

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
Sistema de Estudios de Posgrado

Desarrollo de índices de sitio y selección  
de un modelo preliminar de rendimiento para  
Pinus caribaea var. hondurensis  
en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

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

Magister Scientiae

por

WILLIAM VÁSQUEZ CARBALLO

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

1987

## DEDICATORIA

A mis padres, Beatriz y Luis Gonzaga,  
por el amor y el apoyo que han sabido  
brindarme siempre.

A mi esposa Mayra, cuya comprensión  
estimulo y paciencia, permitió la  
realización de este estudio, y

A mis hijos, José Pablo y Luis  
Andrés, que son el aliciente para  
seguir adelante y el amor de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a las siguientes personas:

A Rodolfo Salazar, Ph.D., Genetista del Proyecto Madeleña, CATIE, por su amistad y valioso apoyo en la revisión y redacción de este documento.

A Ronnie de Camino, Dr.rec.nat., Jefe del Proyecto Madeleña, CATIE, por sus valiosas enseñanzas, y por su acertada orientación como miembro del comité asesor.

A Hector Martínez, M.Sc., y a Donald Kazz, Ph.D., por sus valiosas sugerencias y por su participación activa como miembros del comité.

A John Palmer, M.S., y a Miguel Musalen, Ph.D., por su amistad, valiosas sugerencias y por su desinteresado apoyo.

A Carlos Jiménez, Programador, por su ayuda en la confección de los programas necesarios para el análisis y resumen de los datos.

Y, a todo el personal del Departamento de Recursos Naturales Renovables del CATIE en Costa Rica y del Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) en Panamá, que colaboraron en la instalación y medición de las parcelas, y en la revisión de los datos.

## BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Alajuela, Costa Rica, el 4 de diciembre de 1958.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela Presbítero Manuel Bdo. Gómez, y los estudios secundarios en el Colegio de Palmares donde obtuvo el título de Conclusión de Estudios Diversificados.

En 1977 ingresó al Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde obtuvo el título de Ingeniero Técnico Forestal en 1979.

De 1980 a 1983, trabajó con la Empresa Privada Haciendas Forestales de Coronado como Director Técnico Administrativo en un proyecto de reforestación.

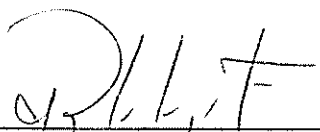
De 1983 a 1986 trabajó como Investigador en silvicultura en el Departamento de Recursos Naturales Renovables del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

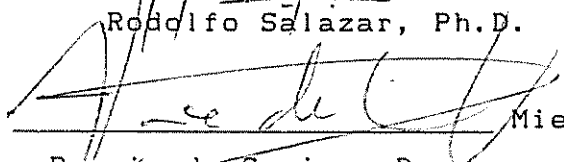
En marzo de 1985 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado UCR/CATIE y en 1987 obtuvo el grado de Magister Scientiae en Recursos Naturales con especialidad en Manejo de Bosques.

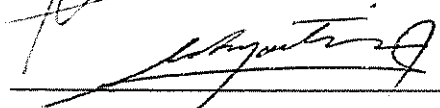
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de:

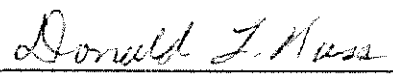
Magister Scientiae


Comité asesor


  
\_\_\_\_\_  
Consejero Principal  
Rodolfo Salazar, Ph.D.

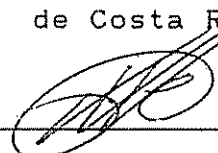
  
\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité  
Ronnie de Camino, Dr. rec. nat.

  
\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité  
Hector Martínez, M.Sc.

  
\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité  
Donald Kaas, Ph.D.

  
\_\_\_\_\_  
José Francisco Di Stefano, Ph.D.  
Director del Programa de Estudios de  
Posgrado en Ciencias Agrícolas y  
Recursos Naturales, UCR/CATIE

  
\_\_\_\_\_  
Luis Estrada, Ph.D.  
Decano del Sistema de Estudios de  
Posgrado de la Universidad  
de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
William Vásquez Carballo  
Candidato

## CONTENIDO

Página	
RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xi
LISTA DE CUADROS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xvii
1. Introducción .....	1
1.1 Hipótesis .....	1
1.2 Objetivos .....	2
2. Revisión de Literatura .....	3
2.1 Determinación de la calidad de sitio .....	3
2.1.1 Clasificación de la calidad de sitio con base en la evolución en altura dominante .....	4
2.1.2 Modelos basados en factores ambientales .....	6
2.1.3 Factores limitantes en el crecimiento del <u>Pinus</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> .....	7
2.2 Predicción del crecimiento y rendimiento .....	9
2.2.1 Clasificación de los modelos de rendimiento .....	9
2.2.1.1 Selección del modelo .....	10
2.2.1.2 Modelos de distribución diamétrica .....	11
2.2.1.2.1 Estimación de parámetros .....	13
2.2.1.2.2 Mortalidad .....	15
2.2.1.2.3 Estimación de la altura total .....	15
2.3 Estimación del crecimiento de rodales aclareados con base en el crecimiento de rodales no aclareados .....	15
2.4 Validación del modelo .....	18
3. Materiales y Métodos .....	20
3.1 Información general del área de estudio .....	20
3.1.1 Localización .....	20
3.1.2 Clima .....	22
3.1.3 Suelos .....	23
3.2 Historia de las plantaciones de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en La Reserva Forestal La Yeguada .....	23
3.3 Material experimental .....	24

3.4 Metodología .....	25
3.4.1 Definición de la población y selección de la muestra .....	25
3.4.2 Trabajo de campo .....	29
3.4.3 Trabajo de oficina y laboratorio .....	30
3.5 Análisis de los datos .....	31
3.5.1 Índice de sitio .....	31
3.5.2 Análisis de los factores del sitio .....	32
3.5.3 Relación de los factores del sitio y el índice de sitio .....	32
3.5.4 Situación actual del bosque .....	33
3.5.4.1 Estimación de la altura total y volumen por árbol .....	33
3.5.4.2 Análisis de la mortalidad .....	33
3.5.4.3 Estimación de los parámetros de la distribución Weibull .....	34
3.5.5 Desarrollo del modelo para predicción del rendimiento .....	35
3.5.6 Propuesta de aclareo .....	35
3.5.7 Validación del modelo .....	35
4. Resultados y Discusión .....	37
4.1 Características del suelo .....	37
4.2 Determinación de la calidad del sitio .....	42
4.2.1 Agrupación por clase de sitio .....	44
4.3 La calidad del sitio y los factores más relacionados ...	46
4.4 Características dasométricas del bosque .....	48
4.4.1 Estimación de la altura total .....	49
4.4.2 Crecimiento y rendimiento por clase de sitio .....	50
4.4.3 Mortalidad .....	53
4.4.4 Distribución de la densidad por clase diamétrica ....	55
4.5 Desarrollo del modelo para predicción del rendimiento .	58
4.5.1 Funciones de rendimiento .....	58
4.5.2 Propuesta de aclareo .....	62
4.6 Validación del modelo .....	68

5. Conclusiones .....	74
6. Recomendaciones .....	76
7. Bibliografía .....	78
8. Apéndice .....	87



VASQUEZ CARBALLO, W. 1987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 113 p.

Palabras claves: Pinus caribaea var. hondurensis, calidad de sitio, modelación, crecimiento, rendimiento, distribución Weibull.

### RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la productividad potencial, en volumen, de una plantación de 1615 hectáreas de P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá, mediante la curva de evolución en altura dominante, utilizando el modelo de Schumacher.

El índice de sitio a la edad base de 15 años, indicó que los terrenos de la reserva pueden clasificarse como poco productivos. Para esta edad la altura dominante correspondiente a las clases de sitio I, II, III y IV fue de 22,5, 19,5, 16,5 y 13,5 m, con incrementos medios anuales en volumen total con corteza que varían desde 20,6, 13,5, 9,4, hasta 6,3 m<sup>3</sup>/ha/año a la edad de 14 años, para las mismas clases de sitio.

A través del análisis de regresión múltiple por pasos, se pudo determinar que la variación en el índice de sitio está explicada en más de un 90 % por la acidez alta ( $\text{pH} \leq 5,2$  y acidez extraíble  $> 56$  %), la fertilidad baja, la posición topográfica, el drenaje interno y la variación en el contenido de limo entre 30 y 50 cm de profundidad.

Se construyó una tabla de rendimiento implícita por clase de sitio, que incluye el detalle de la distribución de la biomasa por clase diamétrica y edad, para lo cual se utilizaron las ecuaciones de rendimiento que fueron generadas para

diferentes características del rodal, y la función de densidad de probabilidad Weibull.

Las áreas basales máximas alcanzadas por diferentes parcelas de la clase de sitio I a la IV, fueron de 56, 53, 48 y 40 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente, debido quizás a la gran tolerancia a la luz que presenta esta especie, a la falta de aclareos y a la poca mortalidad encontrada ( $\leq 16\%$ ).

Con base en las tablas de rendimiento para rodales no aclareados, se desarrolló una propuesta de aclareo, que pretende alcanzar la máxima productividad en volumen.

Por último, al validar el modelo para predicción del rendimiento, se encontró que, a nivel de rodal, las estimaciones son bastante precisas ( $R^2 \geq 86\%$ ) y, a nivel de clase diamétrica, el modelo brinda una idea clara ( $R^2 = 57 \pm 23\%$ ) de la distribución de la biomasa.

VASQUEZ CARBALLO, W. 1987. Development of site indexes and selection of a preliminary yield model for Pinus caribaea var. hondurensis at the Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Mag. Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 113p.

Key words: Pinus caribaea var. hondurensis, site quality, models, growth, yield, Weibull distribution.

### SUMMARY

This study determined the potential volume of productivity in a plantation of 1615 ha of Pinus caribaea var. hondurensis at the Reserva Forestal La Yeguada, Panamá, using the evolution curve in a dominant height utilizing the Schumacher model.

The site index at 15 year of age, indicated that the lands of the reserve can be classified as of low productivity. The dominant height at this age, for the site classes I, II, III, and IV was 22.5, 19.5, 16.5 and 13.5 m, with annual average increases in the total volume outside bark that varies from 20.6, 13.5, 9.4 to 6.3 m<sup>3</sup>/ha/yr at the age of 14 year, for the same sites.

Through the stepwise multiple regression analysis, it was determined, that the variation in the site index is explained by more than 90 % of the cases, by the high acidity ( pH  $\leq$  5.2 and extractable acidity  $>$  56 %), the low fertility, topographical position, internal drainage and the variation in the silt content between 30 and 50 cm of depth.

For each site class, an implied yield table was made, which includes the detailed distribution of the biomass by diameter class and age, for which the yield equations that were generated for the different characteristics of the stand, and the Weibull probability density function were used.

The maximum basal areas reached by different plots, of site I to IV were 56, 53, 48 and 40 m<sup>2</sup>/ha, respectively, probably due to the high light tolerance that this specie has, to the lack of thinning and to the low mortality found ( $\leq 16$  %).

Based on the yield tables for unthinned stands, a proposal for thinning was made. It pretends to reach the maximum productivity in volume.

Finally, at the moment of validation of the yield prediction model, it was found that at the stand level, the estimations are quite precise ( $R^2 \geq 86$  %) and that at the diameter class level, the model gives a clear idea ( $R^2 = 57 \pm 23$  %) of the biomass distribution.

## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>	<u>Página</u>
<u>En el texto</u>	
1	Datos de establecimiento de 38 parcelas permanentes de crecimiento en La Yeguada, Panamá. .... 26
2	Datos de establecimiento y características del rodal de diez parcelas temporal clase de sitio, para 22 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en La Yeguada, Panamá. .... 28
3	Características fisiográficas y físicas de 38 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> , por clase de sitio, en La Yeguada, Panamá. .... 37
4	Características químicas promedio por clase de sitio, para 16 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en La Yeguada, Panamá. .... 38
5	Características químicas promedio por clase de sitio, para 22 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en La Yeguada, Panamá. .... 39
6	Medidas de tendencia central para el índice de sitio (edad base 15 años) de 38 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 43
7	Distribución de 38 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> por clase de sitio, en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 45
8	Resumen del análisis de regresión para estimar el índice de sitio en función de las características fisiográficas, físicas y químicas para <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 47
9	Resumen del análisis de regresión por clase de sitio para estimar la altura total (h) en función del diámetro(dap). .... 49

<u>En el texto</u>	<u>Página</u>
10 Medidas de tendencia central para el diámetro (dap) y la altura total (h) por clase de sitio, utilizados en el análisis de regresión. ....	50
11 Principales características dasométricas por clase de sitio, para 38 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	51
12 Resumen del análisis de regresión múltiple por pasos, por clase de sitio para estimar el número de árboles supervivientes. ....	54
13 Medidas de tendencia central para la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov en el ajuste de la distribución Weibull de 2 y 3 parámetros, a la distribución diamétrica de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en La Yeguada, Panamá. ....	55
14 Resumen del análisis de regresión para estimar los percentiles X24 y X93 en función de las características del rodal, para todos los sitios juntos. ....	57
15 Medidas de tendencia central para los percentiles 24 y 93 de las distribuciones diamétricas de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	58
16 Resumen de las funciones de rendimiento para <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	59
17 Comparación del crecimiento y rendimiento para rodales no aclareados, por clase de sitio y edad, para <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> , en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	61
18 Propuesta de aclareo para <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	66

<u>En el texto</u>	<u>Página</u>
19 Resumen de las principales características dasométricas observadas y esperadas para diez parcelas temporales de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	68
20 Medidas de tendencia central para la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación, para evaluar el ajuste de la distribución diamétrica .	71
<u>En el apéndice</u> .....	<u>Página</u>
1A Resumen dasométrico de 38 parcelas permanentes de <u>P. caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	87
2A Características fisiográficas y físicas de 38 parcelas permanentes de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	92
3A Características físico-químicas de 0 a 5 y de 0 a 15 cm, para 16 y 22 parcelas permanentes de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	93
4A Características físico-químicas de 5 a 20 y de 15 a 30 cm, para 16 y 22 parcelas permanentes de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	95
5A Características físico-químicas de 20 a 40 y de 30 a 50 cm, para 16 y 22 parcelas permanentes de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	97
6A Ambitos tentativos de la fertilidad del suelo (mínimo y máximo), para el crecimiento aceptable de pinos y eucaliptos. ....	99
7A Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características fisiográficas, para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	100

<u>En el apéndice</u>	<u>Página</u>
8A Resumen del análisis de regresión por pasos para estimar los parámetros de la función Weibull, con relación a las características del rodal. ....	101
9A Ambitos de validéz de las ecuaciones de rendimiento generadas para <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. ....	105
10A Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I. ....	106
11A Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II. ....	108
12A Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III. ....	110
13A Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de <u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV. ....	112



## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>	<u>Página</u>
1	Límites de la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 21
2	Climagrama de la Reserva Forestal la Yeguada, Panamá. .... 22
3	Area de plantaciones y ubicación de las parcelas de investigación en la Reserva Forestal la Yeguada, Panamá. .... 27
4	Evolución de la altura dominante para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en diferentes países. .... 44
5	Curvas anamórficas de evolución en altura dominante por clase de sitio, para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 46
6	Crecimiento en área basal para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I. .... 63
7	Crecimiento en área basal para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II. .... 63
8	Crecimiento en área basal para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III. .... 64
9	Crecimiento en área basal para <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV. .... 64
10	Comparación del rendimiento observado y esperado en área basal, para diez parcelas temporales de <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 70
11	Comparación del rendimiento observado y esperado en volumen total con corteza , para diez parcelas temporales de <u>P.</u> <u>caribaea</u> var. <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. .... 70

<u>Figura No.</u>	<u>Página</u>
12	
	Distribución del número de árboles por clase diamétrica para <u>P. caribaea</u> var <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I. .... 72
13	
	Distribución del número de árboles por clase diamétrica para <u>P. caribaea</u> var <u>hondurensis</u> en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV. .... 72

## 1. INTRODUCCION.

La determinación de la calidad de sitio es uno de los primeros pasos hacia la confección de modelos y tablas de rendimiento para las especies forestales, herramientas básicas para la planificación del manejo forestal.

Las curvas de altura dominante en función de la edad es una de las técnicas más usadas para evaluar la capacidad de producción de un sitio bajo plantación. Este método, que asigna una altura dominante para una edad tomada como base, se conoce como índice de sitio, con la desventaja que la aplicación es local. Una solución al problema es relacionar los índices con las características del sitio de estudio y, como mencionan Hägglund (1981) y Alder (1980), en la medida que estas características sean pocas y fáciles de medir, menores serán las inconsistencias causadas por interacciones entre variables y más fácilmente se podrá aplicar el modelo a áreas más extensas.

Clutter et al. (1983) indican que la información suministrada por un modelo apropiado de rendimiento es un insumo necesario en la selección de la densidad inicial de plantación, los esquemas de aclareo y la edad de rotación.

El presente trabajo pretende clasificar la calidad de los terrenos bajo una plantación de 1615 hectáreas de Pinus caribaea var. hondurensis, en la Reserva Forestal La Yeguada en Panamá, relacionando los índices de sitio con las características del mismo, para luego seleccionar un modelo de rendimiento. Este modelo se basará en el ajuste de una función de densidad de probabilidad para predecir distribuciones diamétricas.

### 1.1 Hipótesis.

En la primera parte de este trabajo se clasificaron los terrenos bajo plantaciones según el índice de sitio y se relacionó con los factores del mismo; en este caso se planteó la hipótesis nula que los factores del sitio no tienen influencia sobre el índice de sitio.

En la segunda parte de este trabajo, la hipótesis nula planteada fue que la distribución de diámetros observados es igual a la distribución de diámetros esperados, es decir, los diámetros del pino en La Yeguada se ajustan a la función de probabilidad Weibull.

Además, se espera que las predicciones hechas con base en el modelo de distribución diamétrica a desarrollar, sean más precisas a nivel de rodal que a nivel de clase diamétrica.

## 1.2 Objetivos.

Los objetivos del presente estudio fueron:

1) Desarrollar una técnica para clasificar los terrenos bajo plantación en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá, usando ecuaciones de índice de sitio.

2) Correlacionar las calidades de sitio encontradas con los factores fisiográficos y edáficos, como base para la formulación de planes futuros de reforestación en áreas similares.

3) Ajustar estadísticamente el modelo de distribución diamétrica de Weibull y obtener un sistema de ecuaciones para predicción indirecta de los valores del rodal por clase diamétrica.

4) Demostrar el uso del modelo de rendimiento desarrollando un esquema de aclareo para las plantaciones de pino según un objetivo de producción.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

En el presente capítulo se revisa el estado del conocimiento, primero sobre las técnicas para clasificación de terrenos con o sin plantaciones y luego sobre el desarrollo de modelos de rendimiento con énfasis en los modelos implícitos de distribución diamétrica.

### 2.1 Determinación de la calidad de sitio.

El rendimiento, tanto para forestería como para agricultura depende, en parte, de la capacidad productiva del sitio.

La mayoría de los autores coinciden en que el sitio es un complejo de factores bióticos y abióticos, y que la calidad del mismo es el resultado de la interacción de estos factores ambientales y la vegetación existente (Coile, 1952; Salas, 1974; Vincent, 1970; Carmean, 1975; Clutter et al., 1983; Turvey, 1983; Alfaro, 1983).

Según Carmean (1975), la ventaja de concentrar el manejo intensivo sobre los sitios más productivos se traduce en : 1) mayor y mejor rendimiento, 2) reducción en el turno de rotación y 3) mejor respuesta a tratamientos silvícolas.

La productividad es usualmente expresada en términos de altura dominante o incremento medio anual en volumen a una edad determinada. Hagglund (1981) distingue tres tipos de expresión de productividad :

a. Índices de sitio (IS), o altura máxima de un rodal a una edad determinada

b. Incremento medio anual (IMA), también a una edad fija o a la edad cuando el IMA culmina

c. Otras características del rodal.

Carmean (1975) y Clutter et al. (1983) dividen los métodos para clasificar la calidad de sitio en métodos directos e indirectos. En los primeros, la calidad de sitio es estimada en función de datos históricos de rendimiento en volumen, crecimiento en altura dominante o con base en datos de

crecimiento entre nudos. Los indirectos utilizan relaciones entre especies, características de la vegetación inferior o factores topográficos, edáficos y climáticos, y son utilizados cuando no hay bosque en el terreno a evaluar.

### 2.1.1 Clasificación de la calidad del sitio con base en la evolución en altura dominante.

Este índice, que se basa en el crecimiento en altura dominante o máxima, es el método más ampliamente aceptado para estimar la calidad de sitio, aunque siempre se destacan las ventajas del volumen como una variable más precisa (Carmean, 1975; Hagglund, 1981).

En rodales coetáneos, la altura dominante es la mejor medida de la productividad del sitio ya que para muchas especies forestales, dentro de ciertos límites de edad, es poco afectada por la densidad del rodal y está estrechamente relacionada con la producción en volumen (Coile, 1952; Hagglund, 1981; Clutter et al., 1983).

Para lograr una mejor estimación del índice de sitio, que por definición es igual a la altura dominante a la edad base seleccionada, sin incurrir en los errores provenientes de las estimaciones obtenidas a partir de la relación invertida entre altura dominante sobre edad (Curtis et al., 1974), algunos autores restringen el ámbito de los datos de altura dominante a aquellos más cercanos a esta edad base (Burkhart y Tennent, 1977; Hunter y Gibson, 1984).

Para el caso en el que el índice de sitio entra al modelo antes de su determinación, según Bailey y Clutter (1974), la estimación de los parámetros generales son únicos para la edad base preseleccionada y las curvas deben usarse sólo para esa edad. En el método desarrollado por estos autores, las curvas generadas son independientes de la edad base o la clase de sitio.

Alder (1980), utilizando análisis de regresión jerárquico y la ecuación de Schumacher (1939), detalla los cálculos necesarios para generar los modelos anamórficos o de pendiente común, y

polimórficos o de intercepto común, según la técnica expuesta por Bailey y Clutter (1974).

El modelo de Schumacher (1939) y las ecuaciones necesarias para generar los modelos anamórfico y polimórfico que fueron utilizados en este trabajo, son detalladas por Alder (1980) como sigue:

$$\text{Ln}(h_{\text{dom}}) = A + B / E^k \quad (1)$$

donde:

- h<sub>dom</sub> = altura dominante
- A = término independiente común
- B = pendiente común
- k = exponente
- E = edad del rodal
- Ln = logaritmo natural de base e

Para desarrollar las curvas de crecimiento en altura dominante anamórficas y polimórficas, hay que estimar A<sub>i</sub> y B<sub>i</sub> para cada modelo, respectivamente, los que dependen del índice de sitio y la edad base seleccionada como sigue:

$$A_i = \text{Ln}(IS) - B / E_0^k \quad (2)$$

$$B_i = (\text{Ln}(IS) - A) * E_0^k \quad (3)$$

donde:

- A, B y k se obtienen del modelo de Schumacher
- E<sub>0</sub> = edad base seleccionada
- IS = índice de sitio a la edad E<sub>0</sub>

Por último, las ecuaciones del índice de sitio (IS) de un rodal, para la edad base seleccionada y utilizando el modelo polimórfico o anamórfico, son:

$$\text{Ln}(\text{IS}) = A + (\text{Ln}(\text{hdom}) - A) * (E / E_0)^k \quad (4)$$

$$\text{Ln}(\text{IS}) = \text{Ln}(\text{hdom}) - B (1/E^k - 1/E_0^k) \quad (5)$$

donde:

IS = índice de sitio a la edad base  $E_0$

E = edad actual del rodal

A, B y k = del modelo de Schumacher

### 2.1.2 Modelos basados en factores ambientales.

El principal objetivo de estos estudios esta dirigido a desarrollar métodos que evalúen la productividad potencial de tierras sin bosque (Coile 1952).

Debido a que la calidad del sitio está en gran parte determinada por propiedades del suelo y otros factores del sitio, la forma más usual de evaluar la productividad es usar las propiedades del sitio como indicadores. Como menciona Hagglund (1981), el mejor sistema de enfocar este problema es expresar la relación entre el índice de sitio y las propiedades del sitio a través del análisis de regresión.

