientes personas y entidades:

- Al Ing. Pablo Rosero, Consejero Principal, por la orientación y atención durante la realización de este trabajo.
- A los miembros del Comité Consejero, Dr. Waldemar Albertin e Ing. Pieter Grijpma, por la atención y revisión de este trabajo.
- Al Dr. Gilberto Páez, miembro del Comité Consejero, por el apoyo, especial atención e incentivos constantes en el desarrollo del trabajo.
- A la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Facultad de Agronomía, al IICA, a través de la Zona Norte y a la Subsecretaría Forestal y de la Fauna por la licencia y el soporte financiero concedidos durante el período de estudios en el CTEI-IICA.
- A los profesores, colegas y personal del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales y al personal del Centro de Estadística y Computación que contribuyeron en la realización de este trabajo.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Juchitán, Estado de Oaxaca, México el 17 de julio de 1942. Realizando sus estudios primarios y secundarios en ese mismo lugar.

En 1960 ingresó a la Escuela Nacional Preparatoria N° 7 de la Universidad Nacional Autónoma de México, en México, D. F.

En 1963 ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingo, Mexico, graduándose con el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques en 1967.

En 1968 ingresó a la Dirección de Aprovechamientos Forestales de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, en México, D. F.

En ese mismo año ingresó al Departamento Técnico Forestal de Celulosa de Chihuahua, S. A., en Chihuahua, México, hasta setiembre de 1971.

En 1969 inició sus actividades como Profesor de tiempo parcial en las Disciplinas de Topografía I y II y Arboricultura en las Facultades de Agronomía y Química de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

En octubre de 1971 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, como estudiante regular del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, en Turrialba, Costa Rica. Después de cumplir con todos los requisitos de la Escuela para Graduados, optó al grado de Magister Scientiae, en febrero de 1973.

## C O N T E N I D O

	Página
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Taxonomía y distribución de las variedades de <u>P. caribaea</u> .....	3
2.1.1. <u>P. caribaea</u> Mor. var. <u>hondurensis</u> Barr. y Golf.....	5
2.1.2. <u>P. caribaea</u> Mor. var. <u>bahamensis</u> Barr. y Golf....	6
2.1.3. <u>P. caribaea</u> Mor. var. <u>caribaea</u> Barr. y Golf.....	7
2.2. Introducción de la especie en los trópicos y subtrópicos .....	8
2.3. Variedades y procedencias .....	12
2.4. Crecimiento .....	16
2.5. Forma y crecimientos anormales .....	20
2.6. Espaciamiento de plantación .....	24
2.7. Semillas y comportamiento en vivero .....	24
3. MATERIALES Y METODOS .....	27
3.1. Localización .....	27
3.2. Características de la región .....	27
3.3. Experimento 1. Comportamiento de variedades- procedencias de <u>P. caribaea</u> .....	30
3.3.1. Información general .....	30
3.3.2. Descripción del experimento .....	31
3.3.3. Recolección de la información .....	32
3.3.4. Análisis .....	32
3.4. Experimento 2. Comportamiento de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en cuatro densidades de plantación...	32
3.4.1. Información general .....	33
3.4.2. Descripción del experimento .....	33
3.4.3. Recolección de la información .....	33
3.4.4. Análisis .....	34
3.5. Estudio de la ocurrencia de cola de zorro en <u>P. caribaea</u> .....	34
3.5.1. Influencia de las variedades de <u>P. caribaea</u> sobre la ocurrencia de cola de zorro .....	36

3.5.2.	Efecto de la densidad de la plantación sobre la ocurrencia de cola de zorro en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	36
3.5.3.	Efecto de la edad sobre la ocurrencia de cola de zorro....	37
3.6.	Producción y viabilidad de semillas de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> procedentes de plantaciones locales .....	37
3.7.	Experimento 3. Comportamiento de plántulas de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en vivero.....	39
3.7.1.	Información general .....	39
3.7.2.	Descripción y análisis del experimento .....	40
4.	RESULTADOS .....	41
4.1.	Comportamiento de variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> ..	41
4.1.1.	Altura, DAP y supervivencia .....	41
4.1.2.	Tasa de incremento en altura .....	45
4.1.3.	Volúmenes .....	47
4.2.	Comportamiento de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en cuatro densidades de plantación .....	48
4.2.1.	Altura, DAP y poda natural de ramas .....	48
4.2.2.	Tasa de incremento en altura y DAP .....	50
4.2.3.	Relación edad-espaciamento-DAP .....	54
4.2.4.	Volúmenes .....	56
4.3.	Estudio de la ocurrencia de cola de zorro en <u>P. caribaea</u> ....	56
4.3.1.	Influencia de las variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> sobre la ocurrencia de cola de zorro.....	56
4.3.2.	Efecto de la densidad de plantación sobre la ocurrencia de cola de zorro en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	60
4.3.3.	Efecto de la edad sobre la ocurrencia de cola de zorro en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	62
4.4.	Producción y viabilidad de semillas de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> procedentes de plantaciones locales .....	64
4.5.	Comportamiento de plántulas de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en vivero .....	68
4.5.1.	Germinación .....	68
4.5.2.	Crecimiento inicial en altura .....	72

	Página
5. DISCUSION .....	76
5.1. Comportamiento de variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> .....	76
5.2. Comportamiento de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en cuatro densidades de plantación .....	79
5.3. Crecimiento anormal cola de zorro .....	81
5.4. Producción y viabilidad de semillas de plantaciones locales y comportamiento en vivero de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	83
6. CONCLUSIONES .....	87
7. RESUMEN .....	89
7.a. SUMMARY .....	91
8. LITERATURA CITADA .....	92
9. APENDICE .....	98



LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Resumen de los datos meteorológicos de Turrialba, Costa Rica .....	29
2	Peso de semillas y porcentaje de germinación de variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> .....	31
3	Características de los rodales de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de 11 y 12 años de edad .....	38
4	Datos de recolección de cinco procedencias de semillas de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	39
5	Medición en variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> a los cuatro años de edad .....	41
6	Análisis de varianza para la altura y DAP, incluyendo los árboles con cola de zorro, para variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> a los cuatro años de edad .....	42
7	Volúmenes totales por ha e incremento medio anual en volumen por ha de las variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> a los cuatro años de edad .....	47
8	Medición a los cinco años de edad en cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	48
9	Análisis de varianza para la altura, DAP y poda natural en cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de cinco años de edad...	49
10	Volumen total con corteza e incremento medio anual en volumen de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en cuatro densidades de plantación a los cinco años de edad.....	56
11	Frecuencia de cola de zorro por tipos y total en variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> a los cuatro años de edad .....	58
12	Análisis de $X^2$ para la frecuencia de cola de zorro en variedades-procedencias y sitios de <u>P. caribaea</u> de cuatro años de edad .....	59
13.	Frecuencia y tipos de cola de zorro en cuatro densidades de plantaciones de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> a los cinco años de edad .....	61

Cuadro		Página
14	Análisis de $X^2$ para la frecuencia de cola de zorro en densidades y sitios de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de 5 años de edad .....	62
15	Tipos de cola de zorro, en plantaciones de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de 1 a 5 años de edad .....	63
16	Características de los conos y semillas de plantaciones locales de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de 11 y 12 años de edad .....	65
17	Coefficientes de correlación entre características del cono y las semillas de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>	67
18	Porcentaje de germinación y desviación standard para cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> ...	69
19	Comparaciones entre los porcentajes de germinación de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> ...	69
20	Altura y supervivencia a los cuatro meses de edad en plántulas de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en vivero .....	72
21	Análisis de varianza para las alturas, a los cuatro meses de edad, de cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en vivero .....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ocurrencia natural de <u>Pinus caribaea</u> Morelet .....	4
2	Tipos generales y estados de desarrollo de colas de zorro clasificados de acuerdo con una escala cualitativa de cinco puntos .....	35
3	Estimación de la relación edad-altura para variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> .....	46
4	Estimación de la relación edad-altura para cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	52
5	Estimación de la relación edad-DAP para cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	53
6	Estimación de la relación edad-espaciamento-DAP en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> hasta 5 años de edad .....	55
7	Porcentaje de germinación acumulado para cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	71
8	Estimación de la relación edad-altura para cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> , en vivero .....	75

APENDICE

Cuadro		Página
1	Mediciones de alturas, DAP y supervivencia de variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> hasta cuatro años de edad .....	99
2	Tabla de volumen total con corteza, sin ramas ni tocón, para <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	100
3	Mediciones de altura y DAP para cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> hasta cinco años de edad .....	101
4	Porcentaje y tipos de cola de zorro presentes en las plantaciones de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> de 1 a 5 años de edad muestreados en el cantón de Turrialba .....	102
5	Alturas semanales para 5 procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> hasta 4 meses de edad, en vivero.....	103
Figura		
1	Estimación de la relación edad-altura para variedades-procedencias de <u>P. caribaea</u> .....	104
2	Estimación de la relación edad-altura para cuatro densidades de plantación de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	105
3	Estimación de la relación edad-DAP para cuatro densidades de plantación en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	106
4	Estimación de la relación edad-espaciamiento-DAP en <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> hasta 5 años de edad	107
5	Estimación de la relación edad-altura para cinco procedencias de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> , en vivero .....	108

## 1. INTRODUCCION

Entre las especies forestales adecuadas para las condiciones tropicales, las coníferas están siendo introducidas ampliamente debido a la necesidad de altos rendimientos en madera de fibra larga. Entre éstas, el Pinus caribaea Morelet ocupa un lugar preferente en los programas de reforestación de numerosos países.

El P. caribaea fue introducido en Turrialba, Costa Rica, en el año 1960, en la zona ecológica bosque muy húmedo premontano de Holdridge (23), y en la actualidad existen programas de fomento tendientes a aumentar la superficie cultivada con esta especie, razón básica para conocer el comportamiento de la misma en la condición climática enunciada.

Entre las consideraciones para extender el cultivo de una especie exótica, se requiere el conocimiento del comportamiento de las distintas procedencias de la misma especie en las diversas fases del cultivo, así como las respuestas del crecimiento a varios espaciamientos, prácticas culturales y la facilidad de obtener regeneración natural en el lugar de introducción.

El objetivo general del presente trabajo es observar el comportamiento inicial del P. caribaea en Turrialba, bajo las condiciones de bosque tropical húmedo de la zona atlántica de Costa Rica. Como objetivos específicos, estudiar el comportamiento de la especie en dos etapas:

- 1) Etapa de vivero: Determinar la influencia de las procedencias de P. caribaea Morelet var. hondurensis Barr. y Golf. sobre el vigor y la supervivencia.

- 2) Etapa de crecimiento en el campo: a) Estudiar la reacción de las variedades y procedencias de P. caribaea, b) conocer el efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento, c) analizar la ocurrencia de cola de zorro en la especie y d) la producción y viabilidad de las semillas en plantaciones locales.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2,1. Taxonomía y distribución de las variedades de *P. caribaea*

La especie *Pinus caribaea* Morelet está utilizándose en forma intensiva en los programas de reforestación de numerosos países del hemisferio sur, dado su rápido crecimiento y múltiples usos. Se desarrolla en sitios de poca elevación, encontrándose su habitat natural en el Sudeste de los Estados Unidos, Bahamas, Cuba y desde Honduras Británica hasta Nicaragua. La especie que hasta hace 20 años se consideraba bajo el nombre de *P. caribaea* Morelet fue dividida por Little y Dorman en 1952 en *P. elliottii* Engelm y *P. caribaea* Morelet, considerando dentro de esta última los pinos que crecen en Centroamérica, Belice, Islas Bahamas y Cuba. Posteriormente, en 1962 Barrett y Golfari la subdividieron en: *P. caribaea* variedad *caribaea*, que se encuentra en forma natural en Cuba y la Isla de Pinos; *P. caribaea* variedad *hondurensis*, en la costa atlántica de Centroamérica (Guatemala, Honduras y Nicaragua) y Belice, y el *P. caribaea* variedad *bahamensis*, en las Islas Bahamas (Gran Bahama, Gran Abaco, Andros, New Providence y Caicos), basando su clasificación en diferencias morfológicas (3). La ocurrencia natural de las variedades se presenta en la Figura 1.

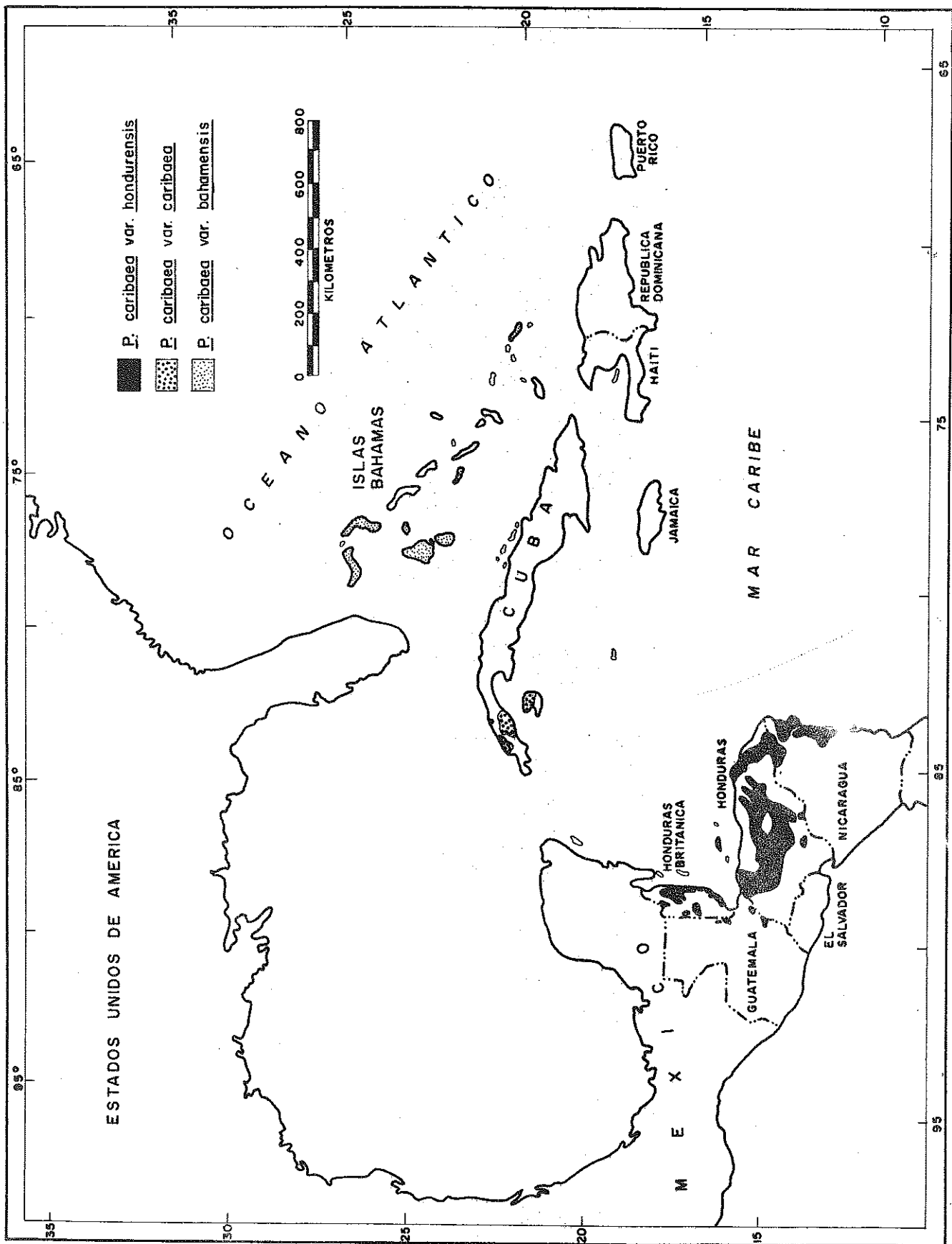


Fig. 1. Ocurriencia natural de *Pinus caribaea* Morelet ( 3 )



2.1.1. Pinus caribaea Mor. var. hondurensis Barr. y Golf.: Hojas de a 3, a veces 4 y 5 por fascículo, conos de 6 a 14 cm de largo, semillas con ala articulada (3).

Kemp (29), asume que los bosques naturales de P. caribaea en Centroamérica son de la variedad hondurensis y se encuentra en dos áreas ecológicas distintas:

1) Planicie de la costa atlántica. Esta área se localiza en la latitud 12°13'N en sitios aluviales con nivel freático muy alto, inundables periódicamente, alrededor de un kilómetro tierra adentro de la línea costera. Corresponde una media anual de precipitación alrededor de 4000 mm, con sólo un mes relativamente seco de 76 mm y donde la media mensual de humedad relativa no baja de 70%.

Los pinos se encuentran en pequeños rodales separados por amplias zonas de pastos y ciperáceas en pantanos perennes y por grupos densos de hojosas. Estos rodales forman el tipo Sur de una banda delgada de bosque de pinos que corre hacia el norte a lo largo de la costa de Nicaragua, se continúa por 300 km a la frontera de Honduras, y hacia el Noroeste en Honduras, por unos 170 km, para tomar la costa norte del Lago Brus.

Este tipo de bosque se localiza también en la isla de Guanajua, en la latitud 16°30'N, y alrededor de la misma latitud en la costa de Belice, 200 km hacia el oeste, donde prosigue hacia la frontera con México, aproximadamente 18°N.

La media de la precipitación anual va decreciendo progresivamente hacia el norte, por ejemplo, en Puerto Cabezas, Nicaragua 14°N, es alrededor de 3200 mm y en el norte de Belice a 17°30'N es de 2000 mm.

2) Montañas secas del interior: En esta área los pinos se encuentran generalmente en condiciones muy secas, típicamente en laderas bien drenadas al pie de las montañas principales y en los valles altos.

P. caribaea crece en Centroamérica abajo de los 800 m. s. n. m.

En la República de Honduras se distribuye ampliamente pero en forma discontinua, ocupa la parte alta y los tributarios del Río Ulua, Río Aguan, Río Patuca y Río Choluteca. En Nicaragua ocurre en el lado sur de la Sierra de Dipilto y lo más al sur es aproximadamente a los 13°15'N. En Guatemala se sitúa en la parte sur de la Sierra de las Minas y los rodales más al norte en Poptum (16°20'N), así como en el Encanto (17°18'N) en el Petén, y alrededor de la misma latitud en Mountain Pine Ridge en Belice.

La precipitación media anual en estas áreas interiores es generalmente de 1600 mm o menos y la estación seca es mucho más severa que en la costa atlántica. Algunos rodales naturales ocurren en áreas con una precipitación anual tan baja como 900 mm y con una estación seca prolongada.

Según Barrett y Golfari (3) las temperaturas medias anuales registradas para la planicie de la costa atlántica están entre 24 y 27, 2°C y corresponden a un clima tropical y bosque higrofitico, en comparación con la región del interior que pertenece a un clima subtropical con bosque xerofitico y temperatura media anual entre 20 y 24°C, llegando la temperatura mínima absoluta a 2°C en la región más elevada del interior.

2.1.2. P. caribaea Mor. var. bahamensis Barr. y Golf.: Hojas de 2 y 3 por fascículo, conos de 4 a 12 cm de largo, semillas con ala articulada, raramente adnata (3)

Esta variedad ocurre en las Islas Bahamas, en dos áreas distanciadas 600 km, la primera incluye las islas Gran Bahama, Gran Abaco, New Providence y Andros, entre 27° y 23°04'N, y la segunda ocupa las Islas Caicos entre 22 y 31°N, en todas estas islas crece a menos de 30 m. s. n. m. en suelos poco profundos, sobre calizas coralíferas. El clima es tropical con temperatura media anual de 25 a 26°C y una precipitación de 1300 mm anuales, decreciendo en las Islas Caicos hasta 750 mm. En la primera área existe un período seco de 6 meses, y en la última zona dura de 7 a 8 meses (3).

2.1.3. P. caribaea Mor. var. caribaea Barr. y Golf.: Hojas de a 3, raro 4 por fascículo, conos de 5 a 10 cm de largo, semillas con ala adherente (3).

La distribución de esta variedad ocurre, según Barrett (4) en la Isla de Pinos y en la Provincia Cubana de Pinar del Río, entre 21°40' y 22°50'N en planicies suavemente onduladas y colinas bajas a una altitud entre 45 y 355 m y se presenta asociada en toda su área con P. tropicalis Morelet que es más abundante, excepto en las lomas de Cajalbana, en donde se halla puro. El clima es tropical, con temperatura media anual entre 24,5 y 25,5°C, la precipitación entre 1200 y 1600 mm anuales, se concentra durante el semestre más cálido, mayo a octubre, siguiendo una temporada seca bien definida de 5 a 6 meses.

## 2.2. Introducción de la especie en los trópicos y subtrópicos.

La especie se ha introducido en muchas partes del mundo, principalmente en los trópicos y subtrópicos del hemisferio sur y se considera apta para muchas áreas costeras tropicales e islas, recomendándose su introducción, prueba y utilización (41,50). Freezallah (13) concluye que es el más prometedor de los pinos tropicales exóticos en Malaya, con posibilidades de desarrollar en elevaciones de alrededor de 900 m. P. caribaea no soporta temperaturas inferiores a  $-4^{\circ}\text{C}$  y requiere lluvias uniformemente distribuidas en el año (16).

Según Hughes (24), la creciente demanda de madera que se está registrando en muchos países tropicales podrá atenderse creando plantaciones de especies de crecimiento rápido, especialmente coníferas. Lo más probable es que las tierras disponibles están situadas a baja altitud. Las especies más prometedoras parecen ser: P. caribaea, P. merkusii Jungh. y de Vriese y P. oocarpa Schiede.

Según Golfari (20) se pueden agrupar los resultados de la introducción de la especie por regiones. Para la zona subtropical central y zona tropical de Brasil, señala que la variedad bahamensis, a los cuatro años de introducción se observa muy promisorio; la variedad caribaea plantada desde hace 22 años en elevaciones de 500-800 m en latosoles secos y arenosos, tiene muy buen crecimiento y buena forma; en tanto que la variedad hondurensis en el centro y norte de São Paulo, presenta formas extremadamente variables.

En Argentina se observa que P. caribaea crece tan rápido como P. elliottii en aquellos sitios donde la temperatura media anual es mayor que 20°C, aunque el tamaño y forma de la especie no es uniforme. Sólo 4-10% de los árboles tienen fustes rectos, los demás son torcidos y bifurcados, y un gran número tienen cola de zorro. En la porción más templada de la región, la variedad hondurensis es superior en altura y diámetro a las otras variedades, en altura supera al P. elliottii var. elliottii, revelando una estación vegetativa más larga que esta última (4).

Picchi y Barrett (44) y Barrett (4) en Castelar, Argentina, al estudiar los efectos de las heladas intensas en especies de Pinus, definen que las tres variedades de P. caribaea fueron sumamente afectadas, variando la mortalidad, de 10% en plantas de 5 años y 70% para plantas en macetas, indicando la existencia de rebrotes polifurcados en las plantas supervivientes.

En el sur de India, en la zona subtropical y tropical, desde 1968, el P. caribaea ha sido promisorio en muchas áreas del país. En la zona subtropical del Himalaya con 1750 mm de precipitación se muestran superiores P. patula Schiede y Deppe y P. caribaea var. hondurensis (47).

Joshi y Pande (28) informan sobre la introducción del P. caribaea, en Uttar Pradesh, India, en 1962 a una altitud de 1940 m en clima monzónico subtropical con 16,4°C de temperatura media y una precipitación anual de 1469 mm, con crecimiento satisfactorio.

En Australia se ha introducido la variedad hondurensis en New South Wales, pero se ve afectada debido a las condiciones de frío con temperatura mínima de 9°C y heladas ocasionales, a latitudes de 28 a 33°S en

en 600 m. s. n. m. y 1500 mm de precipitación, sin embargo, las otras variedades de P. caribaea son más satisfactorias (6, 43).

En la región tropical muchas de las introducciones se han llevado en las partes secas. La introducción en el Territorio Norte de Australia se ha realizado bajo condiciones de lluvia monzónica con 1300-1500 mm por año y con 5 a 6 meses secos, a elevación de 50 m y temperaturas de 15,5 a 37,2°C. En esta zona el P. caribaea muestra un crecimiento en altura de un metro/año como promedio (7).

En las áreas de sabana de Nigeria a 1500 m. s. n. m., con precipitación de 1700 mm, muestra ser muy promisoría la variedad hondurensis. Se observa que a bajas altitudes, 210 m, la variedad hondurensis de Belice y Nicaragua es superior a las variedades bahamensis y caribaea de Bahamas y Cuba (27).

En Kerala, India, Nair(42) señala que a bajas altitudes y con sequía prolongada, 5 a 6 meses, la variedad hondurensis puede desarrollar muy bien.

Golfari (18), investigando la distribución geográfica de P. caribaea y sus variedades, indica que habitan toda la faja tropical con lluvias estacionales de tipo monzónico, con período seco de 3-6 meses de duración. El área de la variedad hondurensis se extiende también a la faja altitudinal subtropical, mientras que las variedad caribaea sólo llega hasta sus márgenes. Concluye que la especie es promisoría en Jamaica, Puerto Rico, Guayanas, Sierra Leona, Federación Malaya, Islas Fiji y Pará en Brasil.

La especie P. caribaea se señala como de importancia comercial en Trinidad y Tobago, plantado en sabanas a 548 m.s.n.m., con una precipitación de 2030 a 2794 mm. Asimismo, al nivel del mar se prefiere la variedad hondurensis de Belice (31, 32). En la zona de vida bosque muy húmedo premontano de la región tropical, de Holdridge, en Jamaica, Gray (21) menciona que la introducción se inició en 1952, considerando su rendimiento muy bajo, con respecto al potencial de Jamaica. El primer lote de experimentación fue plantado en Guayana Británica en 1954 con plantas producidas en Trinidad, podándose a los 3 años de edad. Los árboles presentaban mala forma y no se encontró correlación con la edad y el número de ramificación en entrenudos (9).

En Surinam se informa que se han hecho ensayos en la zona baja tropical y solamente han obtenido resultados satisfactorios con P. merkusii y P. caribaea, indicando la importancia que tienen las tres variedades de esta última en las plantaciones realizadas desde el año 1952 (46, 52).

En Puerto Rico, se señala la introducción de la variedad hondurensis mostrando excelente adaptabilidad en muchas partes de la isla, sobre todo en suelos arcillo-arenosos en la zona subtropical húmedo y muy húmedo de Holdridge. Al comparar dos fuentes, insulares y continentales, de P. merkusii con P. caribaea var. hondurensis en Puerto Rico, después de un año de plantación este último fue superior en altura, diámetro y supervivencia. (15, 56).

En las islas Fiji, Vincent y Mang (53), señalan el establecimiento de parcelas de P. caribaea var. hondurensis bajo una moderada estación seca, con temperatura media anual de 26°C, precipitación anual de 2030-2540 mm y con 3 meses secos, habiendo alcanzado buenos resultados.

En la región subtropical monzónica, en la costa norte de Natal, República de Africa del Sur y la costa de Queensland, al Norte de Rockhampton, se menciona la introducción de P. caribaea var. hondurensis, donde se han establecido con éxito (18). En la Costa de Marfil, De la Mesbruge (39) informa que se han obtenido resultados promisorios con P. hondurensis. Senaclauze, Dubois, Hallewas y Knowles (12), aseguran buenos resultados con Eucalyptus deglupta Bl. P. caribaea var. hondurensis en el bajo Amazonas brasileño.

Seth (47) estudia en India las correlaciones de la altitud, precipitación y latitud con el crecimiento en términos de incremento en altura, de P. caribaea, concluyendo que la altitud adecuada se encuentra entre 1000 a 1200 m. s. n. m., los mejores crecimientos se obtienen entre 1000 y 1500 mm de precipitación y la correlación con la latitud no fue apreciable debido a que el rango estudiado, 10°N hasta 30°19'N es muy similar al de la distribución natural de la especie, 13°N a 27°N. Señala también que la especie es muy promisoría en Uttar Pradesh, Orissa y Andhra Pradesh.

### 2.3. Variedades y procedencias

En Misiones, Argentina, se señala la introducción de las variedades de P. caribaea, mencionándose que la variedad hondurensis aunque de crecimiento muy rápido no es adecuada para reforestaciones de tipo



clásico de producción, debido a que más del 80% de los individuos presentan deformaciones en el crecimiento apical tipo cola de zorro. Estas características se encuentran en las tres variedades, pero más acentuado en la variedad hondurensis. A pesar de esto, el crecimiento extraordinario permite realizar raleos comerciales antes del sexto año de edad (35, 4).

Asimismo, Golfari y Barrett (17) estudiando el comportamiento de la especie en Puerto Piray, Argentina, en plantaciones de 5 años de edad informan que la variedad bahamensis presenta entre el 20 y 30% de cola de zorro, pero tienen un aspecto sano y robusto, y se la considera una especie prometedora. En la variedad hondurensis se observó 36% de cola de zorro a la edad de 3 años, con procedencia de Poptum, Guatemala. Las procedencias de Guatemala, Honduras y Belice de la variedad hondurensis, no parecen diferir mucho en cuanto a su variabilidad de tipos y producción.

Golfari (20) en Brasil, señala que la variedad bahamensis crece tan rápido como la variedad hondurensis pero su forma es más regular y uniforme. El porcentaje de cola de zorro es bajo. La variedad caribaea crece un poco más lento que las otras dos variedades, pero en forma más regular y los fustes son rectos, con ramas delgadas y cortas, y no muestran signos de crecimiento de tipo de cola de zorro. Es muy adaptable a suelos pobres, muestra resistencia a la sequía, pudiendo desarrollar entre 950-1200 mm de precipitación en climas fríos.

Al comparar el crecimiento en las condiciones naturales en que crece el P. caribaea var. caribaea en Cuba, en suelos pobres y en

sitios de baja calidad, no se tiene idea de las potencialidades de la especie en mejores condiciones. Sin embargo, es interesante anotar que P. caribaea y P. occidentalis Sw., introducidos en otros países, por ejemplo en Africa, y han mostrado considerables posibilidades como exóticas (54).

La variedad caribaea nativa de la Provincia de Pinar del Río e Isla de Cuba, puede ser establecida artificialmente en otras localidades, en suelos de las condiciones requeridas por la especie. En el área de Topes de Collantes, en las lomas de Trinidad Cuba, ha sido plantado y crece con rapidez extraordinaria (14).

En las costas bajas de New South Wales, Australia a 300 m. s. n. m., se tiene un crecimiento satisfactorio bajo 900-1800 mm de precipitación y temperaturas máximas promedio de 21°C y mínimas de 7°C, se observa la presencia de colas de zorro en la variedad hondurensis; las otras variedades bahamensis y caribaea, pueden alcanzar mejores crecimientos, ya que la variedad hondurensis es afectada por las heladas(6).

En las islas Fiji, los crecimientos de la especie a los 5 años de edad se presentan mejores en el orden siguiente: variedades hondurensis de Stann Creek, Belice hondurensis de Mountain Pine Ridge, Belice, caribaea de Cuba, y hondurensis de Guatemala (53). Para Ibadán, Nigeria (27) la variedad hondurensis de Mountain Pine Ridge de Belice desarrolla mejor a bajas altitudes.

Para esta misma variedad, Nikles (43) anota que la procedencia de Potosí, Honduras, es una fuente indeseable para reforestaciones en los subtrópicos, ya que es inferior a las procedencias de Stann Creek y Mountain Pine Ridge de Belice en relación a la forma del fuste, poca

resistencia a los vientos, pobre crecimiento y copa mal conformada. La procedencia de Stann Creek de Belice, es muy promisoría, especialmente al norte de la región de la costa de Queensland, donde fue superior a la procedencia de Mountain Pine Ridge y Potosí. Según Barrett (4), la procedencia de Mountain Pine Ridge obtuvo valores más altos en diámetro y altura que la procedente de Stann Creek, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas, en cambio, la variedad caribaea de Lomas de Cajalbana, Cuba, obtuvo un diámetro en promedio comparable y fue 12% más alto que el P. elliottii var elliottii. La variedad bahamensis de Gran Abaco, Bahamas, en Misiones, Argentina, tuvo un incremento intermedio al compararlo con las otras variedades.

La variedad bahamensis es muy promisoría en la costa sur de Queensland y en Tucumán, Argentina y la variedad caribaea para la costa de Zululandia, Africa del Sur y en Saõ Paulo, Brasil (18).

Al Noreste de Queensland en la costa baja, 6 m. s. n. m., se encuentra gran variación en crecimiento de la variedad hondurensis de Mountain Pine Ridge, es muy susceptible a la falta de drenaje presentando muchos árboles torcidos y con presencia de cola de zorro (2).

En Venezuela, tanto P. caribaea var. hondurensis como P. oocarpa tienen buena supervivencia y buen crecimiento en un amplio rango de altitudes, desde el nivel del mar hasta 1900 m, pero se encuentra frecuentemente crecimiento de tipo de cola de zorro (38), asimismo (40) en la Costa de Marfil en la zona baja tropical la variedad hondurensis ha dado los mejores resultados, la variedad bahamensis es muy irregular y de crecimiento pobre.

Slee y Reilly (48), mediante ensayos de procedencias con P. caribaea en Australia, indica un crecimiento inicial más lento para la variedad caribaea, susceptibilidad al viento en la variedad hondurensis de Honduras y alguna resistencia a heladas de las variedades caribaea y bahamensis, aunque ésta última muestra mayor rectitud del fuste que la variedad hondurensis de Belice; esta variedad, según Versteegh (52) demuestra excelente crecimiento en Surinam.

#### 2.4. Crecimiento

Según muchos autores, la especie presenta gran rapidez de crecimiento, variable de acuerdo a la variedad, procedencia y condiciones en que se ha probado su introducción. El mayor crecimiento ocurre entre los 4 y 6 años, a esta edad, el desarrollo inicial ininterrumpido de las plantaciones comienza a ser menos pronunciado y el incremento en diámetro aumenta substancialmente después del tercer año (52). En plantaciones de Belice, la variedad hondurensis presenta un incremento medio anual en volumen de 12,5 a 38,8 m<sup>3</sup>/ha/año en un rango de edad de 5-14 años (21). La variedad caribaea, en su habitat natural alcanza 8,0 m de altura y una circunferencia en la base, de 60 cm, a la edad de 8 años (14). Las plantaciones en Pinar del Río a altitud de 150 m.s.n.m. a los 5 años registra 2,6 m en altura y 5 cm de DAP medio; en Matanzas, a los 9 años obtiene una altura de 15-18 cm y 15-20 cm de DAP, al nivel del mar y en Las Villas, a los 3,5 años mide 2,5 m de altura y 5 cm de DAP a 50 m.s.n.m. (5).

En la zona templada y húmeda del noreste argentino, Barrett (4) observó en plantaciones de 8 años de edad, 14,4, 13,9 y 13,5 m de altura; 17,9, 18,9, y 17,2 cm de DAP y 17,0, 19,0 y 12,8 m<sup>3</sup>/ha/año de incremento medio anual en volumen en las procedencias Mountain Pine Ridge y Stann Creek de la variedad hondurensis de Belice y en la variedad caribaea respectivamente.

En Misiones, Argentina la variedad caribaea sobre suelo pedregoso y superficial, a la edad de 8 años alcanza alturas medias de 9,0 m y DAP de 16,6 cm, en tanto que en suelos pardos grisáceos en un valle húmedo la altura llega a 9,0 m y el DAP a 18,0 cm. La variedad bahamensis muestra alturas superiores a 6,0 m a la edad de 5 años y la variedad hondurensis alcanza 13,0 m de altura y 20,8 cm de DAP a la edad de 9 años (17).

Golfari (20), en Brasil, para la variedad caribaea anota una altura promedio de 21,0 m a los 14 años, estimando un incremento medio anual en volumen de 25-28 estéreos/ha/año. En Saõ Paulo, la variedad hondurensis produce 30 estéreos/ha/año.

La variedad hondurensis, en Trinidad y Tobago obtiene una altura promedio de 6,1 m y un DAP de 10,1 cm a los 4 años de edad. A la misma edad en la Guayana Británica, se reportan crecimientos de 4,5 a 6,0 m de altura y 8,7 a 12,5 cm de DAP. En Puerto Rico, alcanza en suelos profundos de montaña y en suelos arenosos 7,8 y 10,5 m de altura respectivamente a la edad de 7 años. En Malaya, en la elaboración de una tabla de volúmenes para la especie, a la edad de 8 años, se señala una altura de 10,2 m y 15,1 cm de DAP como promedio de todos los árboles medidos. En Surinam, a la misma edad, la variedad hondurensis procedente de Belice, presenta un incremento medio anual de  $21 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ . En Jamaica, a la edad de 9-12 años, se señala un incremento medio anual de  $11,6 \text{ m}^3/\text{ha}$  (32, 9, 56, 45, 52, 21).

En Australia, los trabajos publicados por varios autores presentan datos de crecimiento y rendimiento en volúmenes para las variedades y procedencias de P.caribaea en diversas condiciones. En el Territorio

Norte, a los 5 años la variedad hondurensis de Belice alcanza 4,8 m de altura y 9,1 cm de DAP. En el noreste de Queensland, con procedencia de Mountain Pine Ridge, a la edad de 10 años, alturas de 20,9 m y un incremento medio anual de  $19,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ . A esta misma edad, se mencionan volúmenes totales de 202, 189 y  $170 \text{ m}^3/\text{ha}$  para las procedencias Stann Creek, Mountain Pine Ridge y Potosí (7, 2, 43).

En Sudáfrica, la especie introducida obtiene durante los primeros 10 años 1,5 m/año en altura y 2,5 cm/año en diámetro. En Ibadan, Nigeria la variedad hondurensis alcanza una altura promedio de 9,5 m, con un volumen total de  $105 \text{ m}^3/\text{ha}$  a la edad de 5 años. En tanto que en Costa de Marfil se anotan alturas de 0,9, 3,5, 6,5 y 9,5 m para los 4 primeros años en la variedad hondurensis, y para la variedad bahamensis 0,6, 3,0, 5,4, y 7,8 m a las mismas edades. Para las sabanas de Nigeria, a los 4,5 años la variedad hondurensis de Belice, una altura media de 6,4 m, y con 3010 árboles/ha un volumen total de  $57 \text{ m}^3/\text{ha}$  (47, 27, 40).

En la India, se ha probado en diversas condiciones, señalándose alturas de 11,9, 26,3 y 27,6 m a las edades de 7, 29 y 34 años respectivamente, con diámetros promedios de 43,4 y 47,0 cm a los 29 y 34 años, anotándose también incrementos corrientes anuales de 8,9 y  $8,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  a estas mismas edades. En Uttar Pradesh se observa a los 4 años 1,45 m en altura y 2,59 m a los 6 años, con un crecimiento anual de 0,43 m/año, en cambio en Kerala, India, a bajas altitudes la variedad hondurensis alcanza 0,85 m y la variedad bahamensis 1,29 m en altura a los 28 meses. Algunos ejemplos dados para la variedad hondurensis en Drasa, India, indican que a los 4 años con 1131 árboles/ha se obtuvo una altura predominante de 6,9 m y  $20,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ , y a los 5 años con

1163 árboles/ha, una altura predominante de 8,8 m y 44,5 m<sup>3</sup>/ha de volumen total (47, 28, 42, 53).

En las condiciones de Turrialba, Costa Rica, la especie se introdujo desde 1960, con pequeños lotes de experimentación, con la variedad hondurensis. Los estudios sobre la especie, en plantación, se pueden reunir en los siguientes trabajos. En condiciones de bosque muy húmedo premontano en Turrialba, Isolan (26) determina índice de sitios para P. caribaea var. hondurensis con base en las plantaciones realizadas hasta 1971, concluyendo que el mayor impedimento al crecimiento de la especie en la zona parece ser el drenaje del suelo y sus efectos correlacionados, capa freática y profundidad de raíces, señalando crecimientos en la altura de los árboles dominantes, de 2,5 m/año para un rango de edad entre 2 y 6 años.

En las mismas condiciones, en Turrialba, Loján (37) encontró para la variedad hondurensis, que existe correlación entre el crecimiento diamétrico con la precipitación, los días de lluvia de más de 1 mm y la temperatura media, y que esta correlación no fue significativa en la época seca y la época lluviosa. Asimismo, Loaiza (36) prueba el efecto de fertilizantes y herbicidas en el crecimiento de P. caribaea var. hondurensis indicando que no encontró respuesta significativa a la fertilización que aplicó a la especie en estudio.

## 2.5 Forma y crecimiento anormal

Se producen con frecuencia trastornos fisiológicos cuando una especie se introduce en regiones que no son análogas a los de su habitat, Golfari(19). Los tejidos de P. caribaea var. hondurensis son lignificados en su habitat natural debido a un período seco de 4 a 6 meses. Al introducirse en regiones con lluvias uniformes, presenta un crecimiento continuo y una alteración en su ritmo vegetativo.

Slee (49) observó que las variedades de P. caribaea varían ampliamente entre sí y aún dentro de una misma variedad. Esta variación natural presenta diversas respuestas en los climas y ambientes en que la especie puede crecer bien.

Una forma peculiar de crecimiento que se encuentra muy a menudo en P. caribaea fuera de su habitat natural es la cola de zorro. Este tipo de crecimiento ocurre en Hawaii, bajo dos formas: colas de zorro y falsas colas de zorro. En P. radiata D. Don. y P. kesiya Royle ex Gordon por observaciones morfológicas y fenológicas se conoce que la cola de zorro crece continuamente sin un ritmo anual determinado. Se puede predecir que en cualquier área tropical con abundante lluvia al año, las colas de zorro deben ser esperadas en muchas especies de pinos (33).

Existe un modelo de crecimiento en las zonas templadas con el cual se puede hacer inferencias acerca de las desviaciones en crecimiento que comúnmente se encuentran en los trópicos y que parecen estar asociadas con los factores ambientales. "Las yemas son formadas en el verano, permanecen en el invierno como estructuras dormantes y finalmente crecen en la siguiente primavera. Bajo la influencia de hormonas producidas en las nuevas ramas, el cambium vascular es suspendido en su actividad al final del verano", Lanner (34). De acuerdo con este



mismo autor, las colas de zorro son árboles en los cuales el crecimiento sostenido evita la formación de ramas y muestra las siguientes características: "el árbol presenta un largo brote terminal sin ramas y/o yemas laterales, el brote tiene solamente en su base cicatrices de yemas, yemas estériles y brotes pequeños. Cerca de la punta, las agujas no expandidas son apretadas e intactas en sus vainas. Abajo, estas agujas son más largas que lo normal. Nuevas agujas son más o menos constantemente expandidas, resultando una progresión de tamaños de agujas y estados de desarrollo, esto da a la cola de zorro una típica apariencia cónica. La madera formada consiste solamente de células de madera temprana.". Golfari (20) y Lamb (32) agregan que los especímenes de cola de zorro en P. caribaea, tienen un alto porcentaje de madera de compresión, el peso específico de la madera es bajo y las paredes de las fibras son delgadas.

Las falsas colas de zorro son definidas como "árboles sin ramas causadas por la inhibición, dormancia o aborción de las yemas de ramas laterales. Son caracterizadas por brotes terminales largos, pero estos brotes tienen series alternadas de cicatrices de yemas, yemas estériles y ramas pequeñas. Hacia la base de cada zona de yemas estériles es usual encontrar un verticilo de yemas terminales muy reducidas en tamaño, las cuales están dormantes o abortadas. Durante el invierno la yema terminal está dormante y en la primavera tienen un gran período de crecimiento. La longitud de las agujas se encuentra dentro del rango de tamaño normal. La madera formada consiste de partes de madera temprana y de madera tardía"(34).

Al hacer observaciones de la forma de los árboles, Kozlowski y Greathouse (30) discuten el crecimiento normal y cola de zorro en los pinos exóticos de los países tropicales. En plantaciones en Malaya, el P. caribaea var. hondurensis de hasta 15 años de edad, presenta la cola de zorro en varios grados, suponiendo que esta anomalía aparece en gran parte debido a la herencia, pero se ve muy modificada por los factores de la estación y el clima, señalando que en Australia el P. caribaea var. hondurensis procedente de genitores no seleccionados, presentó una frecuencia mucho mayor de cola de zorro que los de la variedad caribaea o variedad bahamensis. La frecuencia de cola de zorro varió según la altitud siendo mayor a bajas altitudes donde la ocurrencia de temperaturas elevadas y las precipitaciones son copiosas en el año.

En Surinam, Schulz y Rodríguez (46) anotan para las procedencias un alto porcentaje de cola de zorro en la de Belice, y casi ausencia en las procedencias de Cuba y Bahamas. En Trinidad y Tobago (31) se informa de la ausencia de ramas en varios árboles y en Surinam, Versteegh (52) señala que son comunes los árboles con crecimiento de cola de zorro, los que son más frecuentes al aumentar la edad de las plantaciones. En cuanto a las causas de la aparición de las colas de zorro, Lanner (34) y Golfari (20) comentan sobre estudios de sitio que demuestran la presencia de cola de zorro con frecuencia y persistencia donde hay mayor precipitación y no hay una estación seca pronunciada. En los rodales naturales de P. taiwanensis Hayata no se presenta la cola de zorro, ya que están sujetos a cambios alternados de humedad y sequía debido al clima monzónico, pero en los viveros irrigados

se inducen fácilmente las colas de zorro. La frecuencia y duración de las colas de zorro, puede ser determinada por la variabilidad genética de la población.