Una aparente desventaja de este sistema es que, al desarrollar modelos para sitios sin plantaciones utilizando el índice de sitio como variable dependiente, se asume que el desarrollo del rodal no tiene efecto sobre las propiedades del suelo, lo que parece ser una suposición inválida (Turner, 1984; Alfaro, 1983; Page, 1976; Hunter y Gibson, 1984).

Al respecto, Killian (1984) indica que la predicción de rendimientos apropiados para especies exóticas solo es posible después de al menos una rotación sobre el sitio en cuestión.

Covel y McClurkin (1967), mencionados por Alfaro (1983) y Tschinkel (1972), observaron que las ecuaciones para estimar el índice de sitio con base en factores del ambiente, raras veces explican más de un 50 a 60 % de la variación en el índice de sitio, mientras que estudios exitosos de este tipo pueden explicar quizás del 65 al 85 % de la variación (Carmean, 1975).



La mayoría de los investigadores se han limitado al uso de estimaciones de campo cuantitativas, fácilmente medibles, más que hacia aquellas que requieren extensivos procedimientos de laboratorio (Turner, 1984), debido a la baja respuesta encontrada a características químicas del suelo. Un modelo que explique la variación del índice de sitio utilizable, deberá contener el menor número posible de variables, con el propósito de evitar interrelaciones y así poder utilizarlo en una región extensa (Alder, 1980).

Los pasos en la estimación de la relación entre el índice de sitio y las características del mismo, según Alder (1980) se pueden resumir en: 1) construir las curvas de índice de sitio utilizando parcelas permanentes, 2) recoger los datos ambientales para producir un modelo del tipo  $IS = b_0 + b_1 e_1 + b_2 e_2 + \dots + b_n e_n$ ; en donde los  $b_i$  son coeficientes y  $e_i$  variables y 3) definir los límites de confianza y validar con otros datos no usados en el ajuste.

La selección de las variables dependerá del objetivo del estudio, (predicción y estimación en este estudio), pero en última instancia el valor de un método particular solo puede ser establecido por su comportamiento en la práctica (Hocking, 1976).

Aunque existen varios métodos estadísticos para relacionar el índice de sitio como variable dependiente, y las variables del sitio como términos independientes, el análisis de regresión por pasos ha sido el más utilizado (Tobar, 1976; Ortega, 1986; Turner, 1984; Hunter y Gibson, 1984) quizás debido a que es el más simple de usar (Alder, 1980).

### 2.1.3 Factores limitantes en el crecimiento de Pinus caribaea var. hondurensis.

Antes de decidir cuales variables deben considerarse para desarrollar un modelo que permita predecir con éxito la variación en el índice de sitio, hay que conocer cuales son los factores que aparentemente han sido limitantes para esta especie, según

diferentes autores (Coile, 1952; Roby, 1985; Ortega, 1986; Tobar, 1976; Lao, 1985).

En su distribución natural, los pinares de mayor crecimiento están ubicados en llanuras aluviales y bancos de arena a la orilla de ríos, donde el suelo está cubierto por una capa de limo fino arenoso, con pH entre 4 y 5, buen drenaje y sin competencia de latifoliadas. Tanto Lamb (1973) como Wolffsohn (1983), indican que en su ámbito natural, esta especie no tolera suelos pobremente aireados, o suelos con poca profundidad y mal drenaje. Las propiedades químicas han sido de poca importancia, aunque los mismos autores informan una respuesta positiva a la aplicación de abonos fosfatados.

En Malasia, Surinam, Venezuela, Jamaica y Costa Rica, la mayoría de los estudios han indicado que el drenaje, la textura, la profundidad hasta la cual pueden penetrar las raíces, y algunas variables relacionadas como el nivel freático, la posición topográfica y la pendiente, fueron las variables identificadas como limitantes del crecimiento para esta especie (Teoh, 1981; Vincent, 1970, 1978; Tobar, 1976; Isolan, 1972; Roby, 1985).

La mayoría de las características químicas estudiadas no han sido determinantes en el crecimiento de esta especie, aunque se ha informado de una influencia positiva a aplicaciones de fósforo, boro y potasio, al cobre y magnesio aplicados con NPK, y se indica que aplicaciones solas de zinc y manganeso pueden volverse tóxicas, (Dyson, 1981; Platteborze, 1970, 1971; Vincent, 1978; Wolffsohn, 1983).

Dentro de los factores fisiográficos, que por lo general no han sido evaluados en muchos de los estudios mencionados, en Costa Rica, se encontró que la altura sobre el nivel del mar estuvo altamente correlacionada con el índice de sitio ( $R^2 = 0,53$ ) Ortega (1986), lo cual es de esperar cuando la especie se ha plantado cerca de sus límites de altitud naturales.

Con excepción del trabajo realizado por Roby (1985) en Jamaica, en ninguno de los otros trabajos se incluyeron variables climáticas, debido quizás a la dificultad de conseguir datos

meteorológicos confiables y representativos de las parcelas consideradas. Para Jamaica, Roby (1985) encontró que los principales factores limitantes para el crecimiento del pino, aunque estadísticamente no lo suficientemente altos, fueron la precipitación, la temperatura y el porcentaje de limo en el suelo.

En resumen, parece que el P. caribaea var. hondurensis crece mejor sobre suelos limo arenosos profundos con buena aeración, con buena disponibilidad de agua cerca de los fondos de los valles, y que las características químicas no son determinantes con excepción quizás de aquellos suelos extremadamente pobres.

## 2.2 Predicción del crecimiento y rendimiento.

Un modelo de crecimiento es una representación matemática que trata de cuantificar los cambios de un sistema. Según Hoel et al. (1972), citados por Green, Burkhart y Clason (1984), el modelo es estocástico si la representación matemática varía de una manera aleatoria, y determinístico si el modelo predice una distribución futura esperada a partir de un grupo de características corrientes del rodal.

### 2.2.1 Clasificación de los modelos de crecimiento y rendimiento.

Alder (1980) y Meldahl (1986) concuerdan en que el crecimiento y, rendimiento de un bosque puede ser modelado a tres niveles básicos: el rodal completo, la categoría de grosor y el árbol individual.

Estos modelos pueden ser para bosques naturales coetáneos o disetáneos y para plantaciones con aclareo o sin aclareo. En el presente caso, interesan los modelos aplicados a plantaciones sin aclareo, que según la complejidad matemática que involucran, Clutter et al. (1983) los clasifican en:

- a) Modelos en forma tabular, o más conocidos como tablas de rendimiento.
- b) Modelos como ecuaciones o sistemas de ecuaciones:

b<sub>1</sub>). Predicción directa de valores de rodal por unidad de área.

b<sub>1.1</sub>) Valores por unidad de área obtenidos por sumatoria:

Ecuaciones por clase de tamaño de árboles.

Ecuaciones para árboles individuales

Meldahl (1986) y Farrar, Murphy y Matney (1986) presentan las metodologías de modelaje más comunes y los insumos o variables que son necesarias de acuerdo al nivel de proyección deseado. Los modelos a nivel de árbol individual son los que requieren mayor número de insumos, mientras los modelos a nivel de rodal y clase diamétrica requieren de pocas variables como edad, densidad actual y altura dominante.

#### 2.2.1.1 Selección del modelo.

Después de revisar el estado de los modelos de crecimiento/competencia para bosques templados, para propósitos prácticos, los modelos más complejos usualmente no son mejores que los más simples (Rennolls, 1983). Daniels, Burkhart y Strub (1979), compararon tres modelos para predicción del rendimiento en P. taeda: uno de regresión múltiple, uno de distribución diamétrica y uno de simulación de árbol individual, y concluyeron que: 1) todos estuvieron libres de sesgo debido a condiciones de rodal, 2) los tres modelos proveen estimaciones precisas y 3) los modelos de distribución diamétrica y de regresión fueron mejores en precisión que el modelo de simulación individual.

Según Munro (1974), citado por Mowrer (1986), y Burk y Burkhart (1984), los modelos de distribución diamétrica combinan ventajas de modelos de rodal independientes del espaciamiento los cuales son relativamente simples y requieren poco tiempo de computación, con información sobre distribución de diámetros la cual es una ventaja de los modelos de árbol individual.

### 2.2.1.2 Modelos de distribución diamétrica.

En los modelos de predicción del crecimiento y rendimiento a nivel de categoría de diámetro, se utilizan funciones de densidad de probabilidad para predecir el número de árboles en cada clase diamétrica, asumiendo que la distribución diamétrica puede ser caracterizada adecuadamente por una función de distribución. Bailey y Dell (1973), y Hafley y Schreuder (1977) mencionan que por consistencia y simplicidad, es deseable seleccionar una función simple, capaz de describir el ámbito completo unimodal para el diámetro, y que tome formas continuas. Cualquier coeficiente en el modelo debe estar fácilmente relacionado con la forma y localización de la distribución, y variar en forma consistente con las características del rodal. Debe proveer además, una base promisoría de desarrollo, por ejemplo en la simulación de aclareos, y debe ser fácil de ajustar a datos observados, usando estimadores insesgados de los parámetros.

Bailey (1980) ha demostrado que la selección de una familia de distribuciones particular implica también una relación de crecimiento en diámetro particular. Para las distribuciones Weibull, lognormal y gama generalizada, se muestra que la tasa de crecimiento en diámetro no es constante sobre el tiempo, mientras funciones como la normal, exponencial, beta y la SB de Johnson, suponen una tasa de crecimiento constante, lo que no es normal desde el punto de vista biológico.

Hafley y Schreuder (1977) analizaron la flexibilidad de las distribuciones beta, SB de Johnson, Weibull, lognormal, gama y normal, y concluyeron que claramente la función beta y la SB de Johnson son las distribuciones más flexibles en su forma. Una desventaja de las distribuciones normal y beta es que la función de densidad debe ser integrada numéricamente para obtener probabilidades sobre varios ámbitos de variables aleatorias, es decir, no existe una expresión analítica de la función de densidad (Clutter et al., 1983; Knoebel, Burkhart y Beck, 1986; Hafley y Schreuder, 1977).

Una desventaja de las distribución normal y lognormal es la poca posibilidad de desarrollo en la simulación de regímenes de aclareo, ya que un aclareo eliminaría el requisito de normalidad, restringiéndose a aclareos sistemáticos o a una corta final (Mowrer, 1986; Ayagma, 1983).

Aunque se han usado varias distribuciones estadísticas para modelar distribuciones diamétricas, casi todos los trabajos recientes para bosques, con o sin aclareo, usan la distribución Weibull.

Bailey (1972) fue uno de los primeros en utilizar la distribución Weibull para modelar el desarrollo de rodales de Pinus radiata en Nueva Zelanda, proponiéndola poco después (Bailey y Dell, 1973) para su uso más extensivo.

Knoebel, Burkhart y Beck (1986) resumen algunos de los trabajos más importantes donde esta distribución ha sido utilizada. Ellos describen las dos formas en que existe la función de distribución Weibull:

$$f_z(z; a, b, c) = \frac{c}{b} \left( \frac{z-a}{b} \right)^{c-1} \exp\left(-\left(\frac{z-a}{b}\right)^c\right) \quad a, b, c > 0 \quad (6)$$

$$= 0, \text{ de otro modo} \quad z > a$$

$$f_x(x; b, c) = \frac{c}{b} \left( \frac{x-b}{b} \right)^{c-1} \exp\left(-\left(\frac{x-b}{b}\right)^c\right) \quad b, c > 0 \quad (7)$$

$$= 0, \text{ de otro modo}$$

donde:

- a = parámetro de localización
- b = parámetro de escala
- c = parámetro de forma
- z = variable aleatoria (diámetro) y
- x = z - a

El parámetro de localización "a", siempre mayor o igual a cero, puede interpretarse como el diámetro más pequeño posible de encontrar, el parámetro de escala "b" es aproximadamente igual al percentil 63, y en rodales coetáneos sin aclareo el parámetro de forma "c" debe estar directamente relacionado con la edad (Bailey y Dell, 1973).

Clutter et al. (1983) brindan la siguiente ecuación que puede ser usada para calcular frecuencias por clase de diámetro con ambos modelos de la distribución Weibull:

$$P(L < x < U) = \exp(-(L-a)/b)^c - \exp(-(U-a)/b)^c \quad (8)$$

donde:

P = Probabilidad de que el diámetro x este entre L y U

L = Límite inferior de la clase diamétrica

U = Límite superior de la clase diamétrica

#### 2.2.1.2.1 Estimación de parámetros.

Una vez seleccionada la función de probabilidad, Weibull en nuestro caso, el siguiente paso es estimar los parámetros parcela por parcela, para luego poner estos parámetros en función de las características del rodal (Bailey, 1980).

La técnica apropiada para el ajuste de cualquier función de distribución dependerá de la eficiencia que se desee y de las técnicas computacionales disponibles. Bailey y Dell (1973), indican que el método de percentiles, derivado por Dubey (1967), debe utilizarse cuando solo se cuenta con cómputo manual.

Con el método de momentos, los parámetros de escala (b) y de forma (c) pueden ser determinados directamente a partir de la media y la varianza de la muestra, y la tasa de la media ( $\mu$ ) sobre la desviación estandar de la misma ( $\sigma$ ) revela la forma aproximada de la distribución. Shifley y Lentz (1985) resumen la teoría estadística que relaciona la tasa " $\mu/\sigma$ " con los parámetros b y c asociados a la distribución Weibull, estimando el parámetro "a" aparte brindando una aproximación para el cálculo manual de los parámetros de la distribución Weibull con la técnica de momentos. Burk y Newberry (1984) proponen una metodología alternativa para estimar los tres parámetros de la distribución Weibull, sin necesidad de estimar aparte el parámetro de localización "a".

Debido a las inconsistencias observadas entre los atributos predichos por modelos a nivel de rodal y los atributos predichos por modelos de distribución diamétrica, incluso para un mismo grupo de datos (Daniels, Burkhart y Strub, 1979), el desarrollo de modelos recientes ha reemplazado los modelos de predicción de parámetros, abreviados en la litereratura como PPM, por los

modelos de recuperación de parámetros, abreviados como PRM, que evitan este problema y tienen otras ventajas (Matney y Sullivan 1982; Hyink y Moser, 1983)

En los modelos de predicción de parámetros, una vez que la distribución es ajustada a cada parcela y se tiene una estimación de los parámetros de la función, deben ajustarse ecuaciones para estimar los parámetros de la distribución en función de atributos del rodal. Schreuder, Hafley y Bennet (1979) utilizaron el procedimiento de regresión múltiple por pasos para estimar los parámetros de la distribución Weibull en función del número de árboles supervivientes por hectárea, el índice de sitio y algunas combinaciones y transformaciones de estas variables.

Sin embargo, cuando las características del rodal no logran explicar la variabilidad de los parámetros de la función de distribución, es usual predecirlos utilizando el método de percentiles, los cuales varían en una forma más consistente con las características del rodal (Bailey, 1972).

Con esta alternativa es posible ajustar la función Weibull de dos o tres parámetros, utilizando los percentiles predichos por los atributos del rodal, y luego los parámetros de la distribución a partir de los percentiles. Dubey (1967), citado por Bailey (1972), encontró que los percentiles 24 y 93, que corresponden al diámetro (dap) veinticuatroavo y noventa y tresavo en una distribución, son los más indicados para estimar los parámetros b y c de la Weibull, según las siguientes ecuaciones:

$$c = \text{Ln}(\text{Ln}(0,76)) / \text{Ln}(X93 / X24) \quad (9)$$

$$b = X24 / (-\text{Ln}(0,76))^{1/c} \quad (10)$$

donde:

c = parámetro de forma

b = parámetro de escala

X24 = percentil 24

X93 = percentil 93



#### 2.2.1.2.2 Mortalidad.

La clave para la predicción del rendimiento futuro en los modelos de distribución diamétrica es la disponibilidad de una función adecuada de mortalidad.

Entre los diferentes tipos o causas de mortalidad que se pueden distinguir en rodales donde el aclareo se ha postergado por mucho tiempo, debe considerarse la mortalidad debida a la densidad (Alder, 1980).

Después del establecimiento del rodal, el crecimiento del árbol no es afectado hasta que ocurre el cierre de copas. En este punto empieza la competencia por espacio y luz, y se inicia la mortalidad. La mortalidad ocurre a una tasa que incrementa hasta un máximo, después se reduce paulatinamente (Harms y Langdon 1976, citados por Buford y Hafley 1985).

La función de mortalidad es a menudo un polinomio ajustado por regresión múltiple, entre supervivencia expresada en términos relativos o absolutos y los factores que influyen en ella como la edad, calidad de sitio o altura dominante y la densidad.

#### 2.2.1.2.3 Estimación de la altura total.

Una vez que se han estimado los parámetros de la función de distribución y se tiene una ecuación de mortalidad, hay que estimar la altura por clase diamétrica para calcular el área basal y el volumen correspondiente. Aquí puede utilizarse un polinomio de la altura en función del diámetro o incluir otras variables independientes como la edad, densidad y el índice de sitio (Clutter et al., 1983)

#### 2.3 Estimación del crecimiento de rodales aclareados con base en el crecimiento de rodales no aclareados.

Para estimar el crecimiento y rendimiento de rodales aclareados, se han utilizado datos provenientes de ensayos de espaciamento y aclareo, o de parcelas sin aclareo sobre un

amplio ámbito de densidades, y algunos índices de densidad como el índice de densidad de rodal (IDR) de Reineke o el índice de espaciamiento relativo (S%) de Hart-Becking.

Strub y Hyink (1986) indican que la mayoría de las técnicas para modelar el impacto de prácticas de manejo, aclareo en este caso, consisten en especificar la cantidad de material removido en el aclareo y predecir el crecimiento "ajustado" del rodal remanente, a partir de rodales no aclareados con la misma densidad.

Marsh (1957), citado por Alder (1980), afirma que : "Para un ámbito amplio de regímenes de aclareo, la tasa de crecimiento de una parcela aclareada es idéntica a aquella de una parcela no aclareada de la misma edad o menor, y misma área basal".

La desventaja de la hipótesis anterior es que debe asumirse que la competencia en la parcela no tiene efectos medibles y que los aclareos no son selectivos en ninguna dirección (Ayagma, 1985).

Para tomar en cuenta, después del aclareo, el grado en que los árboles remanentes han sido afectados por la competencia, en relación al rodal contraparte con el cual se comparan, se han propuesto varios índices de supresión, proporciones y relaciones entre el diámetro y el área basal del rodal aclareado y el material eliminado (Piennar, 1979; Bailey y Ware, 1983; citados por Strub y Hyink, 1986; Alder, 1980).

Más recientemente Vincent (1985) usó el modelo de área basal para formular el régimen de espesura (densidad inicial y aclareos) con base en la teoría de Moller (1954), la cual especifica que, dentro de un cierto ámbito de valores de espesura del vuelo de plantaciones, la tasa de crecimiento del área basal se mantiene constante.

Para utilizar este modelo se debe estimar el área basal potencial, (la capacidad de carga del sitio), el área basal máxima y el área basal limitante entre las cuales se mantiene el máximo incremento medio anual. La fijación de la intensidad del aclareo consiste en estimar el número de árboles que deben quedar en pie, para que alcancen el área basal máxima, fijando un

diámetro mínimo de utilización para el producto que se puede obtener del siguiente aclareo.

Además de la teoría de Marsh (1957) y la teoría de Moller (1954) antes mencionadas, que parecen las más sólidas para estimar el crecimiento de rodales aclareados con base a rodales no intervenidos y para manejar su espesura, deben mencionarse otros índices que han sido muy utilizados para programar aclareos en esta especie, como punto de comparación.

Voorhoeve y Schulz (1968), citados por Ortega (1986), encontraron que para plantaciones de P. caribaea var. hondurensis en Surinam, un índice de espaciamiento relativo (S% de Hart-Becking) por encima de 30% posiblemente es muy abierto y que por debajo de 20% el rodal tiende a estancarse.

Por su parte, para esta especie en Costa Rica, Ortiz (1986) sugiere utilizar el índice de densidad de rodal (IDR) de Reineke (1933), el cual no debe sobrepasar las 759 unidades de IDR, pues este valor define el inicio de la faja de auto raleo, faja en la cual se comienza a perder crecimiento por alta mortalidad.

Según los autores anteriores, las ecuaciones para estimar estos índices son:

$$\text{IDR} = N * ((\text{dap}/25)^b) \quad (11)$$

$$\text{S\%} = \sqrt{(10,000/N)} * (100/\text{hdom}) \quad (12)$$

donde:

IDR = índice de densidad de rodal

S% = índice de espaciamiento relativo de Hart-Becking

N = árboles por hectárea

dap = diámetro medio a 1,3 m

b = constante estimada en 1,67 (Ortiz, 1987)

25 = diámetro de 25 centímetros

10,000 = m<sup>2</sup> por hectárea

hdom = altura dominante en metros

## 2.4 Validación del modelo.

Van Horn (1969), citado por Goulding (1979), define validación como : "el proceso de construir un nivel de confianza aceptable de una inferencia correcta o válida acerca del proceso actual".

De la anterior definición se destaca que la validación de un modelo es necesaria, para indicar al usuario el grado de confiabilidad que puede esperar del modelo que está utilizando para estimar los atributos del rodal, actuales y futuros.

En el proceso de validación Buchman y Shifley (1983), después de una revisión bibliográfica, concluyeron que todos los autores sostienen los siguientes principios: a) ningún sistema de proyección, puede representar perfectamente el sistema real que está modelando, b) los sistemas de proyección no pueden ser evaluados en ausencia de algún objetivo declarado, es decir, la utilidad de un sistema depende de los objetivos del usuario y c) la evaluación del modelo es particularmente subjetiva.

Entre los procedimientos de validación existentes, Burk (1986) distingue tres principales:

a) Validación con base a datos independientes de los usados en la construcción del modelo donde los valores predichos y observados son comparados por criterios selectivos (Reynolds, Burkhart y Daniels, 1981; Alder 1980). En casos donde la colección de nuevos datos no es práctica, un procedimiento alternativo es el llamado validación cruzada, que consiste en dividir los datos existentes en dos grupos, el primero se usa en la construcción del modelo y el otro en la validación (Snee, 1977; citado por Reynolds, Burkhart y Daniels, 1981; Mosteller y Tukey, 1977; citados por Burk, 1986; Storie, 1974; citado por Goulding, 1979).

b) La validación puede también basarse en la consideración de los patrones que pueden ser esperados, sobre varias combinaciones de variables predictoras. Knoebel, Burkhart y Beck (1986), utilizaron este sistema para validar la distribución del número de árboles por clase diamétrica sobre varias

combinaciones de índice de sitio, edad y área basal, así como el efecto de la intensidad, número y tiempo del aclareo, sobre el rendimiento en volumen. Buchman y Shifley (1983) indican que los modelos que tienen tal consideración biológica garantizan su validez para las variables consideradas.

c) Los nuevos modelos también pueden validarse por comparación con modelos ya existentes.

Cuando la validación se basa en datos independientes, o cruzados, existen varios criterios para comparar los resultados. Snee (1977), citado por Burk (1986), considera que la sumatoria de los (valores predichos menos los valores observados) / N donde N es el número de observaciones usadas en la validación, provee casi toda la información necesaria.

Algunos autores (Reynolds, Burkhart y Daniels, 1981; Goulding, 1979; Alder, 1980) presentan varias pruebas estadísticas para evaluar el funcionamiento del modelo de proyección, entre las que se pueden mencionar la prueba de t, la prueba no paramétrica de Wilcoxon y la de Kolmogorov-Smirnov, esta última muy utilizada en comparación de distribuciones diamétricas.

Una prueba que merece mención especial es la del comportamiento de la regresión lineal de los valores observados en función de los valores predichos, donde se evalúa la hipótesis nula que el coeficiente b es 1 y a es diferente de 0 (Mowrer, 1986).

Aunque las pruebas estadísticas son guías útiles, Goodall (1972), citado por Buchman y Shifley (1983), enfatiza que los errores de predicción estadísticamente significativos, no son necesariamente significativos en el sentido práctico.