Golfari (20) concreta que las colas de zorro aparecen debido a la influencia de factores climáticos y que podrían ser inducidas por discordancias relacionadas al balance hídrico y en relación a las condiciones térmicas existentes entre el área natural y el área de introducción, pudiendo ser también influenciadas por las condiciones de suelo.

Wiersum (57) en estudio de las colas de zorro en Turrialba, bosque muy húmedo premontano con plantaciones de 2, 5 años, concluye que aparecen debido a un fenómeno hereditario cuya expresión se ve modificada por los factores de clima y agrega que existe correlación entre la ocurrencia de cola de zorro con la calidad del sitio. La variedad caribaea no presenta cola de zorro, la hondurensis presenta más, y la bahamensis es intermedia entre las dos.

Plantaciones de pinos establecidos en Puerto Piray, Misiones, Argentina, con semillas recolectadas en Poptum, Guatemala, donde no existe cola de zorro, obtienen una alta incidencia de esta anomalía. La ocurrencia varió de un máximo de 28% en terreno plano, suelo laterítico café rojizo, a un mínimo de 15% en laderas. En Sao Paulo, Brasil, el número de cola de zorro decrece gradualmente con la humedad, en Capaõ Bonito, al sur, con déficit de humedad de 0 mm, las colas de zorro son más frecuentes que en Saõ Simaõ, con déficit de humedad de 50 mm; se ha observado que el porcentaje de cola de zorro aumenta en plantaciones jóvenes después de una estación de lluvia (20).

## 2.6. Espaciamiento de plantación

Versteegh (52) para Surinam, indica que con un espaciamiento de 2 x 2 m en la variedad hondurensis se obtienen muy pronto productos de aclareos para celulosa, que al cerrarse las copas evitan la competencia con las hierbas. Cuando se desea producción de madera para construcción el espaciamiento se incrementa a 2,5 2,75 y 3,0 metros.

Por su parte, Vincent y Mang (53) ensayan espaciamientos para determinar la más grande tasa de retorno, cuando crecen sin aclareos y sin podas para celulosa, en una rotación de 12 a 15 años se probaron 2,1 3,0, 3,6, y 4,2 m, agregando que en Fiji las plantaciones se iniciaron a 2,4 x 4,2 m, pero se ha cambiado a 2,7 x 2,7 m, previniéndose la utilización para tableros de aglomerados y potencialmente para pulpa Kraft. La pulpa obtenida es equivalente o ligeramente inferior a la pasta cruda de las plantaciones comerciales para pulpa del sur de Estados Unidos.

## 2.7. Semillas y comportamiento en vivero

En Fiji se informa que se han recolectado semillas de plantaciones locales de 8-9 años de edad en la variedad hondurensis procedentes de Mountain Pine Ridge, Belice. Las pruebas de germinación mostraron mucha variabilidad, la viabilidad alcanzada de 60% en promedio, es muy aproximada al de las semillas de su habitat natural (53).

Asímismo, Chalmers (9) señala que en Trinidad se han obtenido semillas en pequeña cantidad en árboles de cuatro años con buenos resultados y que la floración ocurre durante diciembre y enero.

En la variedad caribaea en Cuba, Betancourt (5) indica que la época de floración es de enero a febrero del año anterior a la cosecha, alcanzando el fruto su madurez del 15 de junio a fines de julio, la diseminación se obtiene en agosto y la fructificación se inicia entre los 6 y 8 años, al presentarse esporádicamente algunos conos, la producción se normaliza a los 12 y 15 años. El promedio de semillas por cono es de 68 y también la capacidad germinativa de esta semilla fresca es de 75-85%.

Para la Costa de Marfil, Mesbruge (40) afirma que en las plantaciones introducidas de la variedad hondurensis las primeras flores aparecen a los cuatro años pero con semillas infértiles. El promedio de germinación de las semillas importadas es de 50 al 60%, las plántulas se repican en bolsas de polietileno de 3 a 4 semanas y se trasplantan entre los 4 y 5 meses. Versteegh (52) en Surinam menciona que el repique se hace a botes después de 3 semanas de la germinación, con muy buenos resultados.

Betancourt (5) se refiere a Cuba e indica que en la variedad caribaea se obtiene a los 20 días un alto rendimiento en el repique del almácigo a bolsas plásticas habiendo probado variantes de cinco hasta 135 días. Asimismo, opina que en siembra directa en bolsas con 90% de tierra y 10% de cachaza alcanza una altura de 25,0 cm a los 8 meses. Esta misma altura obtiene, en Trinidad la variedad hondurensis a los seis meses de edad, trasplantándose al campo de este tamaño (9). En Australia (7) considera esta altura como mínimo para buen establecimiento. La germinación de semillas de P. caribaea var. hondurensis

en Puerto Rico se obtiene en un 10% a los 10 días, 50% a los 15 días, y 90% a los 23 días (56). Joshi y Pande (28) para India, indican que la germinación completa se alcanza a los 24 días.

Vincent y Mang (53) anotan que el repicado se hace en Fiji después de que abren los cotiledones y Voo rhoeve y Weelderen (55) en Surinam, informan que las semillas son pregerminadas con arena mojada, se repican en recipientes cuando las raicillas alcanzan 1,5 a 3,0 cm de largo, con una supervivencia de 85-90% y el trasplante definitivo se realiza a los 5 y 6 meses de edad, con altura de 15 a 20 cm.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización

Para el presente estudio se utilizaron tanto las plantaciones experimentales del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (CTEI) del IICA, como las plantaciones del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba, situadas en una misma clasificación ecológica, bosque muy húmedo premontano, de Holdridge (23). Las características climáticas son. Temperatura de 18-24°C y una precipitación de 2000-4000 mm; correspondiendo al CTEI una temperatura media de 22,2°C y una precipitación anual de 2680 mm.

El valle de Turrialba, en la zona atlántica de Costa Rica se halla entre los paralelos 9°49' y 9°55' de latitud norte y entre los meridianos 83°34' y 83°42' de longitud oeste y a una elevación de 600 a 1000 m. s. n. m.

#### 3.2. Características de la región

De acuerdo con Aguirre (1), en la región de Turrialba están presentes las formaciones geológicas: aluvial y lava joven, del período reciente/ actual y pleistoceno; aluvial viejo del período plioceno medio; aglomerados y lava vieja del plioceno inferior. Estas formaciones constituyen el material de partida para la formación de los suelos de la zona. La roca madre consiste principalmente de andesita, ocurriendo generalmente como lava volcánica o residuos piroclásticos, estando presente también algo de Basalto (22).

Las parcelas se encuentran en su mayoría en suelos lateríticos, negros de ceniza y lavas, suelos aluvionales y fluvio lacustres, correspondiendo a la serie Colorado al primero, la serie Cervantes al segundo y las series Reventazón y La Margot al último, con texturas arcillo

arenosas, franco arcillo arenosa, arcillo arenosa y franco arcillo arenosa, respectivamente, según Dondoli y Torres (11).

La zona se caracteriza por abundancia de corriente de agua, el río Reventazón es el más importante del área y constituye la vía por donde salen todas las aguas de la zona para el Océano Atlántico. El relieve es muy variable, incluyendo valles y terrenos montañosos con topografía discontinua que va desde plano y casi plano, hasta muy escarpado en las montañas con pendientes de hasta 80% (11).

Las neblinas y lloviznas son frecuentes durante las horas del día en terrenos de altitud mayor a 1300 m. En Turrialba, entre 800 y 1000 m. s. n. m., la neblina ocurre a partir de las primeras horas de la noche. Los vientos predominantes son de E a NE, de fuerza 3, de la escala de Beaufort (11). En el Cuadro 1 se anotan los datos meteorológicos de Turrialba (25).



Cuadro 1. Resumen de los datos meteorológicos de Turrialba, Costa Rica

Mes	Temperatura °C (1958/1970)		Precipitación mm 1944/70		Brillo solar 1964/70		Humedad Relativa 1944/70		Evaporación mm 1958/70			
	Max. prom.	Mín. prom.	Media	Máx. absoluta	Mín.	Prom. mensual	Máx. 24 horas	Prom. días lluvia cont.	Suma horas c/sol	Media mensual prom.		
E	28,87	16,07	21,00	31,0	10,0	176,4	164,9	18,5	143,2	86,6	107,4	3,46
F	26,26	16,06	21,08	30,0	10,4	147,8	247,5	15,1	147,8	85,7	117,1	4,14
M	27,08	16,60	21,85	31,5	10,5	79,0	81,5	13,5	159,7	84,5	139,7	4,50
A	27,35	17,37	22,34	31,7	11,8	135,1	287,9	15,3	149,7	85,2	113,8	4,44
M	28,00	18,18	23,07	32,0	13,5	225,3	65,0	23,0	140,2	87,0	126,2	4,07
J	28,04	18,53	23,22	31,5	15,2	284,9	85,5	24,7	125,8	88,5	113,2	3,77
J	27,32	18,30	22,76	30,6	14,1	270,4	102,3	25,0	115,3	90,3	105,3	3,39
A	27,60	18,17	22,81	30,0	14,9	234,0	99,1	24,3	31,8	88,9	118,9	3,83
S	28,01	18,02	23,04	30,8	14,8	249,8	99,1	22,3	139,5	88,2	112,1	4,05
O	27,79	18,00	22,85	30,8	14,5	249,1	109,2	24,0	146,7	88,8	123,0	3,96
N	26,56	17,66	22,10	30,1	13,7	283,1	115,3	23,0	125,4	89,4	96,1	3,20
D	25,84	16,92	21,38	29,9	10,9	347,6	288,3	22,3	126,7	89,2	89,8	2,89
Total						2.682,5			1.651,8			
Promedio	27,14	16,99	22,29				20,9		137,6	87,7	116,0	3,81

Fuente: Observatorio Meteorológico del CTEI-IIICA, Turrialba (27)

### 3.3. Experimento 1. Comportamiento de variedades-procedencias de *P. caribaea*

Se utilizaron plantaciones experimentales de cuatro años de edad establecidas en octubre de 1968 por el Departamento de Ciencias Forestales Tropicales del CTEI, en Turrialba, Costa Rica.

#### 3.3.1. Información general.

Tres de las parcelas se localizan en los terrenos del CTEI y una dentro de la Hacienda Atirro, todas corresponden a la clasificación ecológica bosque muy húmedo premontano de Holdridge.

En el experimento se incluyeron las siguientes variedades y procedencias de *P. caribaea*: hondurensis de Belice, hondurensis de Nicaragua, bahamensis de Bahamas y caribaea de Cuba. Las semillas fueron proporcionadas por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CTEI, con las siguientes características:

*P. caribaea* var. hondurensis (Belice), Lote N° 121. Chief Forest Office, P. O. Box 148, Belice City, British Honduras; recibido el 15 de noviembre de 1966.

*P. caribaea* var. hondurensis (Nicaragua), Lote N° 80. INFONAC-FAO, Puerto Cabezas, Nicaragua; recibido el 1° de noviembre de 1966.

*P. caribaea* var. bahamensis (Bahamas), Lote N° 247. The Crown Land Office, Nassau, Bahamas, Island of Andros. Recolectado en octubre de 1966 y recibido el 12 de junio de 1967.

*P. caribaea* var. caribaea (Cuba), Lote N° 183, Instituto Forestal-Cuba, recibido el 17 de abril de 1967.

Se probó la germinación y el peso de las semillas en noviembre de 1967; los resultados aparecen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Peso de semillas y porcentaje de germinación de variedades-procedencias de P. caribaea

Variedad	Procedencia	Peso (semillas/gr)	Germinación a las 4 semanas (%)
<u>hondurensis</u>	Belice	*	*
<u>hondurensis</u>	Nicaragua	80	20
<u>bahamensis</u>	Bahamas	80	50
<u>caribaea</u>	Cuba	50	50

\* No se hicieron determinaciones

Las plantas fueron desarrolladas en macetas de metal sin fondo en el vivero del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales del CTEI y llevadas al campo cuando alcanzaron 25 cm de altura promedio.

### 3.3.2. Descripción del experimento

En el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar para cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos correspondieron a dos variedades, bahamensis y caribaea y dos procedencias de la variedad hondurensis. Las repeticiones se plantaron en las localidades: Florencia Norte, Florencia Sur, Bajo San Lucas y Hacienda Atirro, las tres primeras dentro de los límites de los terrenos del CTEI y la última dentro de la Hacienda Atirro.

Cada repetición del experimento contiene cuatro parcelas de 100 árboles, plantados a un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m. La superficie por parcela resultó de  $625 \text{ m}^2$ , haciendo  $2500 \text{ m}^2$  por bloque, o sea una hectárea en total para el experimento.

### 3.3.3. Recolección de la información

Las alturas de los árboles se midieron en mayo y octubre de 1969, Febrero de 1971, abril y setiembre de 1972, esta última incluyó también la medición del DAP con corteza. Las alturas fueron tomadas con una regla de 5 m de longitud, para árboles de mayor altura se utilizó un altímetro marca Blume Leiss y para los diámetros una cinta diamétrica de tela marca Stewe.

Solamente se midieron los 36 árboles interiores de cada parcela, excluyendo las dos líneas exteriores que crecen sin competencia para evitar el efecto de borde. Se anotó en las hojas de registro la presencia de defectos en el crecimiento en altura, cola de zorro, el estado sanitario y la mortalidad.

### 3.3.4. Análisis

Con los datos de la última medición de altura y DAP se realizaron dos análisis de varianza, el primero incluyendo los árboles con cola de zorro y el otro análisis excluyéndolos. Se analizó además la tasa de incremento en altura estimada por regresión entre la edad y ala altura total alcanzada, de acuerdo con los datos obtenidos a los 7, 12, 28, 42, y 47 meses de edad.

Finalmente, recurriendo a la partición de la suma de cuadrados por contrastes, se analizó también la diferencia de las procedencias de Belice y Nicaragua de la variedad hondurensis contra las variedades bahamensis y caribaea y las diferencias entre las dos procedencias, Belice vs Nicaragua, de la variedad hondurensis y entre las dos variedades bahamensis y caribaea.

### 3.4. Experimento 2. Comportamiento de P. caribaea var. hondurensis en cuatro densidades de plantación

Para este experimento se analizaron parcelas de cinco años de edad, plantadas en octubre de 1967 por el Departamento Forestal del CTEI.

### 3.4.1. Información general

Las parcelas se localizan dentro de los límites de los terrenos del CTEI, bajo la clasificación ecológica bosque muy húmedo premontano de Holdridge.

En el experimento se incluyó el P. caribaea var. hondurensis con semillas proporcionadas por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del IICA, con los datos siguientes:

P. caribaea var. hondurensis, Lote N° 129 procedente de Belice, remitido por vía Sudáfrica a Costa Rica y recibido en enero de 1966.

Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas en diciembre de 1966, resultando de 50% y un peso de 35 semillas/gr. Las plantas fueron producidas en macetas de metal sin fondo en el vivero del Departamento Forestal y trasplantadas de 25 cm de altura promedio en octubre de 1967.

### 3.4.2. Descripción del experimento

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones. Cada parcela fue constituida por 100 árboles, ocupando cada uno 4,00, 6,25, 9,00 y 12,25 m<sup>2</sup>, resultando así cuatro parcelas de 400, 625, 900 y 1225 m<sup>2</sup> respectivamente, esto es 3150 m<sup>2</sup> por bloque en las localidades Florencia Norte y Florencia Sur.

### 3.4.3. Recolección de la información

En cada parcela se midió la altura y el DAP en noviembre de 1969, febrero de 1971, mayo y setiembre de 1972.

Para la medición de las alturas se utilizó una regla de madera de cinco metros de longitud; con alturas mayores se ocupó un altímetro

marca Blume Leiss. Los DAP con corteza fueron tomados con una cinta diamétrica de tela marca Stewe. Se registró también el estado sanitario, la mortalidad y la presencia de cola de zorro. En la misma forma se midió la poda natural de las ramas en cada espaciamento, recurriendo a la medición de la altura desde el suelo hasta la primera rama viva.

#### 3.4.4. Análisis

Los análisis de varianza se efectuaron con base en el promedio de las alturas y el DAP obtenido a los cinco años de edad, repitiéndose para las alturas y diámetros sin cola de zorro, y también para la poda natural de ramas.

Finalmente se ajustaron curvas de regresión para calcular las tasas de incremento en altura y diámetro y se relacionó la edad y el espaciamento con el DAP.

#### 3.5. Estudio de la ocurrencia de cola de zorro en *P. caribaea*

Para la investigación de la frecuencia de cola de zorro en las plantaciones en el cantón de Turrialba, se recurrió a la enumeración de los árboles que presentaban este defecto en las parcelas experimentales del CTEI, y por muestreo, en las plantaciones del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba.

Se consideró como cola de zorro aquellos árboles que presentaban las características dadas por Lanner (33), principalmente la apariencia cónica, y se elaboró una escala cualitativa (Figura 2) de cinco puntos para apreciar los diversos estados de desarrollo de esta anomalía en el crecimiento. El tipo 1, describe un crecimiento de cola de zorro ininterrumpido desde el inicio de la plantación, el tipo 2, corresponde a un árbol que inicialmente se desarrolló normalmente, pero en la actualidad presenta crecimiento de cola de zorro, los tipos 3 y 4 representan árboles que han cesado su crecimiento de cola de zorro, derivados de los tipos 1 y 2 respectivamente.

0 = Arbol normal

1-4 = Estado de desarrollo de cola de zorro

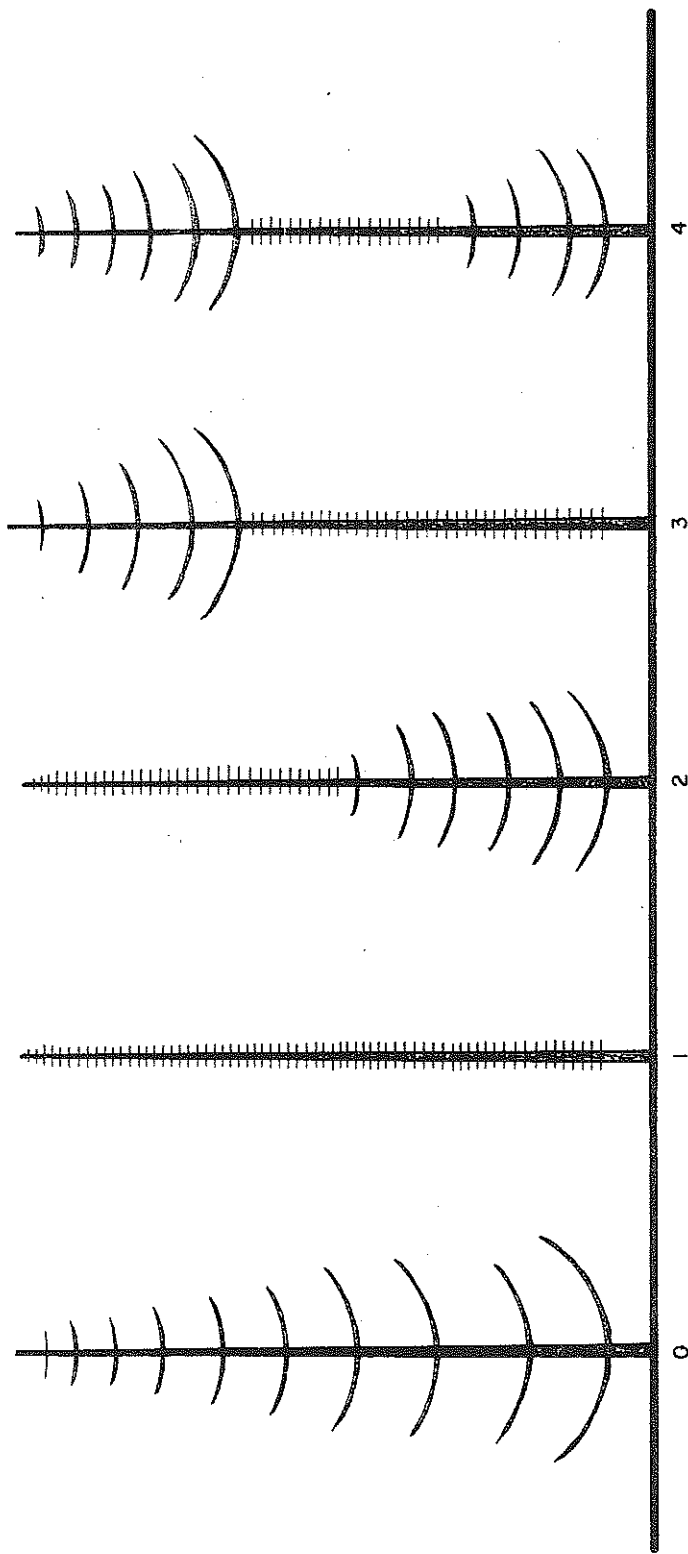


Fig. 2 Arbol normal y estados de desarrollo de cola de zorro

### 3.5.1. Influencia de las variedades de *P. caribaea* sobre la ocurrencia de cola de zorro

Se obtuvo la información del experimento de introducción de variedades-procedencias de *Pinus caribaea* de cuatro años de edad, descrito en el inciso 3.3. Las variedades y procedencias que se incluyeron en el estudio son: a) *hondurensis* (Belice), b) *hondurensis* (Nicaragua), c) *bahamensis* (Bahamas) y d) *caribaea* (Cuba).

Para cada variedad-procedencia se inspeccionaron todos los árboles en forma **individual** para calificar la presencia de deformaciones en el crecimiento en altura, cola de zorro, considerándose también el tipo de éste, según se describe en la Figura 2.

Los datos obtenidos se analizaron en cuanto a la frecuencia de cola de zorro por variedades-procedencias y por sitios, por medio de una prueba de  $X^2$  (chi-cuadrado). Se realizaron también comparaciones entre las procedencias de la misma variedad y entre variedades, así como las interacciones entre variedades x sitios.

### 3.5.2. Efecto de la densidad de plantación sobre la ocurrencia de cola de zorro en *P. caribaea* var. *hondurensis*

Se estudió la influencia de cuatro densidades de plantación en la aparición de colas de zorro, para lo que se utilizó una plantación experimental de cinco años de edad de *P. caribaea* var. *hondurensis* procedente de Belice. Esta plantación se localiza en los terrenos del CTEI-IICA y está constituido de un diseño de bloques al azar con cuatro espaciamientos y dos repeticiones, en los sitios: Florencia Norte y Florencia Sur, descrito en el inciso 3.4.



Se inspeccionaron todos los árboles en las parcelas, contándose los árboles que presentaban cola de zorro y se clasificaron en tipos como se describe en la Figura 2. Se procedió a analizar la frecuencia de cola de zorro por espaciamiento y por sitio mediante la prueba  $X^2$  (chi-cuadrado).

### 3.5.3. Efecto de la edad sobre la ocurrencia de cola de zorro

Para el estudio de este efecto se consideraron las plantaciones de 1 a 5 años de edad de P. caribaea var. hondurensis existentes en el cantón de Turrialba, bajo la condición ecológica bosque muy húmedo premontano de la clasificación de Holdridge, plantadas por el Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba.