Un último punto que es importante mencionar, es que debido a los criterios utilizados al seleccionar parcelas de investigación, los valores predichos por las ecuaciones de rendimiento del modelo, siempre tenderán a sobreestimar el rendimiento del bosque. Las razones de las discrepancias entre parcelas de investigación y bosques manejados fueron discutidas por Bruce (1977), citado por Daniels, Burkhart y Strub (1979).

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Información general del área de estudio.

La descripción detallada del área de estudio ya ha sido presentada en el Plan de Manejo de la Reserva Forestal La Yeguada (FAO, 1984). En esta sección se hace un resumen de las características del sitio más sobresalientes que se consideran relevantes para este estudio.

##### 3.1.1 Localización.

El presente trabajo fue realizado en la Reserva Forestal La Yeguada ubicada en la provincia de Veraguas, aproximadamente a 20 km al Norte del pueblo de Calobre, en la vertiente del Pacífico sobre la Cordillera Central de Panamá, en la parte superior de la cuenca de los ríos San Juan y Barrero Grande.

Aunque los límites oficiales dictados por el decreto 94 del 28 de setiembre de 1960 indican que la reserva tiene un área de 7090 hectáreas, la selección de áreas para plantaciones se ha extendido fuera de estos límites aumentando la superficie de la unidad de manejo a 7640 hectáreas. Hasta 1982, el uso actual de esta última área mostró un total de 1615 ha en plantaciones de P. caribaea var. hondurensis, 542 ha en bosque natural y rastrojo alto, 1294 ha en rastrojo bajo, 1658 ha en áreas de pastoreo, las áreas de vivienda y agricultura ocupaban 122 ha, la laguna La Yeguada 97 ha y las restantes 2311 ha no fueron cubiertas por las fotografías aéreas (FAO, 1984).

Las coordenadas geográficas dentro de las cuales se ubica la reserva son 8°27'33" hasta 8°31'00" latitud Norte y 80°49'00" hasta 80°54'00" longitud Oeste (Fig.1).

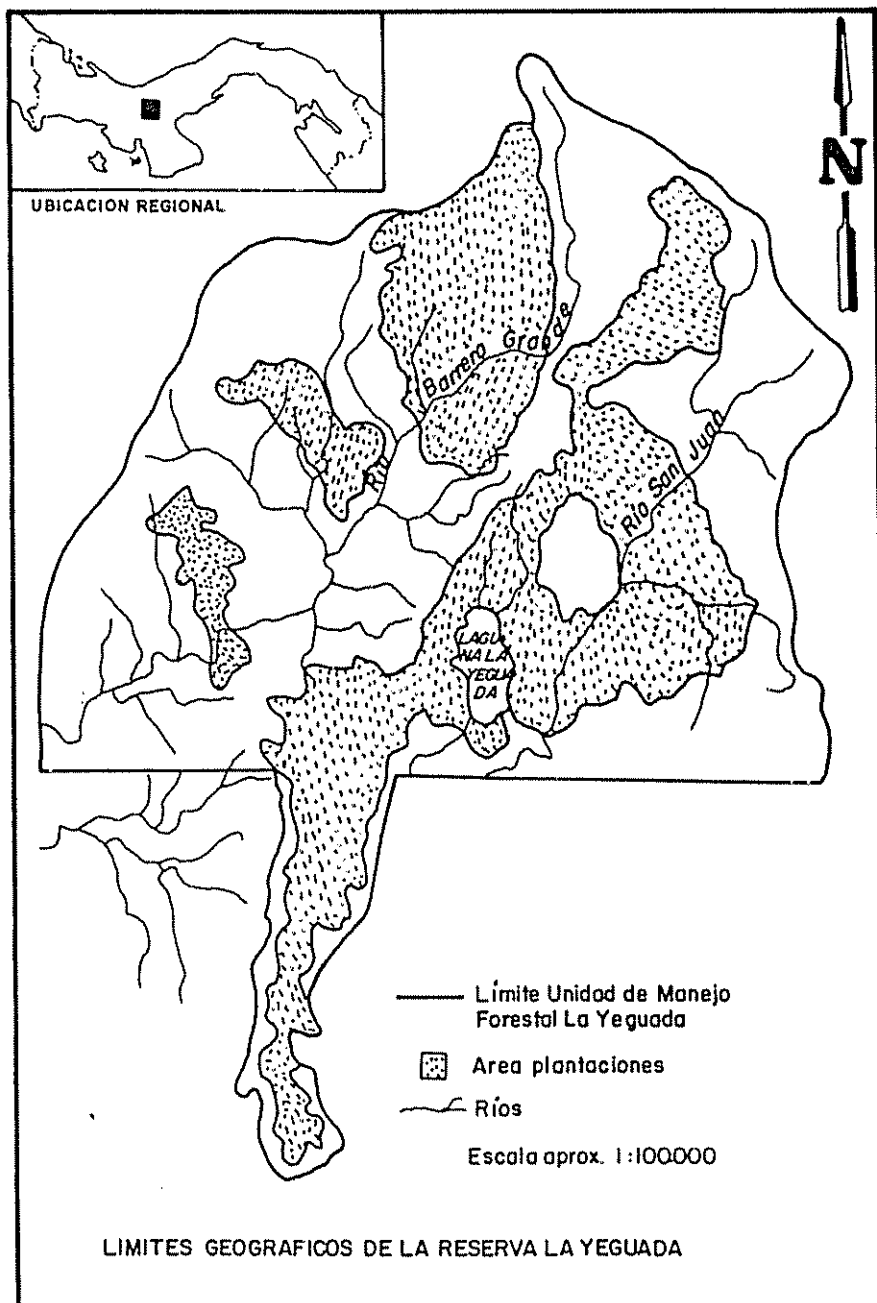


Fig. 1 Límites de la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.  
Fuente : Adaptado de FAO, 1984.

### 3.1.2 Clima.

La estación meteorológica La Yeguada, ubicada a 640 msnm, a 8°27' latitud Norte y 80°51' longitud Oeste, indica una precipitación media anual (PMA) de 3470 mm (22 años) distribuidos de mayo a noviembre y una estación seca enero a marzo en los que, según FAO (1980), se presenta déficit hídrico (Fig. 2). La temperatura media anual (TMA) es de 22,6 °C, con una máxima media anual de 27,5 °C y una mínima media anual de 19,2°C (16 años). La máxima humedad relativa se presenta en octubre con 89% y la mínima en febrero con 68%. La evaporación potencial tiene un total anual de 1898,7 mm con un valor máximo en marzo (197,4 mm) y un valor mínimo en octubre (77,7 mm).

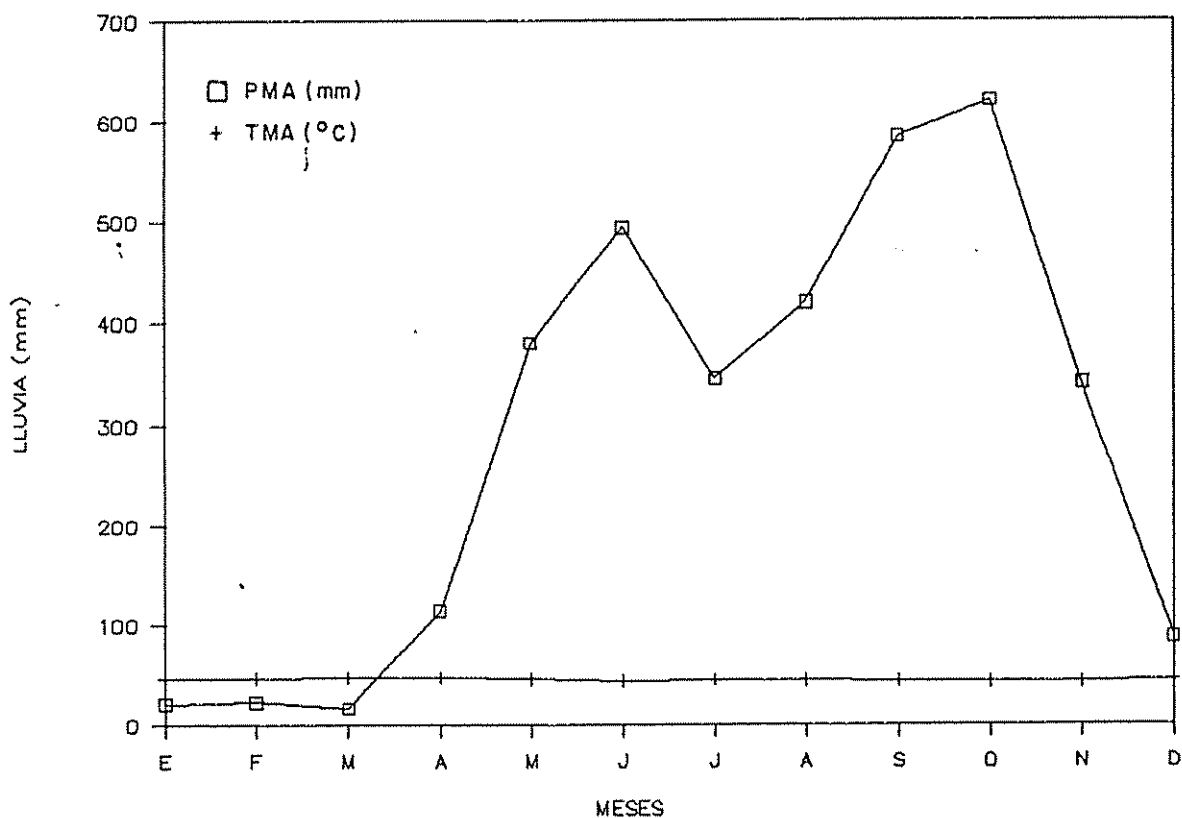


Fig. 2. Climograma de la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.  
Fuente : Adaptado de FAO, 1984.

Con base en el sistema de clasificación de Holdridge, la reserva se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-P) y en la parte más alta de la



reserva (1350 msnm) se encuentra la transición hacia bosque pluvial premontano tropical (bp-P).

Por la diferencia en altura (950 msnm) dentro del área de la reserva, que va de 400 a 1350 msnm en el norte, se nota un cambio de clima significativo en las partes altas, que provoca una reducción de la temperatura media anual a 20°C, neblina frecuente y vientos fuertes del norte.

### 3.1.3 Suelos.

Los grupos de suelo que se encuentran en la Reserva, con base en la clasificación de la Taxonomía de Suelos del USDA, son Inceptisols, Ultisols y Entisols, con dominancia de estos últimos (FAO, 1984; Lao, 1985).

Los Entisols y Ultisols son suelos derivados de rocas ígneas ácidas como tobas y piedra pómez semimeteorizada que aflora en las cimas más erosionadas, de textura franco arcillosa a arcillosa, respectivamente. Los Inceptisols son suelos que se han formado de material coluvio-aluvial, con mejores características físicas y una fertilidad natural mayor que los Entisols y Ultisols, y por lo general se encuentran en las terrazas o fondos a la orilla de los ríos.

### 3.2 Historia de las plantaciones de P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada.

En 1966 el objetivo primordial de la reserva fue la protección de las aguas de la cuenca del río San Juan para producción de energía hidroeléctrica por parte del Instituto de Recursos Hidráulicos (IRHE). En 1975 los objetivos fueron reformulados según el criterio de uso múltiple y en 1981 se propuso el manejo de la cuenca orientado principalmente al desarrollo agroforestal y conservación de suelos para mejorar el equilibrio hidrológico de la zona.

Las plantaciones se iniciaron en 1968 alrededor de la Laguna La Yeguada. Al principio se utilizó plantas a raíz

desnuda las cuales no dieron buen resultado, por lo que se cambió por plantas producidas en bolsa de polietileno. Antes de 1969, se utilizó semilla procedente de Belice y Guatemala y, entre 1969 y 1982 se usó la procedencia de Poptún, Guatemala.

Debido a la vegetación pobre de gramíneas bajas la preparación del terreno se limitó a la apertura de hoyos de 15 cm de ancho por 20 cm de profundidad.