Se procedió a realizar un muestreo de atributos al azar, considerándose solamente edades desde uno hasta cinco años, ya que en las plantaciones de mayor edad no fue posible obtener datos debido a que fueron intervenidos con aclareos y éstos se aplicaron principalmente sobre las colas de zorro que existían. Las colas de zorro se clasificaron en los tipos descritos en la Figura 2.

### 3.6. Producción y viabilidad de semillas de P. caribaea var.

#### hondurensis procedentes de plantaciones locales

Se consideraron en este estudio tres plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis entre 11 y 12 años de edad, localizados en los sitios Florencia Norte, Campo Gamma y Coniferato, dentro de los terrenos del CTEI. Las características de estos rodales se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características de los rodales de P. caribaea var hondurensis de 11 y 12 años de edad

Rodal	Edad (años)	DAP Medio (cm)	Altura media (cm)	Altura dominante (m)
Coniferato	11	28,85	21,21	23,89
Florencia Norte	12	27,11	19,80	22,05
Campo Gamma	12	25,05	20,61	24,10

En los rodales mencionados, se recolectaron seis sacos de conos de los árboles mejor conformados durante el mes de agosto de 1972, y se almacenaron durante dos semanas. Para cada rodal, se tomó una muestra al azar de 30 conos, a cada uno de los cuales se les midió su longitud, diámetro y peso verde. Los conos se sometieron a una temperatura constante de 37°C para provocar su apertura en una estufa secadora. Conforme las escamas de los conos abrían, se separaron las semillas manualmente para ser contadas y pesadas; los conos se volvieron a pesar. La determinación de la viabilidad de las semillas se realizó por separación en agua.

Las semillas se remojaron en agua por un período de 24 horas previo a la germinación, procediéndose enseguida a obtener la germinación en una cámara germinadora a 25 °C de temperatura constante, utilizando cajas de plástico con sustrato de arena y suelo, previamente esterilizado con bromuro de metilo. Los conteos de germinación se realizaron diariamente hasta completar 25 días.

A las características medidas se les calculó la media y desviación estandard. Se realizaron correlaciones entre las características del cono con las características de las semillas obtenidas.

3.7. Experimento 3. Comportamiento de plántulas de cinco procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* en vivero

3.7.1. Información general

El estudio se llevó a cabo en el vivero del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales del CTEI, utilizándose semillas de *P. caribaea* var. *hondurensis* procedentes de dos países en su habitat natural, Belice y Nicaragua, y tres procedentes de rodales experimentales del CTEI. Los datos de cada procedencia se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Datos de recolección de cinco procedencias de semillas de *P. caribaea* var. *hondurensis*

País	Lugar de recolección	Fecha de recolección
Belice	Mountain Pine Ridge	Julio de 1972
Nicaragua	Puerto Cabezas	Julio de 1972*
Costa Rica	Rodal Florencia Norte	
	IICA-Turrialba	Agosto de 1972
Costa Rica	Rodal Campo Gamma	
	IICA-Turrialba	Agosto de 1972
Costa Rica	Rodal Coniferato	
	IICA-Turrialba	Agosto de 1972

\* Recibido en julio de 1972

Las semillas se separaron de las no viables por flotación en agua, se procedió en seguida a remojarlas por un período de 24 horas, haciéndose germinar en una cámara germinadora a 27°C de temperatura constantes en cajas plásticas sobre sustrato de arena y suelo previamente esterilizado, separadas en grupos de 50 semillas con repeticiones diferentes; se realizaron conteos diarios y al final de 25 días.

### 3.7.2. Descripción y análisis del experimento

Al tercer día de iniciarse la germinación, las plántulas se replicaron a botes de metal sin fondo, en un diseño irrestricto al azar con diferente número de repeticiones, tomándose las alturas iniciales y semanales durante 16 semanas; se anotó también la mortalidad.

Mediante una prueba de  $X^2$  (chi-cuadrado), se determinaron las diferencias en germinación y se elaboraron gráficas que muestran los días necesarios para alcanzar la germinación completa de las semillas.

Se realizó un análisis de varianza considerando la altura obtenida por las plántulas al final de 16 semanas. Mediante el análisis de rangos múltiples de Duncan se compararon las procedencias utilizadas, calculándose además las tasas de incremento en altura por medio de curvas de regresión para la edad-altura en cada procedencia.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Comportamiento de variedades-procedencias de *P. caribaea*

##### 4.1.1. Altura, DAP y supervivencia

En el Cuadro 1 del Apéndice se presentan los resultados generales de las mediciones que se practicaron en las parcelas desde su establecimiento por variedades-procedencias y localidades. En el Cuadro 5 se presentan los promedios de las alturas y DAP con y sin cola de zorro, porcentaje de cola de zorro y la supervivencia por variedades-procedencias a los cuatro años de edad.

Cuadro 5. Medición en variedades-procedencias de *P. caribaea* a los cuatro años de edad

Variedad	Procedencia	Altura media (m)		DAP medio (cm)		Frecuencia cda de zorro (%)	Supervivencia (%)
		con cola de zorro	sin cola de zorro	con cola de zorro	sin cola de zorro		
<u>hondurensis</u> (A)	Belice	8,79	8,59	12,45	12,65	14,6	90,2
<u>hondurensis</u> (B)	Nicaragua	7,66	7,25	11,49	11,74	31,7	94,2
<u>bahamensis</u> (C)	Bahamas	6,93	6,84	10,16	10,21	8,0	88,1
<u>caribaea</u> (D)	Cuba	---	6,21	---	9,96	0,0	84,0

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de los análisis de varianza para el promedio de altura y el DAP incluyendo los árboles con crecimiento de cola de zorro.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura y DAP, incluyendo los árboles con cola de zorro, para variedades-procedencias de P. caribaea a los cuatro años de edad

FV	GL	Altura		Diámetro	
		CM		CM	
Localidades	3	12,476 **		16,242 **	
Variedades	3	4,851 **		5,509 **	
A, B vs C, D,	1	10,95 **		14,59 **	
A vs B	1	2,57 *		1,85 NS	
C vs D	1	1,02 NS		0,08 NS	
Error	9	0,391		0,564	
Total	15				

\* Significación al nivel de 5% de probabilidad

\*\* Significación al nivel de 1% de probabilidad

NS : No significativo al 5% de probabilidad

Las diferencias encontradas para el análisis de la altura indican que las localidades en que se establecieron las repeticiones son muy diferentes entre sí ( $P < 0,01$ ), asimismo que se encuentran diferencias

apreciables ( $P < 0,01$ ) en las alturas medias de las variedades-procedencias bajo estudio. Las dos procedencias continentales de la var. hondurensis Belice y Nicaragua, son superiores ( $P < 0,01$ ) a las variedades insulares bahamensis y caribaea.

En cuanto a las dos procedencias de la variedad hondurensis, las diferencias detectadas entre ellas son significativas ( $P < 0,05$ ) mostrando superioridad la procedencia de Belice sobre la de Nicaragua; en cambio al establecer comparaciones entre las variedades bahamensis y caribaea no se detectó diferencia importante ( $P > 0,05$ ).

El análisis de varianza del Cuadro 6, indica que existe respuesta diferencial en el crecimiento diamétrico ( $P < 0,01$ ) entre las variedades-procedencias y localidades. Las dos procedencias de la variedad hondurensis, Belice y Nicaragua, al ser comparadas con las variedades bahamensis y caribaea, son superiores ( $P < 0,01$ ). No se detectan diferencias ( $P > 0,05$ ) entre las procedencias de la variedad hondurensis ni entre las variedades bahamensis y caribaea.

La evaluación de la frecuencia de cola de zorro en las variedades-procedencias (Cuadro 5) permiten establecer que la variedad que presenta mayor incidencia de cola de zorro es la hondurensis procedente de Nicaragua, siguiéndole la variedad hondurensis de Belice, en tanto que la variedad caribaea de Cuba no presenta este tipo de crecimiento y la variedad bahamensis de Bahamas presenta una proporción intermedia entre las variedades hondurensis y caribaea. Se consideró que este tipo de crecimiento podía afectar los promedios obtenidos en las parcelas, debido a las características particulares de los árboles, por lo que

se optó por excluir del análisis los árboles que presentaban este tipo de crecimiento; por esta razón se realizó nuevamente un análisis de varianza a partir de la altura media y del DAP de la parcela, considerando solamente los árboles que no presentaban cola de zorro.

Mediante este análisis, las diferencias detectadas para las alturas, indican que los factores en estudio actúan en la misma forma que en el análisis de los promedios de las alturas incluyendo los árboles con cola de zorro. Cabe anotar que los promedios de las alturas disminuyen sensiblemente, ya que por lo general los árboles con crecimiento de tipo de cola de zorro son más altos (Cuadro 5).

En cuanto al DAP, las medias de todas las parcelas registran aumentos en el promedio debido a que los árboles con crecimiento de tipo de cola de zorro tienen diámetros más bajos. (Cuadro 5), sin embargo, las diferencias encontradas en el primer análisis se mantienen.

Se determinó también el porcentaje de supervivencia de las variedades procedencias. Los resultados se presentan en el Cuadro 5, permitiendo establecer que la supervivencia en general es muy buena, sobre todo la de las dos procedencias de la variedad hondurensis.

Las causas de mortalidad no fueron anotadas en los registros anteriores, pero se pudo observar en la última medición que la mortalidad presente en las dos procedencias de la variedad hondurensis y en la variedad bahamensis, se debe casi exclusivamente a árboles que tuvieron crecimiento de cola de zorro, con un crecimiento muy rápido en altura y por tanto escasa resistencia, ocasionando que los árboles se doblaran y finalmente se quebraran o cayeran.



#### 4.1.2. Tasa de incremento en altura

Con el fin de observar la tendencia del crecimiento en altura se estimaron las tasas de incremento para cada variedad-procedencia, relacionando la edad y la altura. Después de probar algunas funciones de ajuste, se obtuvo para el coeficiente de determinación  $R^2$ , un valor más alto en la ecuación cuadrática del tipo  $y = b_0 + b_1X + b_2 X^2$  por medio de la cual se calcularon los coeficientes para cada variedad-procedencia. Con base en las ecuaciones obtenidas se dibujaron las relaciones entre edad y altura para cada variedad-procedencia (Figura 3) que presenta también las ecuaciones estimadas y los coeficientes de determinación encontrados en cada caso.

De las ecuaciones de la Figura 3, los coeficientes  $b_1$ , que indican la velocidad de crecimiento o sea, la tasa de aumento de crecimiento en cada unidad de tiempo, son más altas para las dos procedencias de la variedad hondurensis, 13,7 y 12,7 cm/mes, en comparación con las variedades bahamensis y caribaea, 9,3 y 6,2 cm/mes respectivamente. Los coeficientes  $b_2$ , que determinan el cambio de dirección de las curvas o sea la aceleración del crecimiento, son positivos. Estos resultados indican que la curva de crecimiento continúa subiendo a los cuatro años de edad.

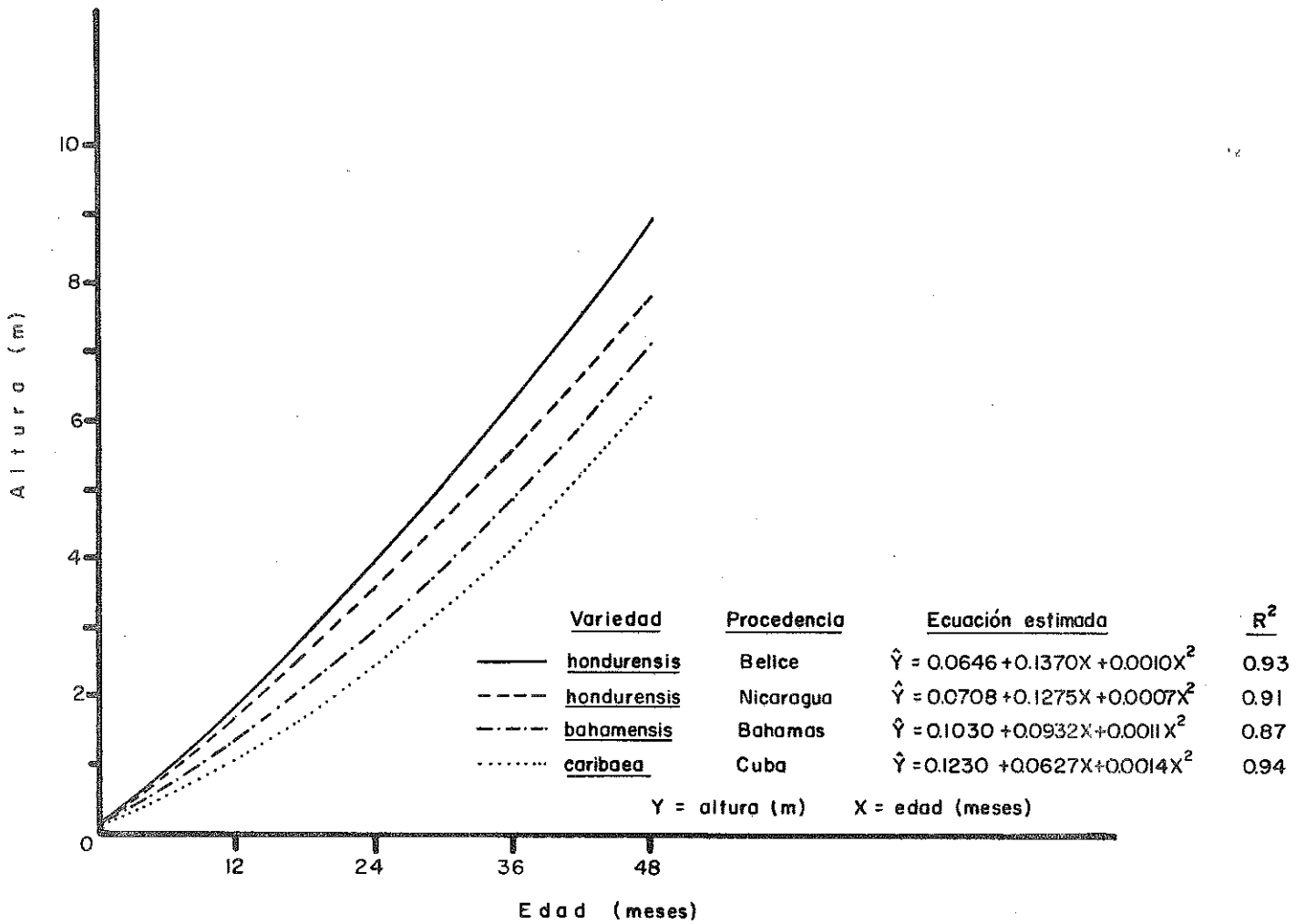


Fig. 3 Estimación de la relación edad - altura para variedades - procedencias de P. caribaea

#### 4.1.3. Volúmenes

Con base en la tabla de volumen calculada para la variedad hondurensis en Turrialba, Cuadro 2 del Apéndice, se estimaron los volúmenes alcanzados por las variedades-procedencias a los cuatro años de edad, Cuadro 7.

Cuadro 7. Volúmenes totales por ha e incremento medio anual en volumen por ha de las variedades-procedencias de P. caribaea a los cuatro años de edad

Variedad	Procedencia	Volumen total con corteza (, m <sup>3</sup> /ha)	Incremento medio anual (m <sup>3</sup> / ha / año)
<u>hondurensis</u>	Belice	91, 2	22, 8
<u>hondurensis</u>	Nicaragua	70, 4	17, 6
<u>bahamensis</u>	Bahamas	52, 8	13, 2
<u>caribaea</u>	Cuba	44, 8	11, 2

Considerando una densidad de 1600 árboles/ha el incremento medio anual en volumen con corteza es alto, aún cuando las plantaciones solamente corresponden a cuatro años de edad.

4.2. Comportamiento del *P. caribaea* var. *hondurensis* en cuatro densidades de plantación

4.2.1. Altura, DAP y poda natural de ramas

En el Cuadro 3 del Apéndice se presentan los resultados de las mediciones de diámetros y alturas para cada espaciamiento y localidad, hasta la edad de cinco años. En el Cuadro 8 se presentan los promedios de las alturas y DAP con y sin cola de zorro, y altura de la primera rama viva para cada densidad de plantación a los 5 años de edad.

Cuadro 8. Medición a los cinco años de edad en cuatro densidades de plantación de *P. caribaea* var *hondurensis*

Espaciamiento (m <sup>2</sup> )	Altura (m)		DAP (cm)		Poda natural (Altura primera rama viva) (m)	Frecuencia de cola de zorro (%)
	con cola de zorro	sin cola de zorro	con cola de zorro	sin cola de zorro		
4,00	10,23	9,91	13,25	13,40	3,58	12,5
6,25	11,67	11,30	16,40	16,75	3,44	27,4
9,00	10,81	10,78	17,20	17,79	2,74	18,0
12,25	10,04	9,86	16,70	16,90	2,77	18,3

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza incluyendo los árboles con cola de zorro, relacionando los promedios de las alturas y DAP. El análisis de la poda natural, en términos de la altura de la primera rama viva, no incluye los árboles con cola de zorro.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la altura y DAP y poda natural en cuatro densidades de plantación de P. caribaea var hondurensis de cinco años de edad

FV	GL	Altura	DAP	Poda Natural
		CM	CM	CM
Localidad	1	3,200 *	13,261 *	0,374 *
Espaciamiento	3	1,074 NS	6,401 *	0,384 *
Error	3	0,224	0,621	0,032
Total	7			

\* = Significativo al nivel de 5% de probabilidad

NS = No significativo al nivel de 5% de probabilidad

Estos resultados establecen que en los tres conceptos estudiados, a la edad de cinco años, existen diferencias apreciables ( $P < 0,05$ ) entre las localidades en que se estableció el experimento. Las densidades de plantación utilizadas no influyen en el crecimiento en altura ( $P > 0,05$ ), pero esta influencia es marcada ( $P < 0,05$ ) sobre el crecimiento diamétrico y sobre la poda natural de las ramas ( $P < 0,05$ ).

Mediante la prueba de Rangos múltiples de Duncan, se compararon los promedios de las alturas de la primera rama viva, con los siguientes resultados:

Espaciamiento (m <sup>2</sup> ):	4,00	6,25	12,25	9,00
Altura primera rama viva (m)	3,58	3,44	2,77	2,74

Las comparaciones realizadas revelan que las diferencias son apreciables ( $P < 0,05$ ) entre los espaciamientos 4,00 y 6,25 contra los espaciamientos 12,25 y 9,00; dentro de cada uno de estos grupos no se detectaron diferencias ( $P > 0,05$ ).

En las parcelas se observó con frecuencia la presencia de colas de zorro y se pensó que podrían alterar los resultados del análisis de varianza, por esta razón se optó por excluir del análisis los árboles que presentaban tal deformación, realizando nuevamente análisis a partir de los promedios de las alturas y DAP sin cola de zorro, Cuadro 8. Las diferencias encontradas, mediante los análisis de varianza para la altura y el DAP sin cola de zorro, se mantuvieron sin cambios como en el primer análisis; los valores absolutos de las alturas se mostraron sensiblemente más bajos y el promedio de los diámetros más altos.

#### 4.2.2. Tasa de incremento en altura y DAP

Con base en las mediciones obtenidas a los 25, 40, 55 y 59 meses de edad se elaboraron las curvas de crecimiento para cada espaciamiento, relacionando la edad con la altura total. En la Figura 4 se observan las ecuaciones cuadráticas utilizadas, del tipo  $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ , y los

coeficientes de determinación en cada caso.

De la observación de los coeficientes  $b_1$ , se deduce que la velocidad de crecimiento en altura es mayor para el espaciamiento  $6,25 \text{ m}^2$  con  $16,02 \text{ cm/mes}$ . Los coeficientes  $b_2$ , que corresponden a la aceleración del incremento en altura, a los cinco años de edad, son positivos, indicando que a esta edad, las curvas aún continúan subiendo.

Con el objeto de investigar los cambios en el crecimiento diamétrico, se obtuvieron las curvas de regresión para la relación edad-diámetro para cada espaciamiento. Las ecuaciones resultantes así como los coeficientes de determinación  $R^2$ , se anotan en la Figura 5. Los coeficientes  $b_1$  son positivos en todos los casos y representan la velocidad de crecimiento en diámetro y resulta mayor en el espaciamiento  $6,25 \text{ m}^2$  con  $0,78 \text{ cm/mes}$ , el más bajo corresponde a  $4,00 \text{ m}^2$ . Los coeficientes  $b_2$ , representan la aceleración del crecimiento, y en todos los casos son negativos; este resultado establece que a los 5 años de edad, las parcelas demuestran una disminución en la tasa de incremento diamétrico.

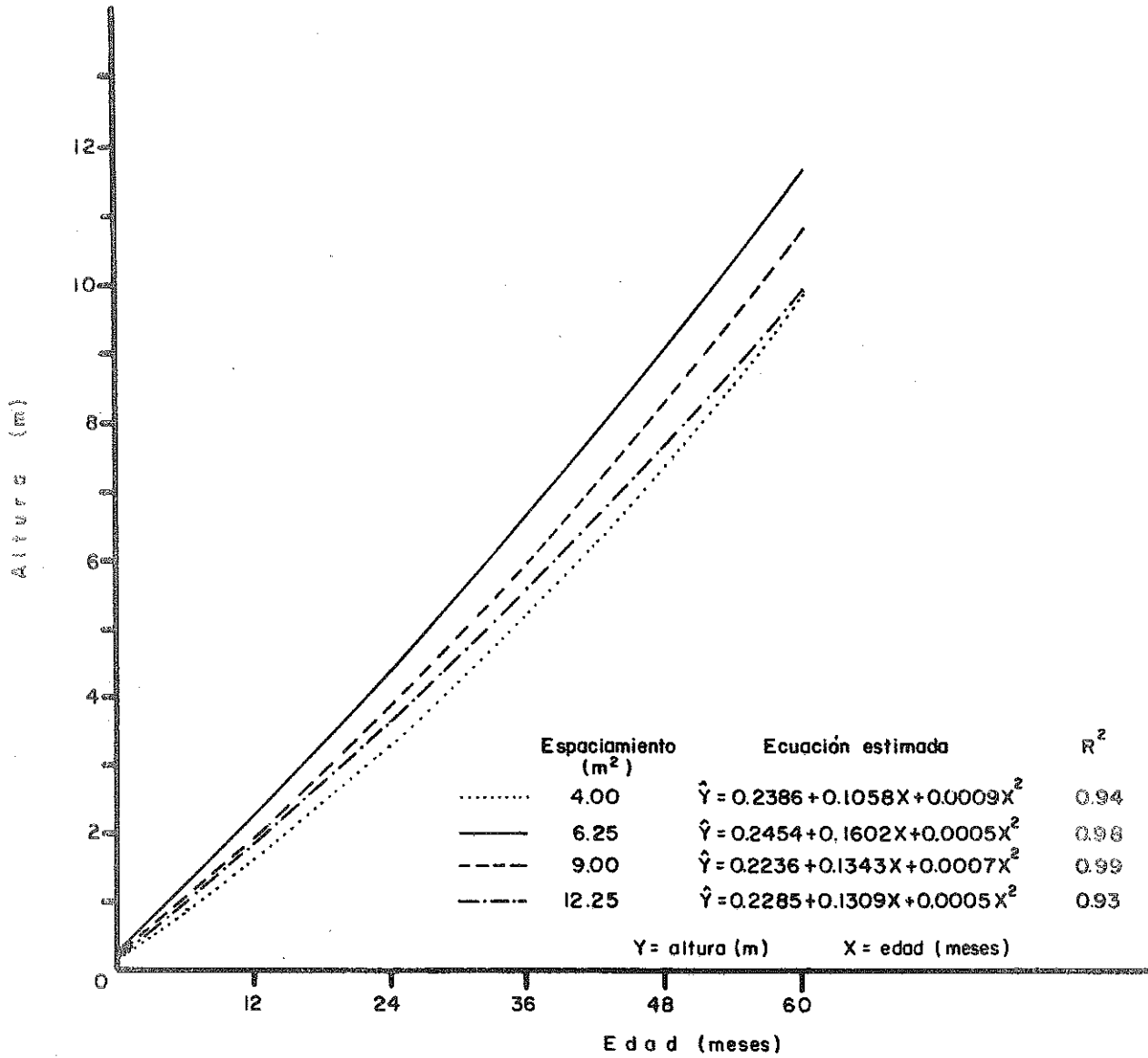


Fig. 4 Estimación de la relación edad-altura para cuatro densidades de plantación de *P. caribaea* var. hondurensis



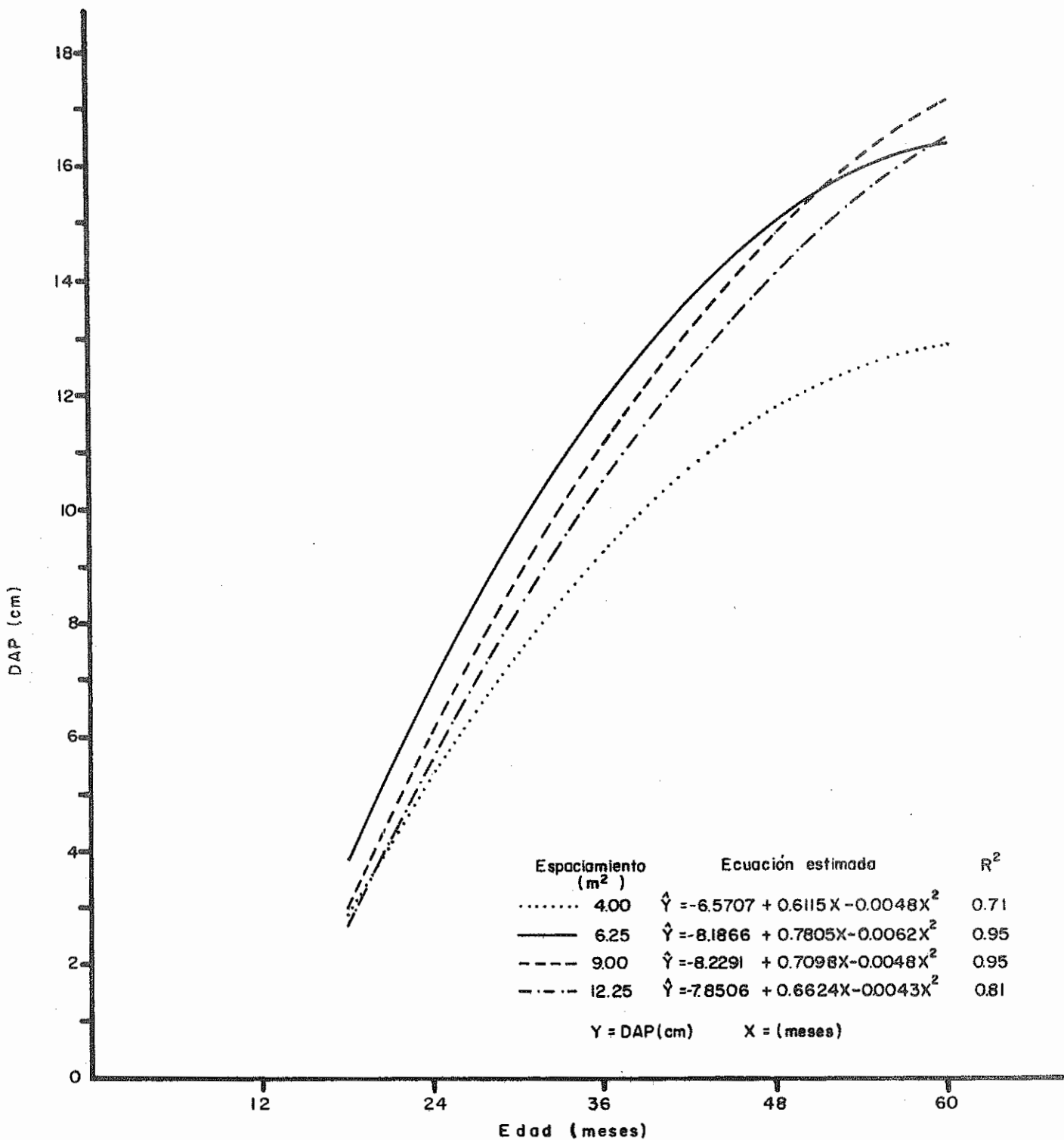


Fig. 5 Estimación de la relación edad-DAP para cuatro densidades de plantación de P. caribaea var. hondurensis

#### 4.2.3. Relación edad-espaciamento-DAP

Con base en los datos obtenidos con respecto al DAP en cada espaciamento y edad, Cuadro 3 del Apéndice, se estudiaron las curvas de ajuste para la relación edad-espaciamento-DAP, con el fin de observar sus cambios a través del tiempo de plantación. Después de probar algunos modelos, se optó por la ecuación cuadrática múltiple, con mayor bondad de ajuste.

En la Figura 6 se presenta la ecuación estimada edad-espaciamento-DAP con el coeficiente de determinación encontrado. Con base en los coeficientes estimados se dibujaron los puntos estimados de las curvas en cada edad de las parcelas, resultando que los coeficientes que indican la velocidad de crecimiento en diámetro, de acuerdo a la edad  $b_1$ , y al espaciamento  $b_2$ , 0,60 cm/mes y 1,59 cm/m<sup>2</sup> respectivamente son positivos, en ambos casos, la tasa de cambio de crecimiento representados por los coeficientes  $b_3$  y  $b_4$  son negativos, la interacción edad-espaciamento  $b_5$ , es positiva.

La tendencia general de las curvas sufre cambios en cada edad, en tanto que en el 2o. año se indican diámetros equivalentes en los espaciamentos extremos, la tendencia de los diámetros es a subir en los espaciamentos centrales. Al aumentar la edad, junto con ella, los diámetros más grandes que se van obteniendo, se van desplazando hacia los espaciamentos mayores, alcanzando las respuestas más altas en los espaciamentos 8, 8-10, 8-10 y 10 m<sup>2</sup> a los 24, 36, 48 y 60 meses respectivamente

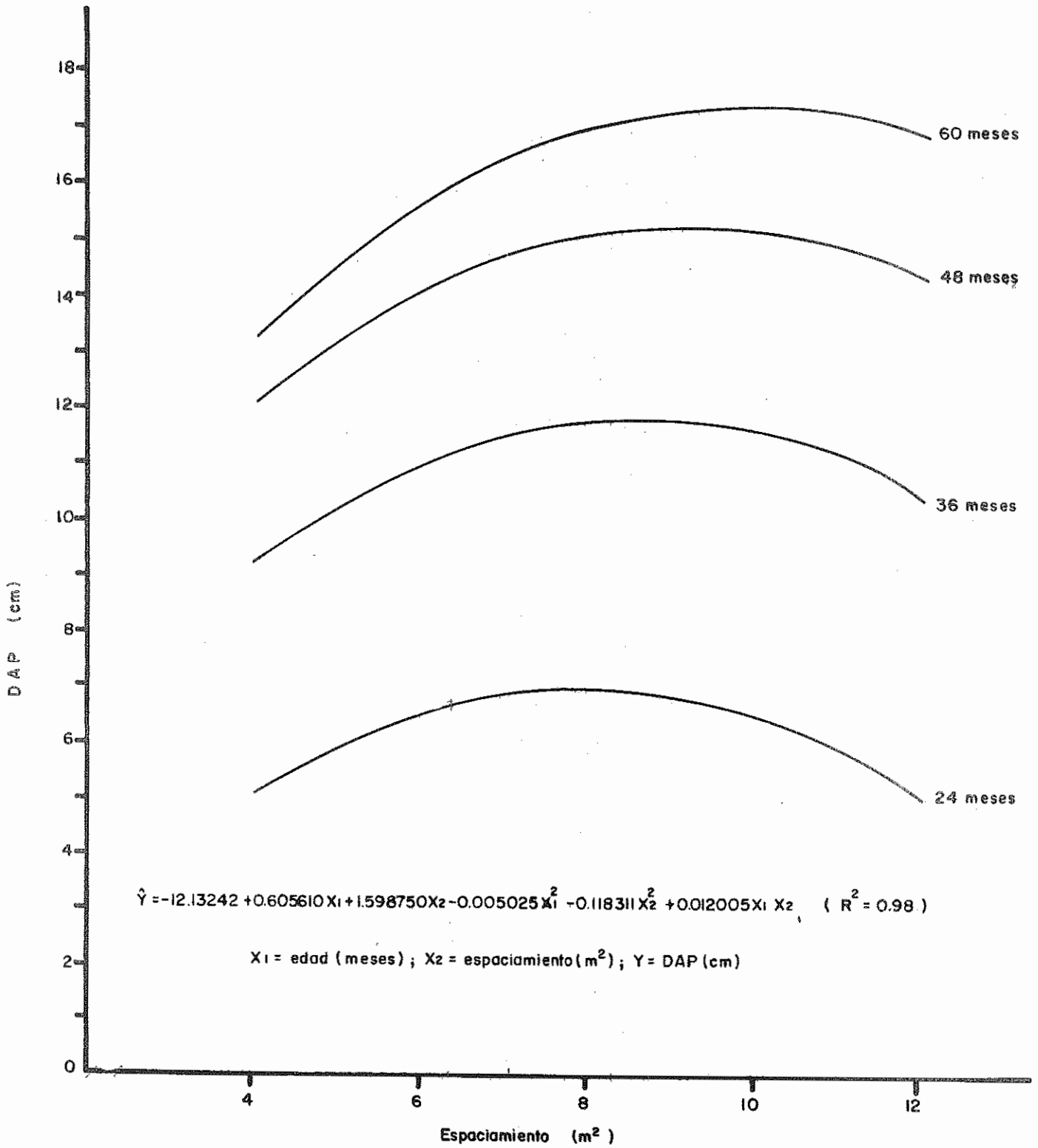


Fig. 6 Estimación de la relación edad - espaciamiento - DAP en P. caribaea var. hondurensis hasta 5 años de edad

#### 4.2.4. Volúmenes

Los volúmenes con corteza por hectárea considerando la densidad de los árboles en esta unidad de superficie, se calcularon con los promedios de los diámetros y alturas obtenidos a los 5 años de edad. Se utilizó la tabla de volúmenes para la especie en Turrialba, Cuadro 2 del Apéndice, obteniéndose los resultados que se ofrecen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Volumen total con corteza e incremento medio anual en volumen de P. caribaea var. hondurensis en cuatro densidades de plantación a los cinco años de edad

Espaciamiento (m <sup>2</sup> )	N° de árboles por hectárea	Volumen total con corteza (m <sup>3</sup> / ha)	Incremento medio anual (m <sup>3</sup> / ha / año)
4, 00	2500	180, 0	36, 0
6, 25	1600	196, 85	39, 3
9, 00	1111	137, 7	27, 5
12, 25	816	91, 3	18, 0

#### 4.3. Estudio de la ocurrencia de cola de zorro en P. caribaea

##### 4.3.1. Influencia de las variedades-procedencias de P. caribaea sobre la ocurrencia de cola de zorro

Los resultados de la frecuencia de las cola de zorro, clasificados en cuatro tipos, en las variedades-procedencias de P. caribaea, se presentan en el Cuadro 11. Como se puede apreciar, en la variedad caribaea no

existe cola de zorro, en cambio las variedades hondurensis y bahamensis presentan porcentajes variables. La procedencia de Nicaragua de la variedad hondurensis demuestra una frecuencia mayor que la procedencia de Belice de la misma variedad, y ésta presenta un porcentaje mayor que la variedad bahamensis.

Cuadro 11. Frecuencia de cola de zorro por tipos y total en variedades -procedencias de P. caribaea a los 4 años de edad

Sitio	Variedad	Procedencia	Arboles con cola de zorro normales							Total de árboles	Arboles con cola de zorro (%)
			Arboles con cola de zorro				Arboles normales				
			Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Total	Tipo 0	Tipo		
Florencia	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	8	7	6	38	59	36	95	62,1	
	<u>hondurensis</u>	Belice	4	6	4	12	26	70	96	27,0	
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0	3	0	10	13	84	97	13,4	
	<u>caribaea</u>	Cuba	0	0	0	0	0	85	85	0,0	
Florencia	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	8	10	5	5	28	57	85	32,9	
	<u>hondurensis</u>	Belice	2	0	0	1	3	67	70	4,2	
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0	3	0	3	6	83	89	6,7	
	<u>caribaea</u>	Cuba	0	0	0	0	0	73	73	0,0	
Bajo San	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	1	4	4	8	17	67	84	20,2	
	<u>hondurensis</u>	Belice	0	2	1	12	15	80	95	15,7	
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0	2	0	6	8	80	88	9,0	
San Lucas	<u>caribaea</u>	Cuba	0	0	0	0	0	82	82	0,0	
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0	5	0	5	10	74	84	11,9	
	<u>hondurensis</u>	Belice	0	5	0	6	11	82	93	11,8	
Hacienda Atirro	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0	2	0	1	3	90	93	3,2	
	<u>caribaea</u>	Cuba	0	0	0	0	0	93	93	0,0	

Para determinar la influencia de las variedades-procedencias y el sitio sobre la incidencia de cola de zorro, se realizó una prueba de  $X^2$  (chi-cuadrado), eliminando del análisis la variedad caribaea, que no presenta la anomalía bajo estudio (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de  $X^2$  para la frecuencia de cola de zorro en variedades-procedencias y sitios de P. caribaea de cuatro años de edad

FV	GL	$X^2$
Variedades-procedencias	2	73, 992 **
A y B <u>vs</u> C	1	40, 213 **
A <u>vs</u> B	1	33, 779 **
Sitios	3	66, 250 **
Variedades X sitios	6	39, 660 **
Total	11	179, 902

A: Variedad hondurensis (Nicaragua)

B: Variedad hondurensis (Belice)

C: Variedad bahamensis (Bahamas)

\*\* : Significativo al nivel de 1% de probabilidad

Los resultados de la prueba permiten establecer que las diferencias encontradas entre las variedades-procedencias, sitios y en la interacción de variedad-procedencia por sitio son muy marcadas ( $P < 0,01$ ). Los contrastes realizados revelan que las dos procedencias, Nicaragua y Belice, de la variedad hondurensis presentan mayor cantidad de cola de zorro ( $P < 0,01$ ) que la variedad bahamensis. Asimismo, al comparar entre sí las dos procedencias de la variedad hondurensis, se detectan diferencias apreciables ( $P < 0,01$ ), siendo la procedencia de Nicaragua la que presenta el mayor porcentaje de cola de zorro.

Por último se detectó una respuesta diferencial de las variedades-procedencias por sitios ( $P < 0,01$ ) lo cual indica que la frecuencia de cola de zorro está influenciada tanto por las variedades-procedencias como por el sitio de plantación.

#### 4.3.2. Efecto de la densidad de plantación sobre la ocurrencia de cola de zorro en *P. caribaea* var. *hondurensis*

La presencia de cola de zorro y sus tipos en los diversos espaciamientos así como en los sitios de plantación aparecen en el Cuadro 13. Para determinar la influencia de los diversos espaciamientos, sitios e interacciones en la ocurrencia de cola de zorro, se recurrió a una prueba de  $X^2$  (chi cuadrado) con los resultados que se ofrecen en el cuadro 14.





Cuadro 14. Análisis de  $\chi^2$  para la frecuencia de cola de zorro en densidades y sitios de plantación de P. caribaea var. hondurensis de 5 años de edad

FV	GL	$\chi^2$
Densidad de plantación	3	12,538 **
Sitios	1	8,348 **
Densidad de plantación X sitio	3	2,046 NS
Total	7	22,932

\*\* Significación al nivel de 1% de probabilidad

NS No significativo al nivel de 5% de probabilidad

Los resultados anteriores demuestran que existen diferencias apreciables ( $P < 0,01$ ) entre las densidades de plantación y los sitios, no habiéndolo ( $P > 0,05$ ) en la interacción de espaciamiento x sitio.

#### 4.3.3. Efecto de la edad sobre la ocurrencia de cola de zorro en P. caribaea var. hondurensis

Los resultados del muestreo de las plantaciones de diversa edad en el Cantón de Turrialba, se presentan en el Cuadro 4 del apéndice. En el Cuadro 15, se anotan los porcentajes totales y tipos de cola de zorro observados.

Cuadro 15. Tipos de cola de zorro, en plantaciones de P. caribaea var. hondurensis de 1 a 5 años de edad

Edad (años)	Total (%)	Tipos de cola de zorro (%)			
		1	2	3	4
1	6,3	80,0	20,0	-	-
2	10,6	42,4	57,6	-	-
3	15,1	7,6	92,4	-	-
4	29,7	10,7	32,2	10,0	47,1
5	30,9	9,4	32,8	10,9	46,9

Del análisis del Cuadro 15 se desprende que la frecuencia de cola de zorro aumenta con la edad, comenzando a ocurrir en las plantaciones desde su primer año, al 4o. año se manifiesta el mayor incremento, y de éste al 5o. año de edad, el incremento se reduce notablemente.

En los tres primeros años sólo se encuentran colas de zorro del tipo 1 y 2, la proporción del tipo 1 en el primer año es mayor al segundo y tercer año el mayor porcentaje corresponde al tipo 2. Al 4o. y 5o. años comienzan a presentarse los tipos 3 y 4 que se originan debido a que los tipos 1 y 2 cesan en su crecimiento de tipo de cola de zorro. Más de la mitad de las colas de zorro presentes a los 5 años de edad han cesado su crecimiento anormal. Cabe aclarar que los tipos 1 y 3 casi siempre se doblan y caen, presentando el motivo más apreciable de mortalidad en las plantaciones. En el futuro, el tipo 2 podría cesar su crecimiento de cola de zorro, pasando al tipo 4, caso contrario estos árboles están

sujetos a perecer como los árboles de los tipos 1 y 3.

4.4. Producción y viabilidad de semillas de P. caribaea var. hondurensis  
procedentes de plantaciones locales

En el Cuadro 16 se presentan las características más sobresalientes de los conos y las semillas recolectados en Turrialba en plantaciones de 11 y 12 años de edad.

Cuadro 16. Características de los conos y semillas de plantaciones locales de P. caribaea var hondurensis de 11 y 12 años de edad

Características	Sitios		
	Florencia Norte ( $\bar{x} \pm s$ )	Campo Gamma ( $\bar{x} \pm s$ )	Coniferato ( $\bar{x} \pm s$ )
<b>Conos:</b>			
N° de conos	30	30	30
Longitud (cm)	9,01 $\pm$ 0,56	9,22 $\pm$ 0,82	9,29 $\pm$ 0,58
Diámetro (cm)	3,08 $\pm$ 0,18	3,37 $\pm$ 0,27	3,22 $\pm$ 0,26
Peso Seco (gr.)	25,57 $\pm$ 6,14	25,62 $\pm$ 5,39	22,35 $\pm$ 4,10
Humedad (%)	40,38 $\pm$ 11,26	49,02 $\pm$ 9,97	33,98 $\pm$ 13,27
<b>Semillas:</b>			
Semillas/cono (N°)	5,60 $\pm$ 7,05	7,70 $\pm$ 9,61	22,33 $\pm$ 17,24
Peso de 100 semillas (gr.)	1,44 $\pm$ 0,44	2,36 $\pm$ 0,37	1,82 $\pm$ 0,48
Viabilidad (%)	52,93 $\pm$ 26,36	61,25 $\pm$ 19,29	63,81 $\pm$ 22,84
Germinación (%)	67,18 $\pm$ 38,49	92,10 $\pm$ 11,65	82,32 $\pm$ 27,54

Los resultados obtenidos indican que la longitud de los conos, su diámetro y peso, son bastante regulares y muy similares en los tres lugares de recolección. Los conos del Coniferato son más largos, el diámetro mayor y los conos más pesados se encuentran en el campo Gamma.

Los porcentajes de humedad determinados indican que los conos recolectados en el Coniferato fueron más maduros en comparación con los otros dos lugares. En cuanto al número de semillas por cono, también el Coniferato presentó mayor número, pero esta característica fue muy variable, como lo indican las desviaciones estandar calculadas, en este mismo lugar se encontró el cono con mayor número de semillas, 96.

Los pesos de las semillas no revelan gran variación, pero las semillas del rodal Campo Gamma fueron las más pesadas, así como el porcentaje de germinación que fue superior. La viabilidad se encontró ligeramente mayor en el Coniferato.

En el Cuadro 17 se presentan los coeficientes de correlación entre diversas variables para investigar la asociación de algunas características del cono con el número, peso, viabilidad y germinación de las semillas.

Cuadro 17. Coeficientes de correlación entre características del cono y las semillas de P. caribaea var. hondurensis

Correlación	r
Long. cono/N° de semillas	- 0, 27 **
Long. cono/Peso de semillas	-0, 05 NS
Long. cono/% viabilidad	0, 01 NS
Long. cono/% germinación	- 0, 24 NS
Diám. cono/No. semillas	0, 36 **
Diám. cono/Peso de semillas	0, 41 **
Diám. cono/% viabilidad	0, 07 NS
Diám. cono/% de germinación	0, 10 NS
Peso seco cono/N° de semillas	-0, 30 **
Peso seco cono/Peso de semillas	0, 18 NS
Peso seco cono/% viabilidad	0, 18 NS
Peso seco cono/% germinación	-0, 08 NS
% Humedad cono/N° semillas	0, 04 NS
% Humedad cono/Peso de semillas	0, 15 NS
% Humedad cono/% viabilidad	-0, 24 NS
% Humedad cono/% de germinación	0, 08 NS
Peso semillas/% viabilidad	0, 72 **
Peso semillas/% germinación	0, 56 **

\*\* Significativo al nivel de 1% de probabilidad

NS No significativo al nivel de 5% de probabilidad

Los coeficientes calculados revelan una alta correlación ( $P < 0,01$ ) entre la longitud, el diámetro y el peso seco del cono con el número de semillas, asimismo la correlaciones apreciable para el diámetro del cono con el peso de la semilla ( $P < 0,01$ ).