El ritmo de plantación fue variado, al igual que el espaciamiento utilizado que inicialmente estuvo entre 1,5 x 1,5 m hasta 3,5 x 3,5 m en triángulo, y después de 1970, se fijó en 3 x 3 m en cuadro, debido a las pocas posibilidades de utilizar el material de los aclareos. Para efectos de manejo, la plantación fue dividida en lotes de plantación, que constituyen unidades de una misma edad pero de forma y tamaño variable.

Con base en las recomendaciones de los ensayos de fertilización, después de 1969, aunque en forma poco uniforme, se inició la fertilización de las plantaciones con fórmulas variables, altas en contenido de fósforo y elementos menores. La cantidad aplicada al hoyo fue de aproximadamente 45 g/planta.

El mantenimiento y protección posterior consistió en el control de la hormiga zompopa (Atta sp), la construcción de cortafuegos, limpieza de la vegetación inferior, y poda a machete.

### 3.3 Material experimental.

Las parcelas permanentes fueron instaladas en la reserva desde 1978 hasta 1984, por el Departamento de Recursos Naturales Renovables (DRNR) del CATIE como colaboración a la entonces Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), y con la colaboración del personal panameño destacado en el proyecto La Yeguada.

El material experimental consistió en 38 parcelas permanentes de crecimiento, distribuidas en 34 lotes de plantación con edades que oscilaron de 5 a 20 años, tamaño de parcelas fue variable, desde 215 hasta 1088 m<sup>2</sup>, número de árboles originales de 56 a 256 y espaciamientos desde 2 x 2 m hasta 3 x 3 m, con la mayoría de las parcelas en 3 x 3 m. Las parcelas fueron medidas de tres a ocho veces, con intervalos de uno o dos años.

El Cuadro 1 resume algunas de las características de las 38 parcelas permanentes.

### 3.4 Metodología.

#### 3.4.1 Definición de la población y selección de la muestra.

La población de muestreo estuvo constituida por el área de 1615 ha de plantaciones de P.caribaea var. hondurensis existentes hasta 1982 y cuya edad no era menor de cinco años. La Figura 3 muestra el área de plantaciones y la ubicación de las 38 parcelas permanentes muestreadas, así como 10 parcelas temporales establecidas en noviembre de 1986 para validar el modelo a desarrollar.

Tanto las parcelas permanentes como las parcelas temporales, fueron establecidas en forma opinática. Las 38 parcelas permanentes fueron ubicadas de manera que cubrieran el ámbito de calidades de sitio, edades y densidades iniciales de plantación.

Los criterios para la selección del rodal para ubicar cada parcela fueron básicamente los expuestos por John y Tschinkel (1971), la selección se restringió a rodales con edades no menores a cinco años, sin influencia de raleos o daños causados por plagas, enfermedades o incendios, alejados de los caminos, y uniformidad en cuanto a topografía, suelos y otros factores que influyen en la calidad del sitio.

Cuadro 1. Datos de establecimiento de 38 parcelas permanentes de crecimiento en La Yeguada, Panamá.

Lote de Plant.	Parcela No	Fecha Plant.	Fecha Instal.	Area (m <sup>2</sup> )	No árboles originales	Pendiente (%)	Elevación (msnm)
30A	01	06-69	78	1057	225	15	675
30A	02	06-69	78	991	191	13	660
27D	03	06-69	78	1008	256	10	685
29D	04	06-68	78	1029	136	15	660
06C	05	06-71	78	1024	117	13	655
13A	06	06-71	78	1088	121	07	710
36C	07	06-71	78	984	112	07	750
37A	08	06-71	78	894	113	05	785
41A	09	06-71	79	935	117	16	940
39A	10	06-71	78	921	112	20	920
38A	11	06-71	78	1039	125	28	800
35A	12	06-71	78	882	104	12	790
31B	13	06-67	78	1000	253	10	650
26A	14	06-70	78	1000	161	04	685
31A	15	06-66	80	900	196	03	630
07A	16	07-69	80	1022	091	03	510
26B	17	06-70	83	480	120	05	687
26B	18	06-70	83	475	080	04	680
16C	19	06-72	83	525	056	06	690
16A	20	06-70	83	500	056	11	690
16C	21	06-72	83	511	056	09	795
22A	22	06-72	83	548	056	10	870
44E	23	06-72	83	455	056	21	1040
42D	24	06-72	83	458	056	08	1050
41B	25	06-71	83	463	056	31	930
38C	26	06-71	83	454	056	16	775
16B	27	06-70	83	480	056	14	720
10C	28	06-74	83	535	057	11	445
10B	29	06-75	83	524	056	08	590
01A	30	06-77	83	458	056	13	640
05A	31	06-72	83	466	056	12	640
06a	32	06-72	83	522	056	05	610
41C	37	06-76	83	432	056	19	880
47C	38	06-75	83	455	056	16	980
47A	39	06-75	83	494	056	15	1010
48A	40	06-75	83	448	056	16	1060
25A	41	06-70	84	215	056	11	670
25B	42	06-71	84	491	056	07	730

Nota: Las parcelas 33 a la 36 no se incluyeron porque son ensayos de fertilización.

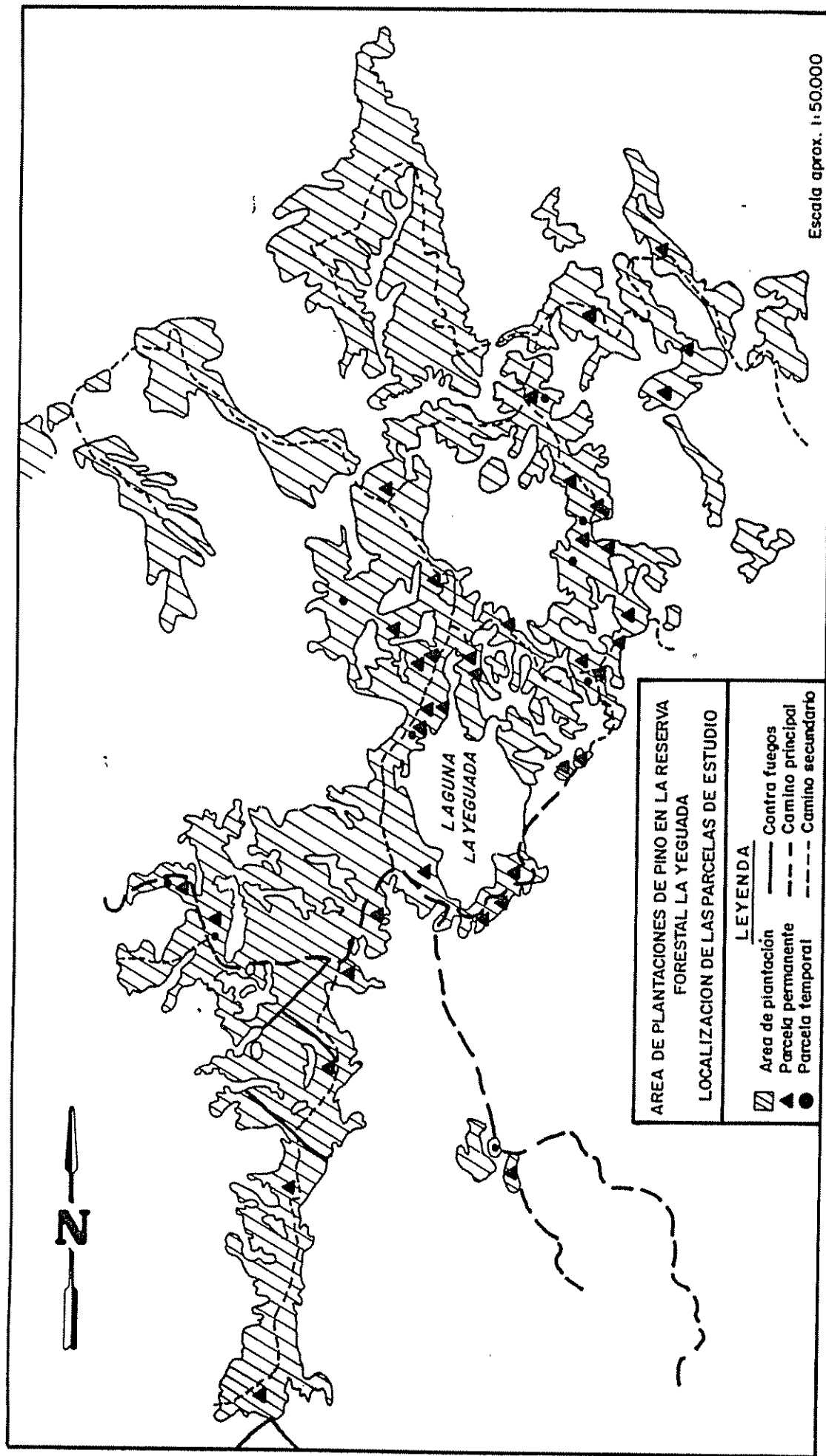


Fig.3 Area de plantaciones y ubicación de las parcelas de estudio en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.  
Fuente: Adaptado de FAO, 1984.

La forma de las parcelas es cuadrada o rectangular, según la topografía del terreno. Las primeras parcelas establecidas fueron de aproximadamente 0,1 ha y las últimas parcelas mantuvieron un área promedio aproximada de 0,05 ha con un número fijo de árboles iniciales de 56. Estas áreas están dentro de los límites sugeridos para bosques uniformes (Alder, 1980).

Una vez seleccionado el rodal, las parcelas fueron señaladas marcando con pintura amarilla al menos tres árboles en cada esquina, y los árboles a medir fueron enumerados con placas de metal en la primera y última fila.

Los criterios empleados para la instalación de las 10 parcelas temporales, fueron los mismos antes anotados, con la diferencia que el número de árboles originales fue de 64, usualmente en 8 x 8 hileras. El Cuadro 2 resume algunas características de cada parcela temporal.

Cuadro 2. Datos de establecimiento y características del rodal de diez parcelas temporales de *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal la Yeguada, Panamá.

Lote de Plantación	Parcela No.	Edad (años)	Area (m <sup>2</sup> )	Pendiente (%)	Elevación (msnm)	Hdom (m)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>3</sup> /ha)
42D	01	14,4	601	12	1020	12,4	18,65	71,89
41C	02	10,4	445	13	890	7,3	11,73	36,75
41A	03	15,4	487	38	890	15,9	40,36	201,50
40A	05	15,4	529	05	830	19,4	54,04	349,43
17A	06	6,4	533	16	660	7,6	10,58	35,82
07A	07	17,3	748	02	520	25,7	56,49	495,68
26A	08	16,4	389	01	650	20,2	47,01	271,94
10C	09	12,4	594	10	430	12,5	26,17	112,94
10B	10	11,4	548	07	570	15,7	45,85	286,08
36B	11	15,4	559	06	730	22,3	51,28	415,61

Hdom = Altura dominante

G = Area basal

VTcc = Volumen total con corteza

### 3.4.2 Trabajo de campo.

En cada una de las parcelas permanentes y temporales, se midió el diámetro a 1,3 m de altura con cinta diamétrica (dap), la altura total de al menos un árbol por clase diamétrica de dos centímetros de intervalo y la altura dominante utilizando el clinómetro Suunto. Se incluyeron algunas características de la forma del fuste y defectos como sinuosidad, bifurcación, cola de zorro y estado sanitario.

El muestreo de suelos se hizo a tres profundidades, que por error fue variado para dos grupos de parcelas: a) de 0 a 5, 5 a 20 y 20 a 40 cm para las parcelas CREC.001 a la CREC.014, más la CREC.041 y CREC.042, el cual se realizó en diciembre de 1978 y en abril de 1984, y b) de 0 a 15, 15 a 30 y 30 a 50 cm para el resto de las parcelas, en marzo de 1983. Para cada profundidad se tomó una muestra compuesta de los cuatro puntos esquineros de cada parcela con barreno de mano. Para las parcelas temporales no se hizo análisis químico del suelo.