Las correlaciones para el porcentaje de humedad del cono con el número, peso y porcentaje de germinación de las semillas resultaron muy bajas ( $P > 0,05$ ), en cambio la correlación negativa entre el porcentaje de humedad del cono con el porcentaje de viabilidad sin ser significativo ( $P > 0,05$ ), fue el valor más alto encontrado para el grupo.

Para las características de las semillas, los coeficientes de correlación calculados entre el peso de las semillas con el porcentaje de viabilidad y con el porcentaje de germinación resultaron muy altos y significativos ( $P < 0,01$ ).

#### 4.5. Comportamiento de plántulas de cinco procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* en vivero

##### 4.5.1. Germinación

La germinación de las diferentes procedencias utilizadas se presentan en el Cuadro 18.



Cuadro 18. Porcentaje de germinación y desviación estandard para cinco procedencias de P. caribaea var. hondurensis

Procedencia	Germinación (%)
Belice (A)	52,75 ± 2,476
Nicaragua (B)	72,00 ± 2,181
Coniferato (C)	63,60 ± 4,214
Campo Gamma (D)	58,00 ± 3,651
Florencia Norte (E)	76,00 ± 3,916

Las comparaciones realizadas entre las diversas procedencias mediante la prueba  $X^2$  se ofrecen en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Comparaciones entre los porcentajes de germinación de cinco procedencias de P. caribaea var. hondurensis

FV	GL	$X^2$
A vs B	1	29,694 **
A, B vs C, D, E	1	2,357 NS
E, C vs D	1	7,379 **
E vs C	1	7,381 **
Total	4	46,811

\*\* Significativo al nivel del 1% de probabilidad

NS No significativo al nivel de 5% de probabilidad

Existe diferencia muy marcada ( $P < 0,01$ ) entre las procedencias de las semillas de su habitat natural, siendo superior la germinación de las semillas de Nicaragua a las semillas de Belice.

Al comparar la germinación de las semillas de su lugar de origen contra las semillas recolectadas en Turrialba, se encuentra que no existen diferencias apreciables entre ellas ( $P > 0,05$ ). De las comparaciones realizadas entre las fuentes de semillas procedentes de Turrialba, se encontró que el porcentaje de germinación de las semillas del rodal Florencia Norte es superior al del rodal Coniferato ( $P < 0,01$ ), y éste es superior a la germinación de las semillas recolectadas en el Campo Gamma ( $P < 0,01$ ).

Para ilustrar la velocidad de germinación de las semillas, se elaboró la Figura 7, que muestra el porcentaje de germinación acumulado durante los días de germinación. Se encontró que la germinación de las semillas de Turrialba, comienza a los dos días y tiene un período de germinación más corto en comparación con las procedencias de su lugar de origen que comienza más tarde, a los tres días y alcanza el total de germinación a los 17 días; en cambio las procedencias de Turrialba, lo alcanzan a los 14 días; estas diferencias pueden deberse a que la semilla recolectada en Nicaragua y Belice estuvo almacenada bajo refrigeración por un período de un mes, mientras que las semillas de Turrialba, se utilizaron inmediatamente después de su recolección.

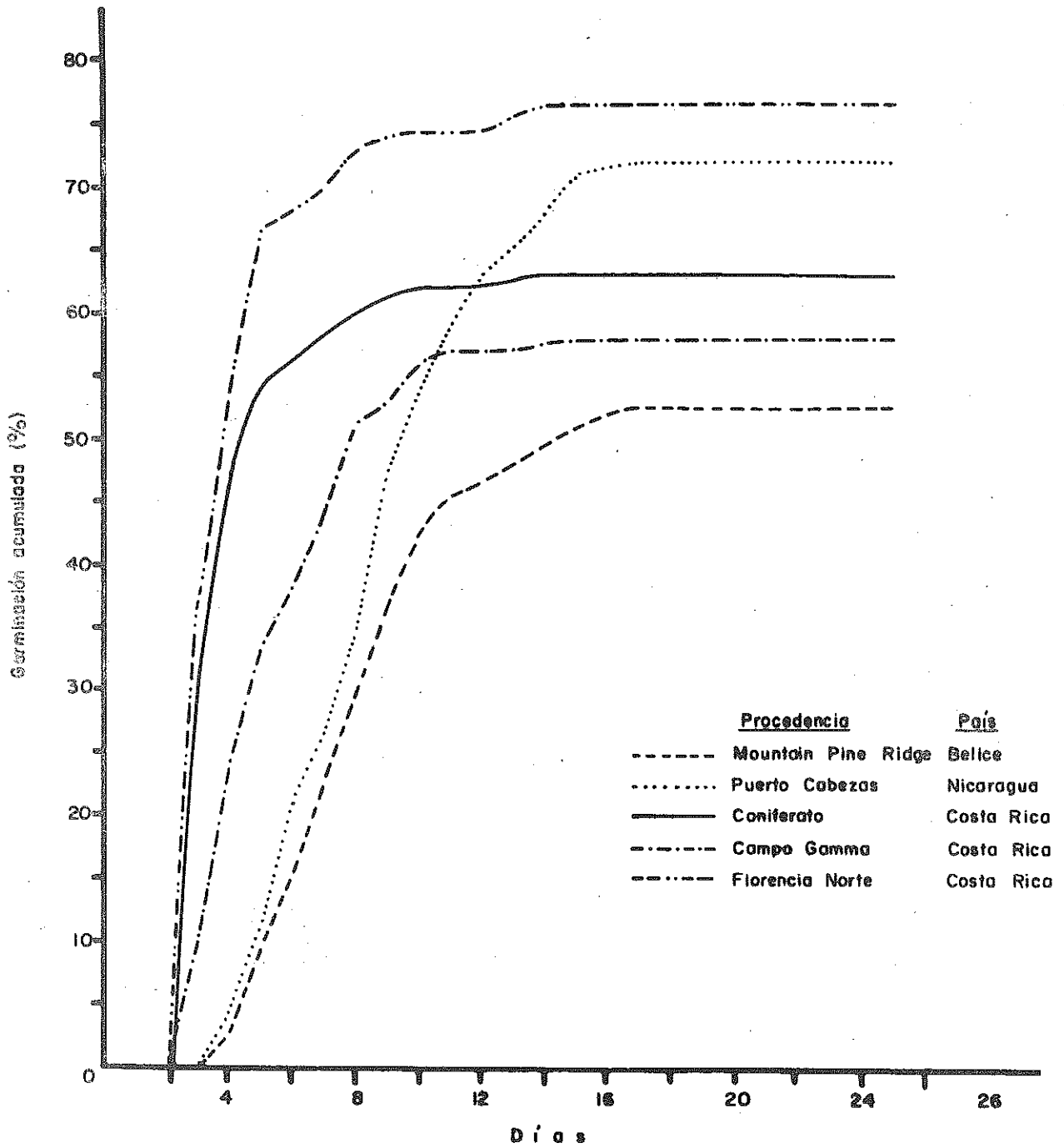


Fig. 7 Porcentaje acumulado de germinación para 5 procedencias de *P. scribneri* var. *hondurensis*

4.5.2. Crecimiento inicial en altura

Los resultados generales de las medición semanal de las alturas hasta 16 semanas después del trasplante se presentan en el Cuadro 5 del Apéndice. Las alturas finales alcanzadas y la supervivencia se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Altura y supervivencia a los cuatro meses de edad en plántulas de cinco procedencias de P. caribaea var. hondurensis en vivero

Procedencias	País	Altura (cm)	Supervivencia (%)
Mountain Pine Ridge (A)	Belice	23,17	90,0
Puerto Cabezas (B)	Nicaragua	19,39	86,0
Coniferato (C)	Costa Rica	23,21	100,0
Campo Gamma (D)	Costa Rica	21,03	80,0
Florencia Norte (E)	Costa Rica	22,61	100,0

Los resultados del análisis de varianza con los promedios de las alturas se ofrecen en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Análisis de varianza para las alturas, a los cuatro meses de edad, de cinco procedencias de P. caribaea var. hondurensis en vivero

A

FV	GL	CM
Procedencias	4	36,4382 **
Error	72	9,8926
Total	76	

\*\* Significativo al nivel de 1% de probabilidad

Los resultados indican que se detectan diferencias muy marcadas ( $P < 0,01$ ) entre las diversas procedencias que abarcó el experimento. Las comparaciones entre las procedencias por la prueba de rangos múltiples de Duncan presenta los resultados siguientes:

Procedencias:	C	A	E	D	B
Altura total (cm):	<u>23,21</u>	<u>23,17</u>	22,61	21,03	19,39
	_____			_____	
	_____			_____	

Este análisis revela que las procedencias Coniferato, Mountain Pine Ridge y Florencia Norte no presentan diferencias entre sí ( $P < 0,05$ ) y son los que alcanzaron mayores alturas totales. Asimismo la procedencia de Puerto Cabezas, alcanzó la altura menor, siendo significativamente inferior a los tres primeros, y es equivalente a la procedencia de Campo Gamma.

Con base en las mediciones semanales se calcularon las ecuaciones que relacionan la edad-altura para las procedencias en estudio; los resultados, así como los coeficientes de determinación  $R^2$  se anotan en la Figura 8. En estas figuras los coeficientes  $b_1$  indican la velocidad de crecimiento y los coeficientes  $b_2$  que en todos los casos son positivos, aseguran que las curvas de crecimiento continúan subiendo. Los coeficientes  $R^2$ , son altos, corroborando que la ecuación elegida se ajustó muy bien a los datos observados.

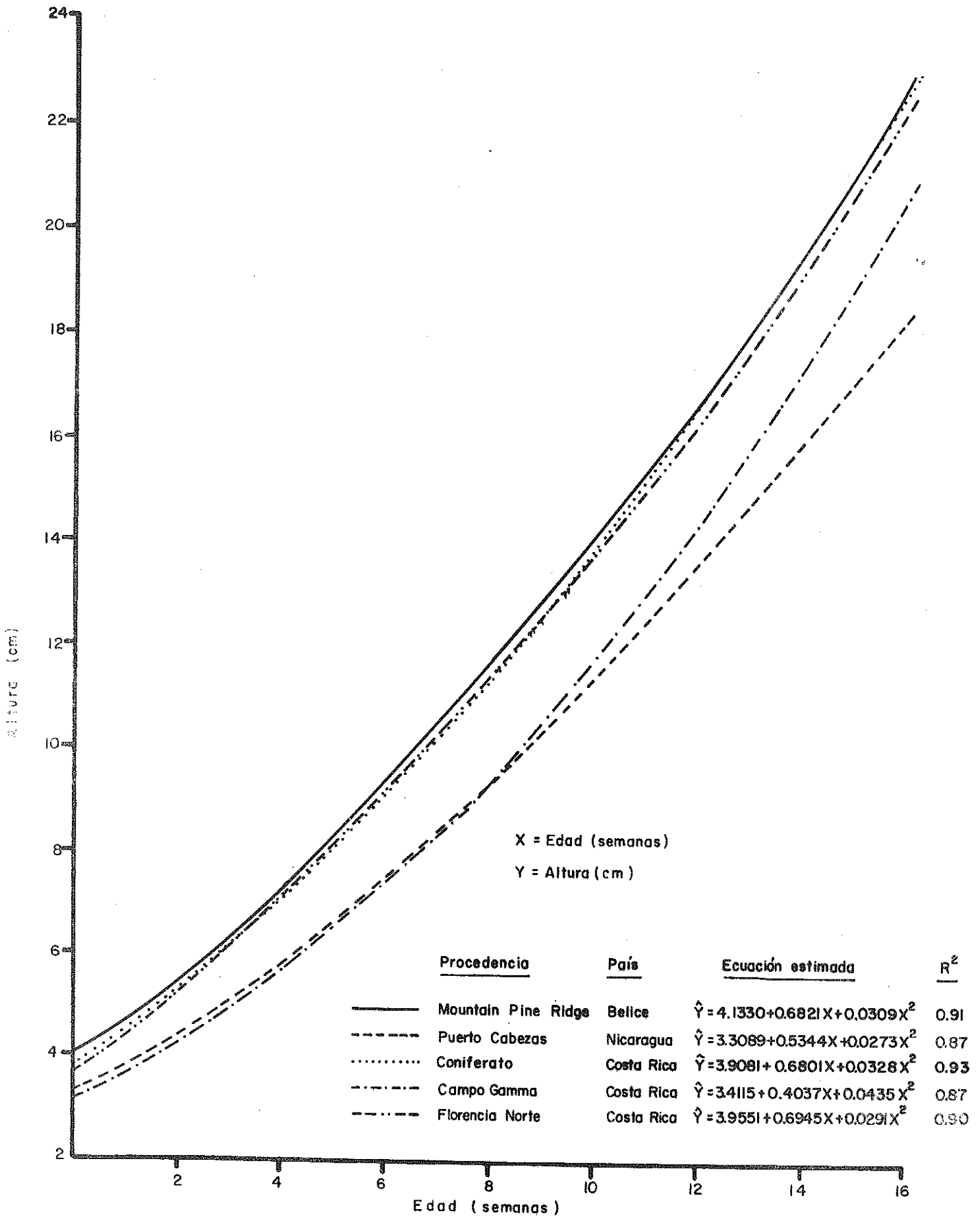


Fig. 8 Estimación de la relación edad - altura para 5 procedencias de P. caribaea var. hondurensis en vivero

## 5. DISCUSION

### 5.1. Comportamiento de variedades-procedencias de P. caribaea

De acuerdo con los resultados obtenidos por la especie P. caribaea Morelet en Turrialba, a la edad de cuatro años, se establece que en cuanto a la altura total alcanzada, la variedad hondurensis es superior a las variedades bahamensis y caribaea. Entre las procedencias de la variedad hondurensis, resulta superior la que procede de Belice, sobre la de Nicaragua; estos resultados concuerdan con muchos autores: en Argentina (4, 8), Nigeria (27), Brasil (20), Islas Fiji (53), Australia (43), y Costa de Marfil (40).

El incremento medio anual en altura de 2,19 m en la variedad hondurensis de Belice es superior a los obtenidos en Argentina (4, 17), Trinidad y Tobago (32), Guayana Británica (9), Puerto Rico (56), Malaya (45), Australia (7, 2, 43), Sudáfrica (47) y en las sabanas de Nigeria (40). También son semejantes a las reportadas en la Costa de Marfil (27). Esta variedad es superior en Uttar Pradesh y Kerala, India, pero en cambio a bajas altitudes, en Drasa, India, las alturas son muy parecidas (47, 28, 42, 53). Se establece así que la variedad hondurensis alcanza muy buen desarrollo en el caso de la condición ecológica bosque muy húmedo premontano en Costa Rica; lo mismo sucede con la variedad bahamensis, cuyo incremento medio anual en altura de 1,73 m es superior a las obtenidas en Argentina (17), siendo ligeramente inferior a las registradas en Costa de Marfil (40).

Para la variedad caribaea el incremento medio anual en altura de 1,55 m, es superior al de su habitat natural (5, 14, ), y ligeramente inferior



a los registrados en Argentina (4, 17). En los diámetros medios con corteza, obtenidos por las variedades-procedencias (Cuadro 5), demuestra superioridad la variedad hondurensis de Belice y Nicaragua, a las variedades bahamensis y caribaea. Los valores de 11,0-12,0 cm de DAP con corteza encontrados para la variedad hondurensis en Turrialba, son ligeramente superiores a los registrados en Argentina (4, 17), Trinidad y Tobago (32), Guayana Británica (9), Malaya (45), Australia (7, 2, 43) y Sudáfrica (47). El DAP encontrado para la variedad caribaea, es superior al que se registra en su lugar de origen (5, 14) y ligeramente mayor al que se alcanza en Argentina (4, 17) a la misma edad.

En la supervivencia de las variedades-procedencias, la variedad hondurensis de Belice y Nicaragua (Cuadro 5) muestra superioridad sobre las variedades bahamensis y caribaea. Las causas de la mortalidad no se registraron en los años pasados, pero en la actualidad se puede observar que la mortalidad se debe casi exclusivamente a los árboles que presentaron crecimiento de tipo de cola de zorro. Este crecimiento anormal emite una yema terminal muy larga, sin ramas y con escasa resistencia, provocando que los árboles se doblen y quiebren, fenómeno presentado solamente en las variedades hondurensis y bahamensis. La variedad caribaea presenta algunos árboles atacados por hongos en grupos aislados.

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles, se revela mejor en la variedad caribaea. Esta presenta el mejor aspecto general, fuste más recto y copa mejor conformada, siguiéndola en importancia, la variedad bahamensis y finalmente la variedad hondurensis de Belice y Nicaragua, entre estas dos últimas casi no existen diferencias en tipo de crecimiento.

Las tasas de crecimiento en altura (Figura 3) revelan un mayor crecimiento para la variedad hondurensis de Belice, siguiéndole muy de cerca la hondurensis de Nicaragua. Estas diferencias empiezan a establecerse desde el primer año de edad, siendo más acentuada a los cuatro años para la variedad hondurensis de Belice, en tanto que el resto mantiene entre sí las diferencias establecidas. A esta edad, las variedades y procedencias mantienen su ritmo de crecimiento en altura, concordando con algunos ensayos de introducción en Australia (48) y en Surinam (52), en donde se menciona un mayor crecimiento entre los cuatro y seis años. En rodales de 11 y 12 años de edad de la variedad hondurensis, plantados en pequeñas superficies en Turrialba, el incremento medio anual se ha mantenido en estos rangos, presentando alturas medias de 21,21 cm y 28,85 cm de DAP.

El incremento medio anual en volumen con corteza alcanzado por las variedades y procedencias son altos (Cuadro 7), considerando una densidad de 1600 árboles/ha, aún cuando las plantaciones solamente corresponden a cuatro años de edad. En el caso de la variedad hondurensis de Belice, los volúmenes resultan superiores a las mencionadas en su lugar de origen (21), Argentina (3) y Jamaica (21). Los incrementos alcanzados en estas plantaciones son similares a las que se presentan en Surinam(52), a los ocho años de edad. Esta relación indicaría que se podría alcanzar un incremento mayor en el próximo período de crecimiento.

El incremento medio anual en volumen, obtenido por la variedad caribaea resulta inferior al que se alcanza en la zona templada y húmeda de Argentina (3).

## 5.2. Comportamiento de *P. caribaea* var. *hondurensis* en cuatro densidades de plantación

Los aspectos estudiados, altura total, diámetro y poda natural de ramas en la variedad *hondurensis*, como consecuencia de las densidades de plantación utilizadas, revelan que a la edad de cinco años el espaciamiento inicial no provoca diferencias significativas entre las alturas alcanzadas. Debido al rápido crecimiento de esta variedad, empiezan a mostrarse diferencias desde el 2o. año de edad (Figura 4) en los valores para las alturas, pero éstas no son estadísticamente diferentes. Las tasas de incremento en altura continúan ascendiendo a la edad de cinco años. En cambio la relación del espaciamiento con el DAP (Figura 5) nos revela que la competencia empieza a establecerse desde el 2o. año de plantación, habiendo un incremento muy alto del 2o. al 3er. año y, a la edad de cinco años los diversos espaciamientos presentan diferencias significativas, alcanzándose los valores más grandes de DAP en los espaciamientos más amplios. A pesar de esto los coeficientes  $b_1$  para la relación edad-DAP son positivos, pero los coeficientes  $b_2$ , que indican la aceleración del crecimiento diamétrico en todos los casos son negativos, demostrando que la curva comienza a disminuir a esta edad. Los valores más altos del diámetro se presentan en el espaciamiento  $9,00 \text{ m}^2$ .

Del estudio conjunto de la influencia de la edad y la densidad de plantación sobre el DAP (Figura 6) se observa que la velocidad de crecimiento diamétrico en ambos factores es positivo, siendo mayor la influencia del espaciamiento, pero en ambos casos, la aceleración del crecimiento en diámetro es negativo. La tendencia general de las curvas sufre cambios en cada edad, mientras que en el 2o. año se indican diámetros equivalentes en los espaciamientos extremos, la tendencia de los diámetros es aumentar en los espaciamientos centrales. A mayor edad los diámetros

más altos que se obtienen, van desplazándose hacia los espaciamientos más amplios, alcanzando los mejores diámetros en los espaciamientos 8,00, 8,00, 8,00-10,00 y 10,00 m<sup>2</sup> a los 24, 36, 48 y 60 meses de edad respectivamente.

Derivada de la competencia establecida por los diversos espaciamientos, la poda natural de ramas presentada a los 5 años de edad, es mayor en los espaciamientos 4,00 y 6,25 m<sup>2</sup>, las ramas de los árboles se tocan y entrelazan, cubriendo completamente el espacio disponible, provocando que las ramas inferiores comiencen a secarse; en cambio en los espaciamientos más amplios 9,00 y 12,25 m<sup>2</sup> quedan aún espacios por cubrir y los árboles producen ramas más largas y gruesas. Las diferencias encontradas en estos dos grupos son apreciables y la altura actual a la que se encuentra la primera rama viva es de 3,58 m en el espaciamiento 4,00 m<sup>2</sup>. Se observa también que el crecimiento de malezas en el piso del bosque es más reducido en los espaciamientos menores.

Los volúmenes estimados más altos se presentan en el espaciamiento 6,25 m<sup>2</sup> (Cuadro 10) llegando a 196,8 m<sup>3</sup>/ha, a los cinco años de edad, esto es, un incremento medio anual de 39,3 m<sup>3</sup>/ha/año, bajo una densidad de 1600 árboles/ha, siguiéndole el espaciamiento 4,00 m<sup>2</sup> con 180,0 m<sup>3</sup>/ha, que se obtiene debido a la alta densidad, 2500 árboles/ha. Sin embargo, el espaciamiento 9,00 m<sup>2</sup> que representa el tercer lugar en volumen con 1111 árboles/ha alcanza 137,7 m<sup>3</sup>/ha y el espaciamiento 12,25 con sólo 816 árboles/ha llega hasta 91,3 m<sup>3</sup>/ha, representando un incremento medio anual de 18,0 m<sup>3</sup>/ha/año.

### 5.3. Crecimiento anormal cola de zorro

Este tipo de crecimiento se encontró en todas las variedades de P. caribaea en el cantón de Turrialba, excepto en la variedad caribaea.

La variedad hondurensis de Nicaragua presentó un porcentaje mayor que la procedente de Belice y en tercer lugar la variedad bahamensis (Cuadro 11). Estos resultados concuerdan con los informes de introducción de las variedades en Argentina (4, 8, 35, 17), Brasil (20), Hawaii (33), Malaya (30), Surinam (46, 52), Trinidad y Tobago (31) y Costa Rica (57).

Las diferencias encontradas son altamente significativas entre las variedades y las procedencias estudiadas, también hay diferencias en cuanto a los sitios estudiados, a los cuatro años de edad. Estos resultados concuerdan con Wiersum (57) quien estudió las mismas plantaciones a los 2, 5 años de edad, manteniéndose aún las diferencias entre variedades.

Los análisis efectuados en las parcelas de espaciamento por sitio para la variedad hondurensis de cinco años de edad permiten establecer que la frecuencia de cola de zorro se presenta diferencialmente en cada densidad de plantación, siendo la ocurrencia mayor en el mejor sitio, Florencia Norte. Los porcentajes encontrados son más altos en el espaciamento  $6,25 \text{ m}^2$  (Cuadro 13). Según este resultado, y de acuerdo con Wiersum (57), se puede decir que las colas de zorro se presentan en mayor proporción donde la altura está ocurriendo con mayor velocidad de crecimiento, no existiendo diferencias en las interacciones de espaciamento por sitios.

Con base en los resultados del muestreo llevado a cabo en las plantaciones de la variedad hondurensis, se puede establecer que la ocurrencia de colas de zorro aumenta con la edad, apareciendo desde el primer año de plantación con 6,3% de la población. Para los años siguientes, 2o. y 3o. aumenta hasta el 15%, manifestándose el incremento mayor en el 4o. año de edad, con 29,7%, el cual obtiene un incremento mínimo al alcanzar 30,9% a los cinco años (Cuadro 15). Estos resultados concuerdan con las observaciones realizadas por Versteegh (52) en Surinam.

En cuanto a los tipos de colas de zorro encontrados en las plantaciones (Figura 3) sólo se presentan los tipos 1 y 2 en los tres primeros años de plantación, siendo mayor la proporción de tipos 1 en el primer año y después cambia a un porcentaje mayor para el tipo 2 en los años 2o. y 3o. (Cuadro 15). Después de los tres primeros años comienzan a presentarse los tipos 3 y 4, originados por cese del crecimiento de cola de zorro de los tipos 1 y 2. Los tipos 1 y 3 casi siempre se doblan y caen constituyendo casi el único motivo de mortalidad en las plantaciones. En la actualidad, a los 5 años de edad, más del 50% de cola de zorro son de los tipos 3 y 4, permaneciendo un bajo porcentaje del tipo 1 y muchos del tipo 2. Se piensa que la mayoría del tipo 2 cambiará en el futuro al tipo 4, siempre y cuando la longitud de la cola de zorro no sea muy grande, caso contrario, sufren las mismas consecuencias que los tipos 1 y 3.

De acuerdo con Wiersum, Koslowsky y Lanner (57, 30, 33) y los resultados obtenidos, se puede establecer que en el cantón de Turrialba, la ocurrencia de las colas de zorro se ve muy influida por las variedades, procedencias, densidad de plantación y el sitio.

5.4. Producción y viabilidad de semillas de plantaciones locales y comportamiento en vivero de cinco procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis*

Los resultados de las características medidas de los conos y semillas recolectadas en plantaciones de 11 y 12 años de edad de la variedad hondurensis (Cuadro 16) revelan que la longitud, diámetro y peso seco de los conos son bastante regulares y muy similares en los tres lugares de recolección.

En cuanto al número de semillas por cono, el rodal Coniferato presenta más semillas que los conos de los rodales Florencia Norte y Campo Gamma, pero esta característica es muy variables, encontrándose muchos conos sin semillas. En este mismo lugar se encontró el cono con mayor número de semillas, 96.

Los pesos de las semillas no revelan gran variación y la viabilidad se encontró ligeramente superior en el Coniferato; el porcentaje de germinación fue superior en el Campo Gamma.

La viabilidad encontrada para las semillas 59,3% es muy similar a las halladas en plantaciones de 8-9 años de edad en Fiji para la misma variedad y es muy aproximado al de su habitat natural (53).

En observaciones de campo realizadas durante los recorridos por las plantaciones, esporádicamente se observan conos en edades desde 4 años y la floración comienza de fines de noviembre a diciembre, lo que coincide con informes de Chalmers (9) en Trinidad y Mesbruge (40) en Costa de Marfil.

Las correlaciones entre las características de los conos con las semillas (Cuadro 17) revelan que existe una alta correlación entre la longitud, diámetro y peso seco del cono con el número de semillas. En el caso de la longitud y el peso seco, estas correlaciones son negativas, para el caso del diámetro, es positivo, es decir, que a mayor diámetro, del cono corresponde un mayor número de semillas.

Los coeficientes de correlación para el porcentaje de humedad del cono, que se considera como un indicador de la madurez, Vega (51) con el número, peso y porcentaje de germinación de las semillas, resultaron bajos y no significativos.

La correlación entre los porcentajes de viabilidad de las semillas y de humedad del cono, sin ser significativo, fue el valor más alto encontrado para el grupo y la correlación es negativa, es decir, que a mayor humedad corresponde menor viabilidad de las semillas.

Los coeficientes de correlación resultaron muy altos y significativos, entre el peso de las semillas y el porcentaje de viabilidad, y con el porcentaje de germinación.

Los estudios realizados para investigar el comportamiento de las semillas procedentes de las plantaciones locales de la variedad hondurensis de 11 y 12 años de edad comparados con las procedentes de su habitat natural, revelaron que el porcentaje de germinación de las tres procedencias locales, 65,8% resultó superior a la procedente de Mountain Pine Ridge, Belice e inferior a la procedente de Puerto Cabezas, Nicaragua, sin embargo la semilla local del rodal Florencia Norte, resultó superior a las procedentes de Belice y Nicaragua, incluyendo a las otras dos procedencias locales. Este porcentaje promedio es sensiblemente superior al promedio



anotado por Mesbruge (40) para las semillas importadas en Costa de Marfil.

Las comparaciones realizadas revelan que las diferencias en los porcentajes de germinación (Cuadro 19) entre las procedencias del habitat natural de la especie, son muy marcadas, siendo superior la germinación de las semillas de Nicaragua a las de Belice, las comparaciones de estas dos procedencias contra las tres locales, reveló que no existen diferencias apreciables entre ambas.

De las comparaciones entre las fuentes de semillas locales, se encontró que el porcentaje de germinación de las semillas del rodal Eldrencia Norte es superior al del rodal Coniferato y éste lo es al del rodal Campo Gamma.

Los porcentajes de germinación acumulados durante los días de germinación para cada procedencia (Figura 8) desdemonstran que la germinación de las semillas de Turrialba comienza a los dos días y alcanzan su germinación total a los 14 días, en cambio las semillas procedentes de su habitat natural comienzan a los tres días y alcanzan su germinación total a los 17 días. Estas diferencias pudieran deberse a que se utilizó semillas fresca en las procedencias locales, mientras que las procedentes de su habitat natural se almacenaron bajo refrigeración durante un mes, aproximadamente, aún así, los resultados de los períodos necesarios para la germinación resultaron más cortos que los mencionados para la variedad en Puerto Rico (56) y en India (28).

Los resultados generales del repicado a macetas en vivero y de las alturas semanales de estas procedencias hasta cuatro meses de edad

(Cuadro 20) demuestran que las procedencias Coniferato, Mountain Pine Ridge y Florencia Norte son muy similares y alcanzaron las mayores alturas totales 23,2, 23,1 y 22,6 cm, respectivamente. Las tasas de incremento el altura (Figura 8) en orden decreciente corresponden a las procedencias Florencia Norte, Mountain Pine Ridge, Coniferato, Puerto Cabezas y Campo Gamma.

La supervivencia encontrada para las procedencias en su etapa de vivero (Cuadro 20) muestran superioridad las de Florencia Norte, Coniferato y Mountain Pine Ridge, entre 90-100%, comparadas con las procedencias Puerto Cabezas y Campo Gamma, que resultó de 80 a 86%.

## 6. CONCLUSIONES

1. Las variedades y procedencias de P. caribaea Morelet, tienen un comportamiento general satisfactorio en su adaptación inicial, a los 4 años de edad, en la condición ecológica "bosque muy húmedo premontano" de Holdridge, en el Cantón de Turrialba, Costa Rica. La variedad hondurensis procedente de Belice demostró el mejor desarrollo en cuanto a diámetro, altura y volumen.
2. La densidad de plantación en P. caribaea var. hondurensis de 5 años de edad, influye directamente en el crecimiento diamétrico y poda natural de ramas, demostrándose al mismo tiempo que las densidades no influyen al crecimiento en altura.
3. La presencia de cola de zorro se ve muy correlacionada con las variedades, procedencias, densidad de plantación y sitio, demostrándose también que la frecuencia de este tipo de crecimiento aumenta con la edad. La variedad caribaea no presenta cola de zorro, mientras que en la variedad hondurensis de Nicaragua y Belice, se observa el mayor número, siguiéndole la variedad bahamensis.
4. La viabilidad, germinación y el crecimiento en altura de las plantas de 4 meses de edad resultantes de las semillas de P. caribaea var. hondurensis a los 11 y 12 años de edad, en

Turrialba, son similares a los obtenidos con semillas procedentes de su habitat natural, Belice y Nicaragua.

## 7. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo investigar el comportamiento de las variedades-procedencias de Pinus caribaea Morelet, en plantaciones experimentales y comerciales de 1 a 12 años de edad, plantadas en la condición ecológica bosque muy húmedo premontano de Holdridge en el Cantón de Turrialba, Costa Rica.

La adaptación inicial de la especie resultó satisfactoria, siendo la variedad hondurensis procedente de Belice superior en altura diámetro y volumen a la procedente de Nicaragua, y a las variedades bahamensis y caribaea. La variedad caribaea presenta la mejor forma de fuste y copa pero es de crecimiento más lento que las otras variedades. La variedad hondurensis bajo diversas densidades de plantación respondió diferencialmente en cuanto al DAP y a la poda natural de ramas; estas densidades no influyeron en el crecimiento en altura.

La variedad caribaea no presenta colas de zorro; la mayor frecuencia se encuentra en la variedad hondurensis de Nicaragua y la menor en la variedad bahamensis, siendo la procedencia de Belice de la variedad hondurensis intermedia entre ambas.

La presencia de cola de zorro aumenta con la edad y su ocurrencia se ve influenciada por las variedades, procedencias, densidad de plantación y el sitio.

Las semillas de rodales locales de 11 y 12 años de edad de la variedad hondurensis producen plantas, en vivero, similares en altura a las procedentes de semillas recolectadas en su habitat natural.

## 7a. SUMMARY

This study was concerned with the development of Pinus caribaea Morelet varieties and provenances in experimental and commercial plantations of 1 to 12 years of age, which were established under "Premontane wet forest" conditions, as described by Holdridge, in the province of Turrialba, Costa Rica.

Initial adaptation of the species was satisfactory. Largest height, diameter and volume were obtained with variety hondurensis from Belice, followed by hondurensis from Nicaragua, bahamensis and caribaea.

Variety caribaea had best stem form and crown development but smallest growth rate. Variety hondurensis behaved differently under varying plantation densities with respect to d. b. h. growth and natural pruning. There was no effect on height growth due to different spacings.

Variety caribaea had no foxtails. Largest foxtail frequency was observed in variety hondurensis from Nicaragua, and lowest in variety bahamensis. Variety hondurensis from Belice was intermediate in foxtail frequency.

The occurrence of foxtail increases with age, and differs between varieties, provenances, plantation densities and sites.

Nursery seedlings of variety hondurensis from locally collected seeds grew as well as those coming from seeds collected in their natural habitat.

## 8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V.A. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación IICA, Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA, 1971. 139 p.
2. ALTENA, A. C. van. Growth of Caribbean and Benguet pines in Northeastern Queensland. In Burley, J, y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 385 - 399.
3. BARRETT, W. H. G. y GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades del "pino del caribe". Caribbean Forester 23(2): 59-71. 1962.
4. \_\_\_\_\_ . The growth of subtropical pines in Argentina. In Burley, J. y Nikles, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 247-284.
5. BETANCOURT, B. A. Algunos estudios y experiencias realizadas con Pinus caribaea Morelet en Cuba. In Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v. 2, pp. 1590-1599. <sup>274</sup>
6. BURGESS, I. P. Trials of exotic conifers on the North coast of New South Wales, Australia. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 373-384.
7. CAMERON, D. M. y GRACIUM, G. C. J. Early performance of Pinus caribaea Mor. and P. oocarpa Schiede in the Northern Territory of Australia. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 366-372.



8. CELULOSA ARGENTINA, S. A. Repoblación forestal con pinos y eucaliptos en Misiones, Argentina. Misiones, Argentina, 1958. 63 p.
9. CHALMERS, W. S. Observations on some caribbean forest. *Caribbean Forester* 19(1): 30-42. 1958.
10. \_\_\_\_\_. The breeding of pine (*Pinus caribaea* Mor.) and teak (*Tectona grandis* L.) in Trinidad. Some early observations. *Caribbean Forester* 23(2): 100-111. 1962.
11. DONDOLI, C. y TORRES, J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industria, 1954. 180 p.
12. DUBOIS, J., HALLEWAS, P. H. y KNOWLES, O. H. The role of the lower Brazilian Amazonas as a source of wood products. *In* Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v. 3, pp. 3213-3223.
13. FREEZAILLAH, B. Y. Some notes on *Pinus caribaea* Mor. grown in Malaya. *Malayan Forester Research Pamphlet* n° 54. 1966.
14. FORS, A. J. El pino macho (*Pinus caribaea*) en las lomas de Trinidad, Cuba. *Caribbean Forester* 8(2): 125-129. 1947.
15. GEARY, T. F. y ZAMBRANA, J. A. Comparative adaptability of conifers in Puerto Rico. *In* Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 226-234.
16. GOLFARI, L. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. *Unasyuva* 17(1).33-42. 1963.
17. \_\_\_\_\_ y BARRETT, W. H. G. Comportamiento de las coníferas cultivadas en Puerto Piray, Misiones. *IDIA (Supl. Forestal)* (Argentina). n° 4: 31-52. 1967.
18. \_\_\_\_\_. Elección de especies de coníferas para repoblaciones forestales de regiones tropicales y subtropicales húmedas. *In* Congreso Forestal Mundial, 6o. Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v. 3, pp. 3223-3228.
19. \_\_\_\_\_. Reseña de debates. *In* Congreso Forestal Mundial 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v. 2, p. 1278.

20. GOLFARI, L. Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 264-273.
21. GRAY, K. M. Potential of Pinus caribaea var. hondurensis Barr. and Golf. in Jamaica. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v 1, pp. 235-250.
22. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. area. Turrialba, Costa Rica, I A I A S, 1961. 76 p.
23. HOLDRIDGE, L. R. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1966. 1 p.
24. HUGHES, J. F. Utilization of the wood of low altitude tropical pines. In Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, Canberra, Australia, 1967. v.1, pp. 845-864.
25. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Resumen de los datos Meteorológicos, desde la iniciación de observaciones hasta diciembre 31, 1970. Turrialba, Costa Rica, 1971. 1p. (Mimeografiado).
26. ISOLAN, F. B. Estudio da qualidade de sitio para Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barrett y Golfari no cantao de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972, 83 p.
27. IYAMABO, D. E., JACKSON, J. K. y OJO, G. O. A. Pine trials in the savanna areas of Nigeria. In Burley, J. y Nikles, D. G. eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v 1, pp. 200-212.
28. JOSHI, H. B. y PANDE, D. C. Introduction of tropical conifers in hill regions of Uttar Pradesh (India). In Burley, J. y Nikles D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1 pp. 285-301.
29. KEMP, R. H. Seed sources procurement of low-altitude tropical pines in Central America. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 9-16.

30. KOZLOWSKI, T. T. y GREATHOUSE, T. E. Crecimiento de las ramas de los pinos y su forma en el trópico. *Unasylya* 24(4): 6-14. 1970.
31. LAMB, A. F. A. Exotic forest trees in Trinidad and Tobago. Trinidad and Tobago, Gov. Printery, 1965. 24 p.
32. \_\_\_\_\_. Essentials of a tree improvement programme for developing countries with special reference to fast grown species for industrial plantations in the tropics. *In* Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v 2, pp. 1409-1413.
33. LANNER, R. M. The phenology and growth habits of Pines in Hawaii. U.S. Forest Service, Research Paper PSW-29. 1966. 25 p.
34. \_\_\_\_\_. Growth and morphogenesis of pines in the tropics. *In* Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 126-132.
35. LARGUIA, A. Comportamiento de Pinus caribaea var. hondurensis en Misiones. IDIA (Supl. forestal) (Argentina) n° 4:53-8. 1967
36. LOAIZA, V. H. G. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento de Pinus caribaea Morelet var. hondurensis (Senéclauze) Barrett y Golfari y Eucalyptus saligna Smithii en plantación. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 104. p.
37. LOJAN, L. Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos árboles tropicales. Turrialba 15(3):231-237. 1965.
38. MELCHIOR, G. H. y QUIJADA, M. Preliminary results of species-provenance trials of exotic conifers in Venezuela. *In* Burley J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 251-263.
39. MESBRUGE, G. de la. Du choix des essences et des méthodes de reboisement industriel en Côte-d'Ivoire. *In* Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v 3, pp. 3207-3213.
40. \_\_\_\_\_. First results of the introduction of pines in the low-land tropical zone of the Ivory Coast. *In* Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 213-225.

41. MIROV, N. T. y LARSEN, E. Possibilities of Mexican and Central American pines in the world reforestation projects. *Caribbean Forester* 19(3-4): 43-49. 1958.
42. NAIR, P. N. Preliminary trials with tropical conifers in Kerala State. *In* Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and Breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, p. 302-317.
43. NIKLES, D. G. A 15-years provenance study of Pinus caribaea Morelet in subtropical coast lowlands of Queensland, Australia. *In* Burley J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972 v 1, pp.400-417.
44. PICCHI, C. G. y BARRETT, W. H. Efecto de heladas intensas sobre las especies de Pinus cultivadas en Castelar, IDIA. (Supl. Forestal) (Argentina) n° 4:1-11. 1967.
45. SANDRASEGARAN, K. A general volume table for Pinus caribaea Mor. *Malayan Forester* 28(1):20-27. 1968.
46. SCHULTZ, J. P. y RODRIGUEZ, L. Plantaciones Forestales en Surinam. *Revista Forestal Venezolana* 9(14):5-36. 1966.
47. SETH, S. K. An analysis on the performance of some tropical and subtropical pines in India. *In* Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v 1. pp. 327-350.
48. SLEEM, U. REILLY, J. J. Recents highlights of tree breeding in Queensland. *In* Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v.2, pp. 1773-1778.
49. \_\_\_\_\_. An example of the use of studies in controlled environments to assist tree breeding programs. *In* Burley J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 136-141.
50. STREETS, R. J. Exotics forest trees in the British Commonwealth. Oxford, Clarendon Press, 1962. pp. 315-320.
51. VEGA, L. Observaciones silviculturales sobre Pinus patula Schlech y Cham, en Cundinamarca, Colombia. *Turrialba*, 15(4):325-335. 1965.

52. VERSTEEGH, P. J. D. Plantaciones de Pinus caribaea en Surinam. In Congreso Forestal Mundial, 6o., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1968. v. 3, pp. 1688-1697.
53. VINCENT, A. J. y MANG, M. Growth of Pinus caribaea var. hondurensis Barr. and Golf. in Fiji. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 351-365.
54. VISITA A Cuba. Informe general. In Seminario y Viaje de Estudio de Coníferas Latinoamericanas, México, D.F., 1960. Informes. 2a. ed. México, D.F. Centro Regional de Ayuda Técnica, 1967. pp. 205-218.
55. VOORHOEVE A. G. y WEELDEREN, A. W. H. van. Nursery practice of Pinus caribaea var. hondurensis in Surinam. Turrialba 21 (1):89-97. 1971.
56. WHITMORE, J. L. y GEARY, T. F. Pinus merkusii Jung. and Vriese provenance trial in Puerto Rico. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v.1, pp. 161-172.
57. WIERSUM, K. F. Some observations on the occurrence of foxtails in young Pinus caribaea plantations at Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 10 p. (Mecanografiado).