A nivel de campo, para todas las parcelas, se midieron las siguientes características físicas y fisiográficas: 1) profundidad hasta donde inicia el material parental; definida como el promedio en centímetros de cuatro perforaciones hechas con barreno, 2) drenaje interno utilizando seis categorías según el Departamento de Agricultura de EE.UU. (1965) en a) sin drenaje = 1, b) muy lento = 2, c) lento = 3, c) medio = 4, d) rápido = 5, e) muy rápido = 6, 3) posición topográfica según cuatro categorías definidas por Wolffsonn (1983) en a) cima = 1, b) pendiente superior = 2, c) pendiente inferior = 3, d) fondo plano = 4, 4) curvatura del terreno en a) recto = 1, b) cóncavo = 2, c) convexo = 3, c) complejo = 4 (con dos o más de las anteriores), 5) exposición de la parcela en grados, transformada como sugiere Alder (1980) y 6) pendiente mínima, máxima y promedio en porcentaje sobre una distancia de 20 m (Vincent, 1978).

### 3.4.3 Trabajo de oficina y laboratorio.

Una vez recolectados los datos en cada medición, éstos fueron grabados en disco de computadora siguiendo un formato estandar, posteriormente fueron verificados para reducir errores en las mediciones de campo y en la grabación de los datos. Se utilizó el programa CKECPLLOT del Paquete Estadístico Palmer (PSP), desarrollado por H. J. Palmer del Programa Británico de Cooperación Técnica, para verificar los códigos de identificación y la existencia de incrementos o decrementos desusuales en el curso de las mediciones de cada árbol para todas las parcelas.

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, en Costa Rica, y algunos análisis granulométricos en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP) utilizando el método de Boyoucos (Hardy y Bazan, 1975).

Para el análisis de P, Fe, K, Zn, Cu y Mn se utilizó una solución extractora Olsen modificada, con una relación suelo:solución de 1:10. El P se determinó colorimétricamente con azul de molibdeno en un espectrofotómetro Coleman Junior III. El K, Fe, Zn, Cu y Mn se determinaron usando un espectrofotómetro de absorción atómica (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

El Ca, Mg,  $\text{NH}_4^+$  (nitrógeno amoniacal) y la acidez intercambiable se extrajeron con KCL 1 N, en relación suelo:solución de 1:10. El Ca, Mg y  $\text{NH}_4^+$  se determinaron por absorción atómica, y la acidez intercambiable se tituló con NaOH 0,01 N (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

El pH en agua, se determinó utilizando un potenciómetro, y agua destilada en relación 1:2,5 suelo:agua (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

El contenido de materia orgánica fue determinado por el método de Walkley y Black (Saiz del Rio y Bornemiza, 1962).

Con los resultados del laboratorio se calculó la capacidad de intercambio efectiva como la suma de bases (Ca, Mg y K) más



la acidez intercambiable. El porcentaje de saturación de acidez se estimó como la relación de acidez intercambiable sobre la capacidad de intercambio efectiva.

### 3.5 Análisis de los datos.

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando las facilidades del Centro de Cómputo del CATIE (Computador IBM 4331) y el equipo de microcomputadoras del Proyecto Madeleña.

#### 3.5.1 Índice de sitio.

Con los datos de altura dominante y edad de cada parcela, y utilizando el programa SINDEK del PSP, se generaron curvas de evolución en altura dominante. Este programa ajusta curvas anamórficas o de pendiente común, y curvas polimórficas o de intercepto común utilizando los procedimientos delineados por Alder (1980) con base al trabajo de Bailey y Clutter (1974). El programa estima los parámetros de la función de Schumacher en las primeras tres etapas; en la cuarta etapa calcula los coeficientes de regresión para los índices de sitio y edad base asignada por el usuario. En la quinta etapa estima los índices de sitio para cada parcela con base en ambos modelos, y en la sexta etapa grafica la familia de curvas de índice de sitio asignados, superpuestas a los pares de datos de altura dominante/edad de cada parcela y medición.

Una vez asignado el índice de sitio a cada parcela, utilizando la edad más próxima a la edad base seleccionada de 15 años, las parcelas fueron agrupadas en clases de sitio para el análisis posterior.

### 3.5.2 Análisis de los factores de sitio.

Para las características fisiográficas, físicas y químicas, se estimaron las medidas de tendencia central por clase de sitio y profundidad de muestreo.

La interpretación de las propiedades químicas se realizó con base en la guía tentativa de análisis de fertilidad para el crecimiento de bosques de pino y eucalipto dada por Davey (1985), citado por Lao (1985), y a otros valores encontrados en la literatura (Liegel, 1981).

### 3.5.3 Relación de los factores del sitio y el índice de sitio.

Para determinar los principales factores que influyen sobre el índice de sitio en P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, y para reducir el grupo de variables a un conjunto manejable, se utilizó el análisis de regresión múltiple por pasos del paquete estadístico Statgraphic (Statistical Graphics Corporation, 1986). En este análisis, para que una variable sea incluida en el modelo, el valor de F debe ser igual o mayor que cuatro y cualquier variable incluida puede ser eliminada si el valor de F baja este límite.

Para las variables fisiográficas y físicas medidas directamente en el campo, este análisis fue hecho para todas las 38 parcelas. Para las variables físico-químicas determinadas en el laboratorio, fue necesario realizar el análisis por profundidad de muestreo y para un número de variables independientes inferior en dos al número de parcelas de cada grupo, para dejar al menos un grado de libertad para estimar el error. El modelo final se obtuvo para aquellas variables seleccionadas en cada profundidad.

### 3.5.4 Situación actual del bosque.

#### 3.5.4.1 Estimación de altura total y volumen por árbol.

Con la muestra de datos de altura-diámetro de las parcelas por clase de sitio, y utilizando el programa INT2VARS del PSP, se seleccionó un modelo para estimar, en función del diámetro, la altura total de los árboles cuya altura no fue medida.

Después de analizar varias ecuaciones para estimar el volumen de los árboles de pino, debido a que los diámetros encontrados sobrepasaron el diámetro máximo de las tablas de volumen desarrolladas para este sitio por Ugalde (1981) y observando que todas las demás ecuaciones (Ackhurst y Mioski, 1971; Nikles, 1970; ambos citados por Lamb, 1973; Lao, 1985), tendieron a sobreestimar al ser comparadas con la de Ugalde (1981), se decidió utilizar esta última.

Con estas ecuaciones, se transformó los archivos de datos originales a valores por hectárea y por clase de sitio (Cuadro 1A).

La situación actual de las parcelas fue analizada a partir de los valores máximos y mínimos por hectárea, y con base en el índice de espaciamiento relativo (S% de Hart-Becking) y el índice de densidad de rodal (IDR de Reineke).

#### 3.5.4.2 Análisis de mortalidad.

Para mostrar la disminución del número de árboles supervivientes con la edad, el análisis de la mortalidad se realizó gráficamente.

Se usó el análisis de regresión múltiple por pasos para desarrollar ecuaciones que predijeran el número de árboles supervivientes en función de la edad, la altura dominante y el número de árboles plantados, por clase de sitio y para todos los sitios en conjunto.

### 3.5.4.3 Estimación de los parámetros de la distribución Weibull.

Luego de eliminar once mediciones correspondientes a dos parcelas intervenidas (CREC.013 Y CREC.015) y una quemada (CREC.030, 8,6 años), se utilizó el programa DISFIT del PSP, para ajustar la distribución Weibull a cada uno de los 178 grupos de datos, que constituyó el conjunto de todas las mediciones realizadas a cada parcela. El programa ajustó la distribución Weibull de dos parámetros en 111 de los casos, y la de tres parámetros en los 67 restantes.

La bondad de ajuste fue evaluada con base en la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov. Steel y Torrie (1980) detallan la fórmula para estimar este estadístico como sigue:

$$D = \sup \parallel F_o \text{ , } - F_e \text{ , } \parallel$$

donde:

D = valor de Kolmogorov-Smirnov

sup = valor supremo

F<sub>o</sub> = Frecuencia relativa observada acumulada

F<sub>e</sub> = Frecuencia relativa esperada acumulada

|| || = valor absoluto

Utilizando el procedimiento de regresión múltiple del Instituto de Sistemas de Análisis Estadístico (Statistical Analysis System Institute, 1982), se trató de explicar la variación de los parámetros de la distribución Weibull en función de la edad, la altura dominante y el número de árboles actual.

Finalmente, dado que no se encontró una ecuación satisfactoria para estimar estos parámetros, se utilizó el sistema de percentiles descrito por Dubey (1967), citado por Bailey (1972). Primero se estimaron los percentiles 24 y 93 para los 178 grupos de datos, mediante el programa DISFIT del PSP, y mediante el análisis de regresión por pasos se estimaron en función de las características del rodal.

### 3.5.5 Desarrollo del modelo para predicción del rendimiento.

Con base en las ecuaciones para estimar el índice de sitio, la altura dominante, el número de árboles supervivientes, la altura total, los diferentes volúmenes (Ugalde, 1981) y con ayuda de los parámetros de la distribución Weibull, se elaboraron tablas de rendimiento por clase de sitio empleando el programa LOTUS 1-2-3 (Baras, 1986).

### 3.5.6 Propuesta de aclareo.

Con base en las curvas de crecimiento en área basal generadas por el modelo para una densidad inicial de 1100 árboles por hectárea, se elaboró una propuesta de aclareo.

Esta propuesta se basó en la teoría de Moller (1954), expuesta por Vincent (1985), y con apoyo en la hipótesis de Marsh (1957), citado por Alder (1980), y evaluada por Piennar y Turnbull (1973).

El número aproximado de árboles a dejar en cada aclareo, se estimó con base al 5% de Hart-Becking según la ecuación 12, el cual se llevó hasta un 20 % en cada aclareo, valor que alcanzó el rodal aclareado al compararlo con rodales no aclareados de igual densidad.

### 3.5.7 Validación del modelo.

Para validar el modelo, se utilizaron los datos de 10 parcelas temporales, distribuidas en las diferentes clases de sitio.

La validación se hizo gráficamente, y se estimó el coeficiente de determinación entre los valores observados y esperados, y mediante el estadístico Kolmogorov-Smirnov.

El comportamiento biológico del modelo se analizó para varias combinaciones de edad y clase de sitio, con una densidad inicial de 1100 árboles por hectárea.

Debido a lo limitado del ámbito de espaciamientos cubiertos por las parcelas, no se pudo evaluar otra densidad de plantación diferente a los 1100 árboles por hectárea, que es la densidad promedio encontrada.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

##### 4.1 Características del suelo.

Los Cuadros 3, 4 y 5 resumen las características fisiográficas, físicas y químicas promedio (Cuadros 2A al 5A), por clase de sitio (ver punto 4.2.1), para dos grupos de parcelas permanentes según la profundidad de muestreo.

Cuadro 3. Características fisiográficas y físicas de 38 parcelas permanentes de P. caribaea var. hondurensis, por clase de sitio, en La Yeguada, Panamá.

Variable	Clase sitio	Media	Mínimo	Máximo
Elevación (m)	I	639	510	730
	II	718	650	930
	III	783	445	1060
	IV	798	590	1050
Posición topográfica	I	3,25	1	4
	II	2,80	2	4
	III	2,21	1	3
	IV	1,40	1	2
Pendiente máxima(%)	I	7,25	5	11
	II	19	5	53
	III	18	7	34
	IV	17	7	32
Curvatura	I	1,25	1	2
	II	2,50	1	4
	III	1,50	1	4
	IV	2,00	1	4
Profundidad del suelo (cm)	I	90	80	100
	II	92	80	100
	III	82	45	100
	IV	82	33	100
Drenaje interno	I	4,75	4	5
	II	4,20	3	5
	III	3,71	2	5
	IV	4,20	2	6
Exposición (°)	I	223	175	272
	II	230	80	352
	III	178	59	328
	IV	241	54	350

Posición Topográfica : cima = 1, pendiente superior = 2, pendiente inferior = 3, fondo plano = 4. Curvatura: recta = 1, cóncava = 2, convexa = 3, compleja = 4. Drenaje interno: sin drenaje = 1, muy lento = 2, lento = 3, medio = 4, rápido = 5, muy rápido = 6.

Cuadro 4. Características químicas promedio por clase de sitio para 16 parcelas permanentes de P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, Panamá.