9. A P E N D I C E

Cuadro 1. Mediciones de alturas, DAP y supervivencia de variedades -procedencia de P. caribaea hasta 4 años de edad

Localidad	Variedad	Procedencia	Altura Media (m)				DAP Medio (cm)	Supervivencia (%)	
			M e s e s						
			7	12	28	42			47
Florencia	<u>hondurensis</u>	Belice	0,89	2,11	5,87	*	10,77	14,28	97,2
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,84	1,96	5,30	*	9,26	12,91	91,7
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,71	1,60	4,73	*	8,58	12,56	97,2
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,49	1,07	3,75	*	7,21	12,18	86,1
Florencia	<u>hondurensis</u>	Belice	0,69	1,45	4,23	7,03	7,90	12,16	75,0
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,79	1,68	4,60	7,21	7,98	12,25	94,5
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,68	1,42	3,96	6,60	7,58	11,17	80,5
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,43	1,01	3,03	5,21	6,10	9,55	72,2
Bajo	<u>hondurensis</u>	Belice	1,02	2,06	5,73	*	9,72	12,73	97,2
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,93	1,79	4,69	*	8,66	12,19	91,7
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,73	1,44	4,21	*	7,89	10,88	83,2
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,58	1,27	3,55	*	7,02	10,65	80,5
San Lucas	<u>hondurensis</u>	Belice	0,75	1,41	4,02	*	6,79	10,66	91,6
	<u>hondurensis</u>	Nicaragua	0,54	1,15	2,94	*	4,74	8,63	88,9
	<u>bahamensis</u>	Bahamas	0,46	0,79	2,00	*	3,67	6,06	91,6
	<u>caribaea</u>	Cuba	0,38	0,75	2,24	*	4,53	7,48	97,2

\* No se tomaron mediciones

Cuadro 2. Tabla de volumen total con corteza. sin ramas ni tocon, para

P. caribaea var. hondurensis

DAP c.c. (m)	A l t u r a T o t a l (m)								V o l u m e n e s c o n c o r t e z a (m <sup>3</sup> )
	4	6	8	10	12	14	16	18	
0.04	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024
0.06	0.008	0.012	0.017	0.021	0.026	0.030	0.035	0.040	0.044
0.08	0.013	0.019	0.026	0.033	0.040	0.047	0.054	0.061	0.068
0.10	0.018	0.028	0.038	0.047	0.057	0.067	0.077	0.087	0.097
0.12	0.024	0.037	0.050	0.064	0.077	0.090	0.103	0.117	0.130
0.14	0.031	0.048	0.065	0.082	0.099	0.116	0.133	0.150	0.167
0.16	0.039	0.060	0.081	0.102	0.123	0.144	0.165	0.186	0.208
0.18	0.048	0.073	0.098	0.123	0.149	0.174	0.200	0.226	0.252
0.20	0.057	0.087	0.117	0.147	0.177	0.208	0.238	0.269	0.300
0.22	0.067	0.101	0.137	0.172	0.208	0.243	0.279	0.315	0.351
0.24	0.077	0.117	0.158	0.199	0.240	0.281	0.323	0.364	0.406
0.26	0.088	0.134	0.181	0.227	0.274	0.322	0.369	0.417	0.464
0.28	0.100	0.152	0.204	0.257	0.311	0.364	0.418	0.472	0.526
0.30	0.112	0.171	0.230	0.289	0.349	0.409	0.469	0.530	0.591

Ecuación:  $V = 0.2069 D^{1.736715} H^{1.029332}$

- V: Volumen estimado (m<sup>3</sup>)
- D: DAP con corteza (m)
- H: Altura total (m)



Cuadro 3. Mediciones de altura y DAP para cuatro densidades de plantación de Pinus caribaea var. hondurensis hasta 5 años de edad

Densidad de plantación (m <sup>2</sup> )	Datos	Me s e s									
		25	40	55	59	FS	FN	FS	FN	FS	FN
4,00	Altura (m)	4,19	2,57	7,37	5,26	*	7,95	11,19	9,27		
	DAP (cm)	7,0	4,2	12,7	8,3	*	10,8	15,0	11,5		
6,25	Altura (m)	5,08	3,97	8,13	7,10	*	10,11	11,96	11,39		
	DAP (cm)	8,4	6,4	14,0	12,4	*	15,3	16,9	15,9		
9,00	Altura (m)	4,19	3,60	7,38	6,61	*	9,42	11,22	10,40		
	DAP (cm)	7,0	5,9	13,4	11,9	*	15,3	18,5	15,9		
12,25	Altura (m)	4,79	2,58	7,75	5,44	*	8,20	10,92	9,17		
	DAP (cm)	8,0	3,8	14,2	9,9	*	13,8	18,3	15,1		

\* No se tomaron mediciones  
 FN Florencia Norte  
 FS Florencia Sur

Cuadro 4. Porcentaje y tipos de cola de zorro presentes en las plantaciones de P. caribaea var. hondurensis de 1 a 5 años de edad, muestreados en el cantón de Turrialba

Edad (años)	Arboles con cola de zorro					Arboles normales	Arboles muestre- ados (n°)	Arboles con cola de zorro (%)
	Tipo				Total	Tipo		
	1	2	3	4				
1	8	2	-	-	10	148	158	6,3
2	14	19	-	-	33	277	310	10,6
3	2	24	-	-	26	146	172	15,1
4	16	48	15	70	149	352	501	29,7
5	13	45	15	64	137	305	442	30,9

Cuadro 5. Alturas semanales de 5 procedencias de P. caribaea var. hondurensis

hasta cuatro meses de edad, en vivero

Procedencia	No de Plantas	Alturas (cm)														
		Semanas														
	0	2	4	6	8	10	12	14	16							
Mountain Pine Ridge(A)	9	2,4	6,5	8,1	9,1	11,0	13,6	17,4	19,6	23,1						
Puerto Cabezas (B)	12	1,7	5,1	6,8	7,4	8,0	10,9	13,7	15,8	19,4						
Coniferato (C)	20	2,7	6,0	7,9	8,9	11,0	13,8	17,0	19,8	23,2						
Campo Gamma (D)	16	2,5	4,7	6,5	7,2	8,9	11,5	14,9	17,5	21,0						
Florencia Norte (E)	20	2,7	6,1	8,0	8,8	10,9	13,6	16,7	19,2	22,6						

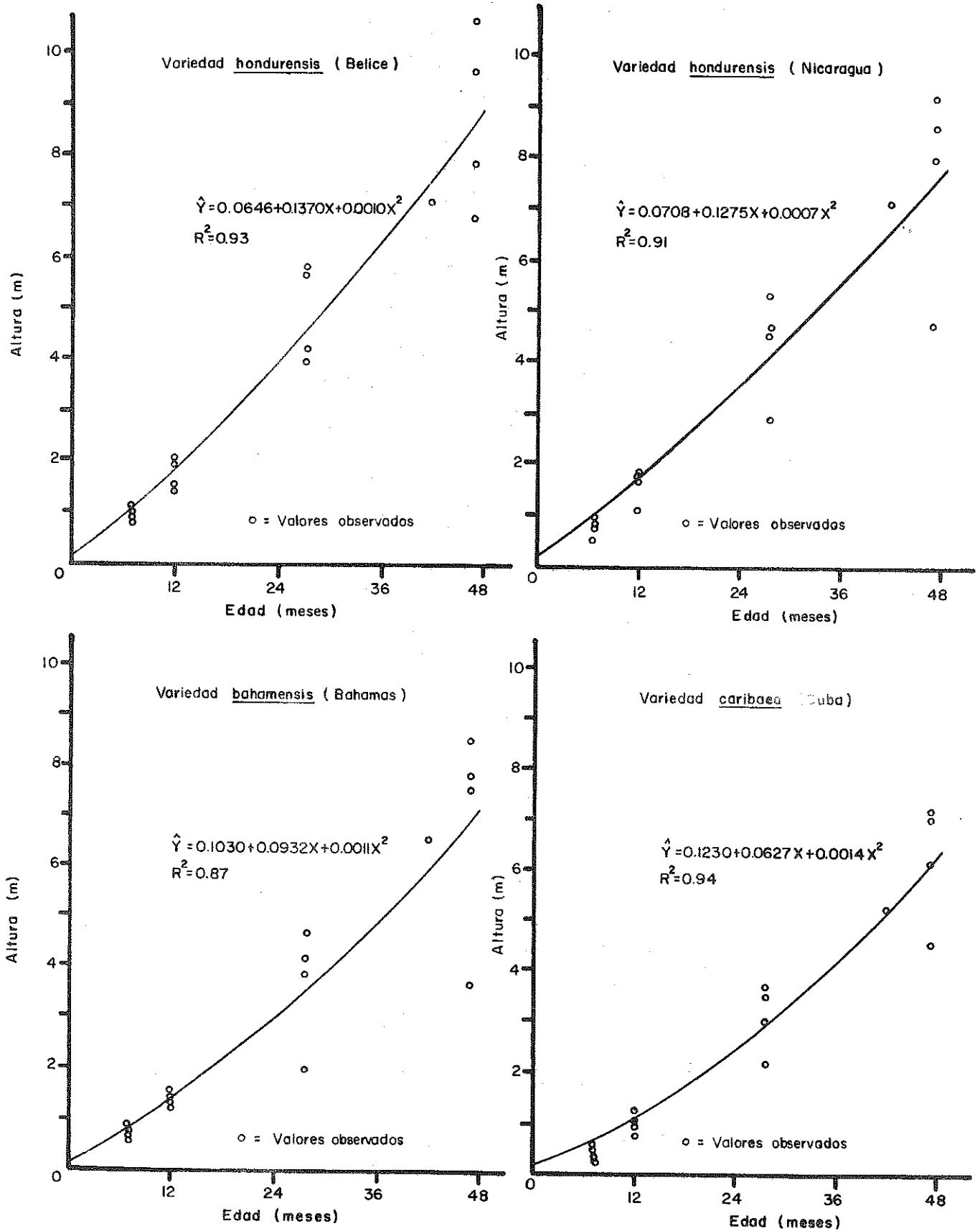


Fig. 1 Estimación de la relación edad-altura para variedades -procedencias de P. caribaea

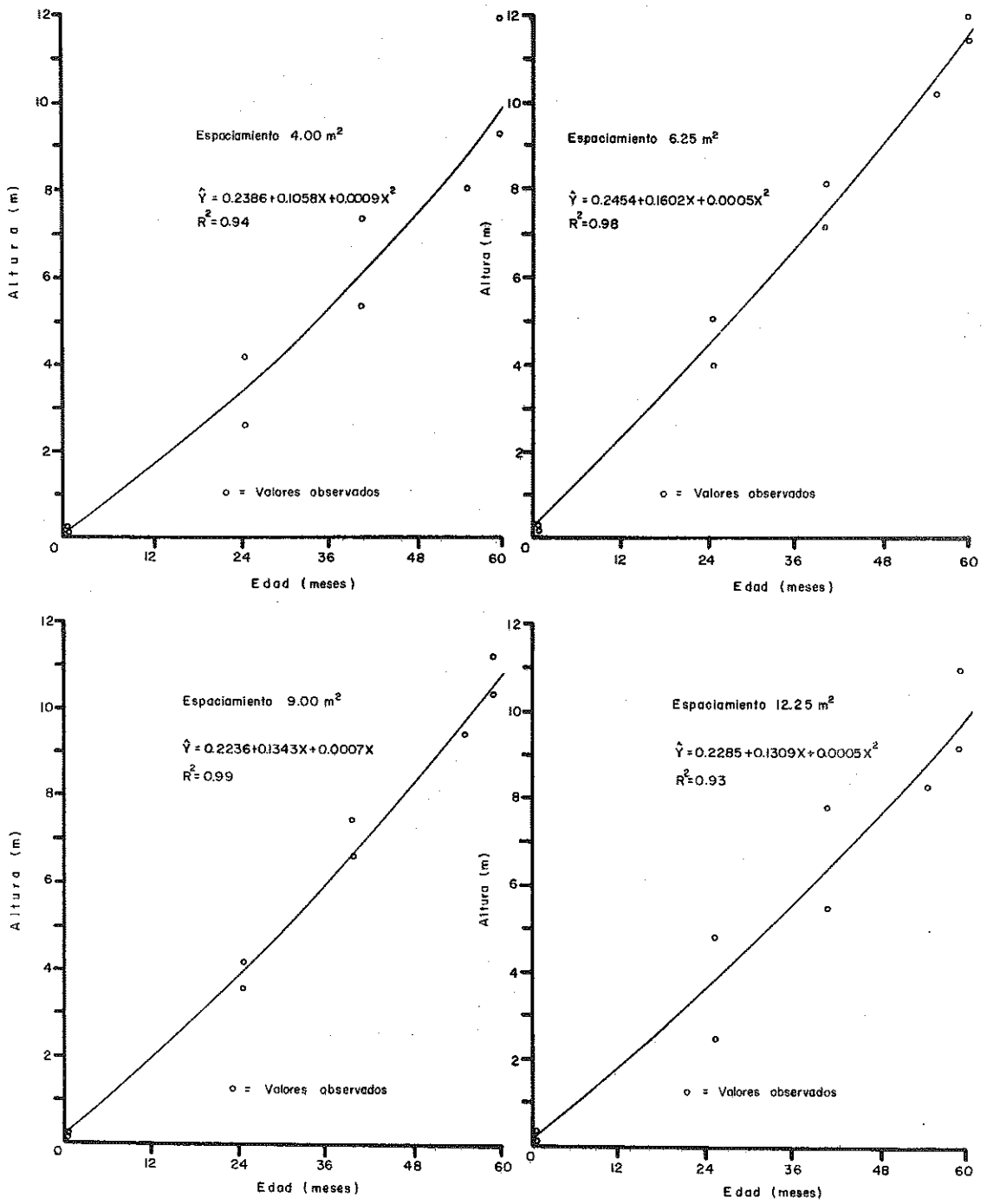


Fig. 2 Estimación de la relación edad-altura para cuatro densidades de plantación de *P. caribaeo* var. *hondurensis*

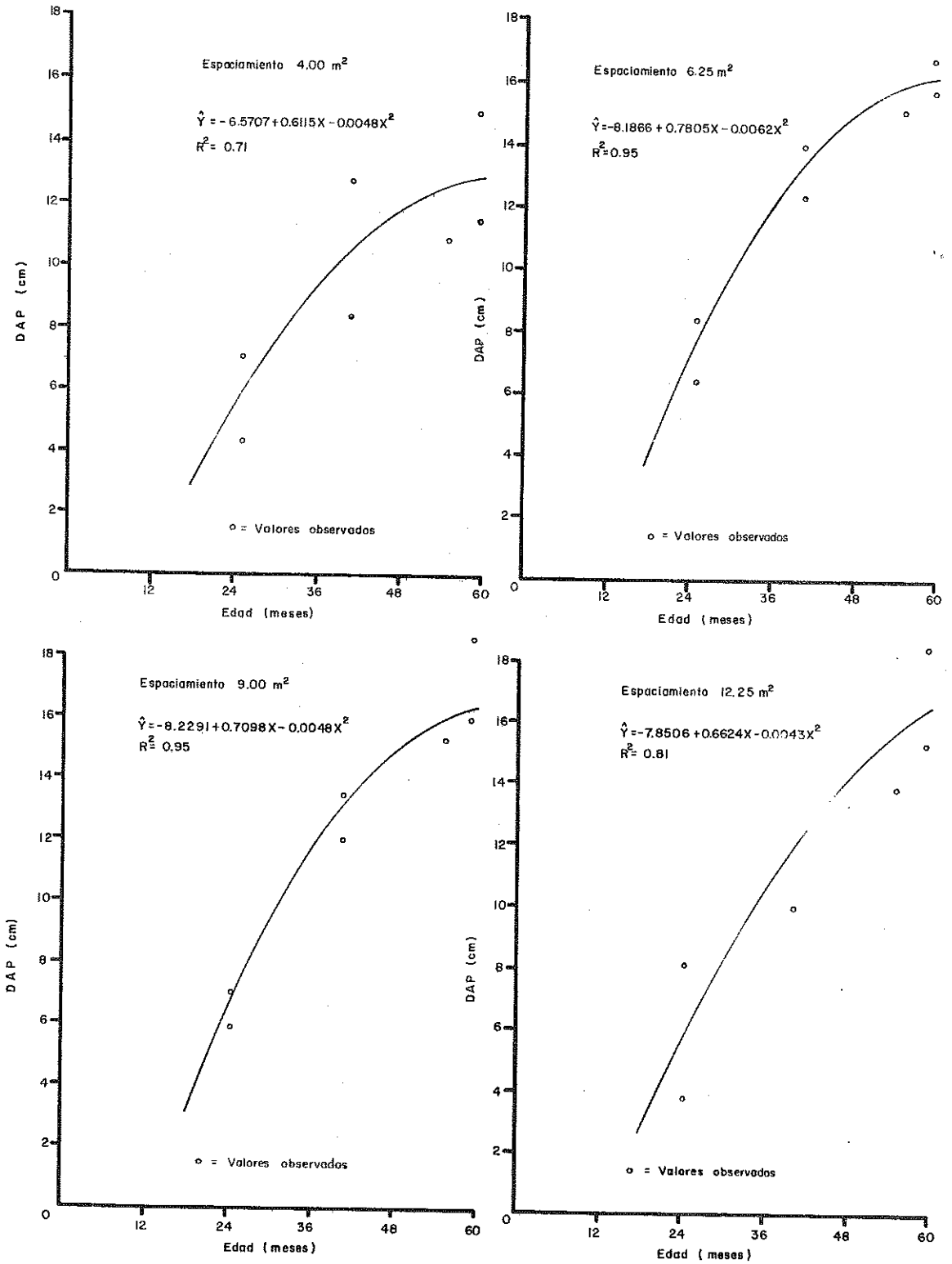


Fig. 3 Estimación de la relación edad-DAP para cuatro densidades de plantación de *P. caribaea* var. *hondurensis*

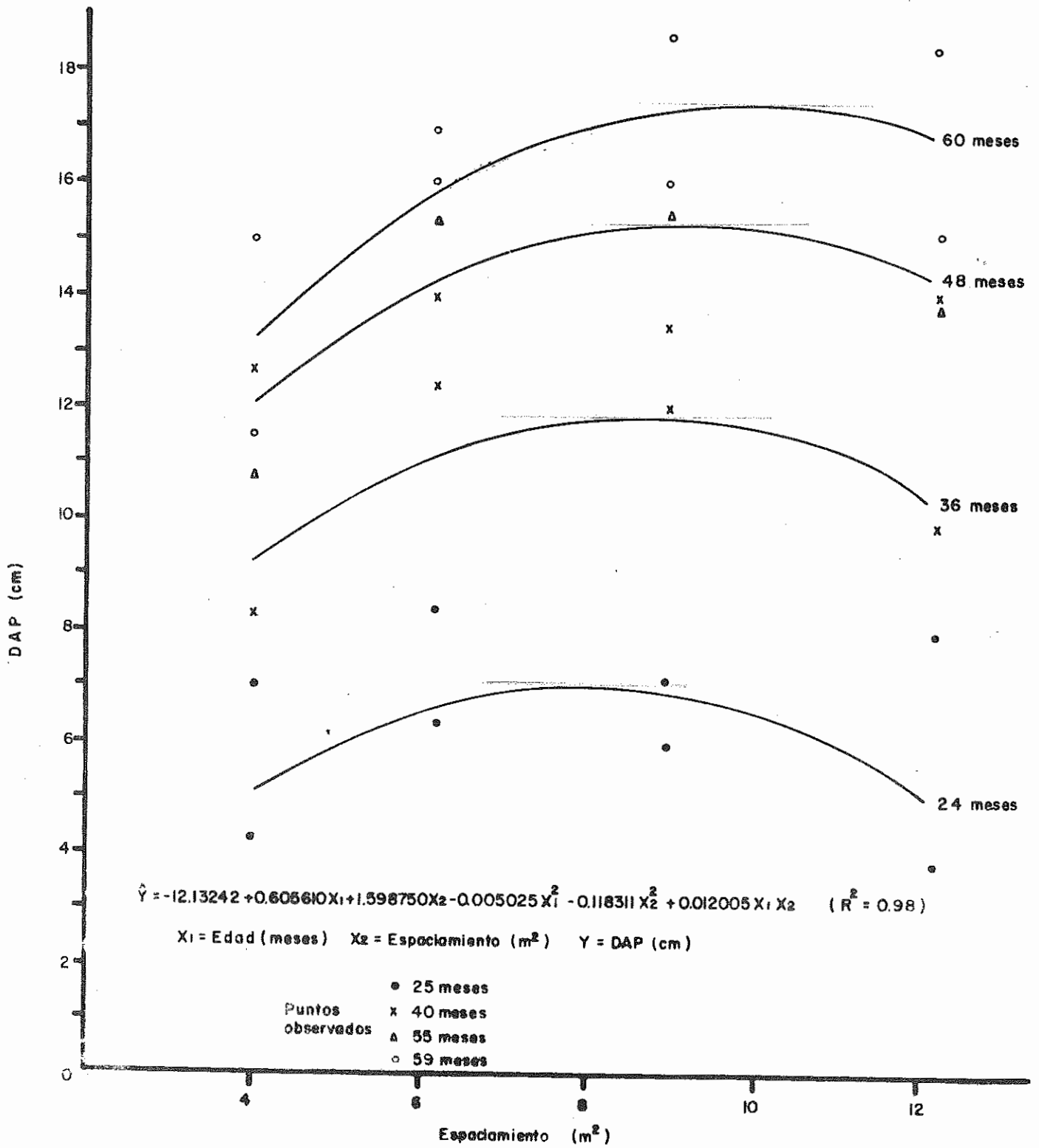


Fig. 4 Estimación de la relación edad - espaciamiento - DAP en *P. caribaea* var. *hondurensis* hasta 5 años de edad

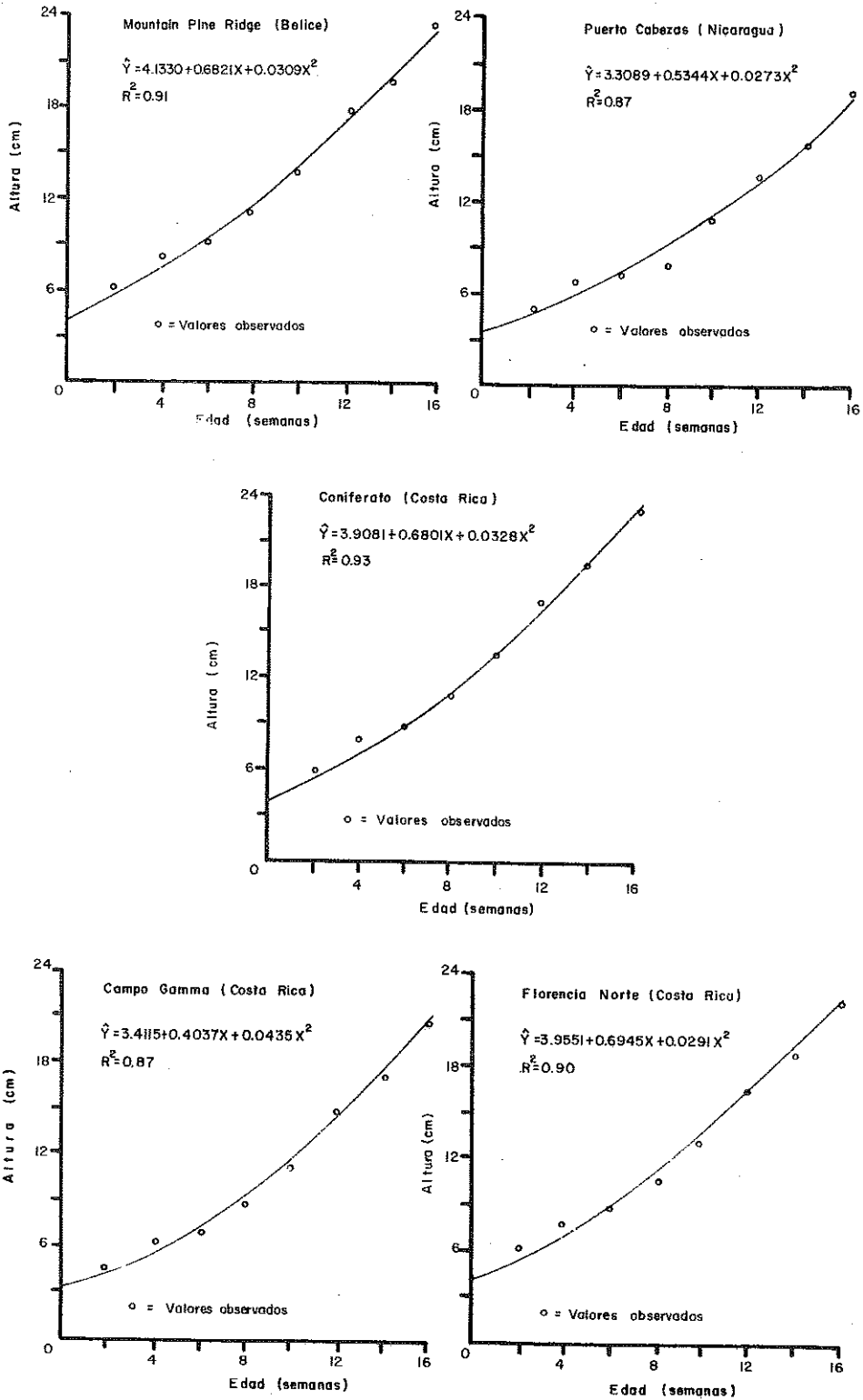


Fig. 5 Estimación de la relación edad - altura para 5 procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis*, en vivero