Clase	No.	Prof	pH	Ca	Mg	K	Acidez	CIE	Satur.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N	Ca/Mg	Hg/K	Textura		
																		A	L	Ac
Sitio		Parc.	Inf.	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----			acidez	-----ug/ml-----			(mg/g) -cmol/cmol-			---						
		(cm)		(cmol/cmol)							(mg/g)---									
I	1	5	4,3	0,02	0,62	0,09	-	-	3,00	69,2	17,6	0,20	1,50	-	0,03	6,9	620	220	160	
		20	4,5	0,22	0,70	0,06	-	-	3,00	17,0	9,5	0,40	1,10	-	0,31	11,7	620	240	140	
		40	4,5	0,05	0,70	0,06	-	-	3,00	15,5	10,7	0,20	1,30	-	0,07	11,7	600	300	100	
II	7	5	5,1	0,55	0,24	0,06	3,40	4,30	0,77	0,79	14,9	11,4	1,83	1,93	1,3	2,08	3,8	450	270	280
		20	5,1	0,44	0,16	0,05	3,71	4,38	0,82	0,71	13,5	10,5	1,61	1,75	0,7	2,42	3,5	450	250	300
		40	5,2	0,41	0,17	0,04	3,98	4,65	0,84	0,64	11,5	9,6	1,66	1,67	0,5	2,67	4,6	440	230	320
III	7	5	5,1	0,38	0,19	0,05	3,37	3,99	0,84	0,50	4,8	3,8	3,43	1,60	1,2	2,01	3,9	480	270	260
		20	5,2	0,28	0,12	0,04	3,51	3,95	0,89	0,35	4,6	3,8	2,93	1,19	0,6	2,63	3,5	450	300	250
		40	5,2	0,27	0,12	0,03	3,75	4,17	0,90	0,36	5,2	4,2	2,89	1,01	0,5	2,57	3,8	450	340	210
IV	1	5	4,9	0,52	0,32	0,06	6,00	6,89	0,67	0,50	5,0	4,6	2,40	1,30	1,2	1,70	5,2	460	260	280
		20	5,0	0,30	0,13	0,04	6,20	6,67	0,93	Tr	3,4	3,1	2,00	1,00	0,5	2,30	3,2	440	320	240
		40	5,1	0,25	0,14	0,04	5,20	5,63	0,92	Tr	4,3	3,8	2,20	0,50	0,3	1,80	3,5	440	320	240



Cuadro 5. Características químicas promedio por clase de sitio para 22 parcelas permanentes de P. caribaea var hondurensis en La Yeguada, Panamá.

Clase	No. Prof.	pH	Ca	Mg	K	Acidez CIE	Satur. acidez	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N	Ca/Mg	Mg/K	Textura				
Sitio	Parc. Inf.	(cm)	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----					-----ug/ml-----					(mg/g) -cmol/cmol-			A	L	Ac		
																	---(mg/g)---			
I	3	15	4,97	2,01	0,54	0,17	3,43	6,46	0,94	2,83	116,8	10,4	2,10	2,43	0,6	3,40	3,13	410	250	340
		30	4,80	1,18	0,34	0,11	5,30	8,13	0,96	1,16	66,9	4,3	1,83	2,16	0,4	3,03	3,87	350	250	400
		50	4,97	0,65	0,23	0,14	6,20	9,43	0,95	0,60	30,6	6,2	1,80	1,90	0,3	2,60	3,60	390	200	410
II	3	15	4,37	0,21	0,11	0,03	2,97	3,32	0,89	1,83	226,3	52,1	1,53	2,63	1,1	1,97	3,20	160	250	590
		30	4,60	0,21	0,10	0,02	2,50	2,83	0,87	0,83	112,0	27,6	1,33	2,63	0,8	2,10	5,00	120	240	610
		50	4,80	0,20	0,09	0,02	2,60	2,91	0,86	0,17	49,1	25,6	1,40	2,73	0,5	2,37	5,50	150	240	610
III	7	15	4,50	0,21	0,12	0,12	3,87	4,25	0,90	1,14	322,8	3,9	1,33	1,48	1,3	1,79	5,10	230	330	450
		30	4,71	0,18	0,09	0,03	3,96	4,26	0,91	0,92	136,7	5,7	1,21	1,41	0,7	1,87	6,90	210	330	460
		50	4,76	0,19	0,10	0,03	3,99	4,42	0,90	0,29	85,5	6,0	1,33	1,48	0,5	1,97	7,49	230	330	430
IV	9	15	4,59	0,25	0,15	0,05	4,15	4,61	0,90	1,61	281,7	4,3	1,32	1,76	1,2	1,70	13,68	230	350	420
		30	4,74	0,24	0,13	0,05	4,52	4,94	0,91	0,78	74,3	2,9	1,22	1,58	0,5	1,82	11,01	220	380	400
		50	4,87	0,24	0,13	0,04	5,10	5,52	0,92	1,11	43,0	2,6	1,23	1,47	0,4	2,32	28,43	220	370	410

De acuerdo a las características físicas y fisiográficas que se muestran en el Cuadro 3, las clases de sitio I y II, están ubicadas en elevaciones promedias de 639 a 718 msnm, con un ámbito que va desde los 510 hasta los 930 msnm.

Estos sitios por lo general se encuentran en laderas inferiores o fondo de los valles, con topografía generalmente plana aunque se puede encontrar pendientes mayores hasta 53 %. Presentan curvatura recta a convexa, con una profundidad de suelo de más de 80 cm y un drenaje interno de medio a rápido, lento en algunas partes. En promedio, estos sitios están expuestos hacia el Sureste, pero se encuentran parcelas orientadas en todas direcciones.

Los sitios de las calidades III y IV, que constituyen el 63 % de las parcelas evaluadas (ver punto 4.2.1, Cuadro 6), se encuentran situados tanto en las partes más altas (1060 msnm), en la zona transicional a bosque pluvial premontano, y en áreas bajas desde los 445 msnm. En ambos extremos de elevación, las parcelas están ubicadas cerca de la cima de las colinas donde la profundidad del suelo varía desde 30 hasta 100 cm, y el drenaje interno es muy lento en la mayoría de los casos. La forma del terreno y la pendiente máxima en estos sitios es variable, con predominancia de formas rectas y convexas, y pendientes máximas promedias mayores al 17 %. La mayoría de las parcelas están expuestas hacia el Sureste y Suroeste, aunque se encuentran parcelas orientadas en todas direcciones.

En general se observó que la posición topográfica y el drenaje interno, tienen una relación aparente más directa con la clase de sitio.

Para evaluar la disponibilidad de elementos en el suelo para esta especie, y dado que no se conocen las concentraciones críticas de cada elemento (Roby, 1985; Lamb, 1973), se utilizó la guía de Davey (1985) para niveles críticos en pinos y eucaliptos, utilizada por Lao (1985) (Cuadro 6A), a pesar de que los métodos de laboratorio utilizados difieren del método de Mehlich III utilizado por Davey (1985).

Los suelos bajo plantaciones de pino en La Yeguada, se clasifican como suelos muy ácidos; el pH varía desde 4,3 hasta 5,2.

En promedio (Cuadros 4 y 5), no se observó ninguna tendencia de la calidad de sitio con la reacción del suelo. Sin embargo, para el segundo grupo de 22 parcelas con profundidad de 0 a 15 cm (Cuadro 3A), 12 se encontraron bajo el nivel crítico ( $\text{pH} \leq 4,5$ ), y de estas 12, el 75 % corresponden a las clases de sitio III y IV. Los porcentajes altos de saturación de acidez, que van desde 77 hasta 94 %, confirmaron el efecto negativo de la acidez, especialmente en las clases de sitio más bajas.

Como era de esperarse para el contenido de elementos analizados, se observó una tendencia marcada a disminuir conforme aumenta la profundidad.

Considerando la primera profundidad de muestreo (0 a 5 y 0 a 15 cm), independientemente del grupo de parcelas (Cuadros 5 y 6), se observó que el P, Mg, K, Mn, Zn y Cu se encuentran cerca del nivel crítico en los sitios mejores y disminuyen para las clases de sitio más bajas, hasta niveles críticos. El contenido de Ca varía en forma menos consistente con las clases de sitio pero se mantiene cerca del nivel crítico.

Debido quizás a las diferencias en la profundidad de muestreo, a la fecha de muestreo y al número de muestras, el contenido de Zn y las relaciones Ca/Mg y Mg/K variaron en una forma distinta, aumentando o disminuyendo con la clase de sitio, según el grupo de parcelas (Cuadros 5 y 6).

Lea et al. (1980), citado por Liegel (1981), indican que el nivel crítico de N en el suelo para Pinus elliottii, está entre 3 a 5 ppm. Comparativamente, los niveles de N en La Yeguada, están por debajo de los valores anteriores, por lo que se pueden clasificar como deficientes, sin tendencia aparente entre clases de sitio.

Parece claro que la fertilidad baja de estos suelos esta causada por la saturación de acidez alta, valores de pH bajos, y por las deficiencias en calcio y magnesio. Sin embargo, dado

que la mayoría de los elementos están cerca o bajo el nivel crítico, cualquiera de ellos, solos o en forma combinada, podría limitar el crecimiento del pino en La Yeguada.

Desde el punto de vista de texturas, y utilizando el triángulo de texturas del Departamento de Agricultura de EE.UU. (1965), para el primer grupo de 16 parcelas, los suelos se clasifican como franco arenosos, en la clase de sitio I y franco arcillo arenosos para los restantes. Para este grupo no se observó ninguna tendencia aparente del contenido de partículas con la clase de sitio.

Para el segundo grupo de 22 parcelas (Cuadro 6), los suelos se clasifican como franco arcillosos en las clases de sitio I y II, y como arcillosos en las clases III y IV. Solamente para el contenido de limo se observó una tendencia marcada a aumentar conforme disminuye la calidad de sitio.

#### 4.2 Determinación de la calidad de sitio.

Los coeficientes de la curva promedio de evolución en altura dominante para las plantaciones de P. caribaea var hondurensis en La Yeguada, según el modelo de Schumacher (ecuación 1), fueron estimados como sigue:

$$\ln(h_{dom}) = 10,2958 - 10,1558/E^{0,1103} \quad (13)$$

$$R^2 = 63\%$$

El índice de sitio a la edad base de 15 años, que fue la edad más próxima al turno de rotación, alcanzada por la mayoría de parcelas, fue estimado para cada parcela utilizando los modelos polimórfico y anamórfico. Las ecuaciones resultantes fueron:

$$\ln(IS) = \ln(h_{dom}) - 10,2958 * (E/15)^{0,1103} \quad (14)$$

$$\ln(IS) = \ln(h_{dom}) + 10,1558 (E^{-0,1103} - 15^{-0,1103}) \quad (15)$$

donde:

IS = índice de sitio a la edad base de 15 años en metros

h<sub>dom</sub> = altura dominante en metros

E = edad en años

Haciendo uso de las ecuaciones 14 y 15, luego de estimar el índice de sitio para cada parcela, se generaron las medidas de tendencia central para las 38 parcelas evaluadas.

Se decidió utilizar el modelo anamórfico, para la clasificación de los sitios en el análisis posterior, debido a que ambos modelos estimaron de igual forma el índice de sitio, con valores similares para todos los estadísticos y considerando que este tipo de modelo, por su sencillez, es de uso más corriente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medidas de tendencia central para el índice de sitio (edad base 15 años) de 38 parcelas permanentes de P. caribaea var hondurensis en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Modelo	$\bar{X}$ (m)	S (m)	C.V. (%)	Máximo (m)	Mínimo (m)
Anamórfico	16,80	3,44	20,49	27,14	11,37
Polimórfico	16,80	3,42	20,36	27,20	11,51

$\bar{X}$  = media

S = desviación estandar de la media

C.V. = coeficiente de variación

Con un incremento medio anual en altura dominante que va desde 0,75 hasta 1,81 m/año a los 15 años de edad, los sitios en La Yeguada se pueden clasificar como poco productivos. Ortega (1986) y Tobar (1976), para esta especie en Costa Rica y Venezuela, informaron incrementos medios anuales en altura dominante en los sitios menos productivos de 1,5 y 1,6 m/año, y de 2,4 y 2,0 m/año en los más productivos, a la edad de 8 y 9 años, respectivamente.

La Figura 4 muestra la evolución promedio en altura dominante para diferentes países donde esta especie se ha plantado como exótica; en ella se confirma la baja productividad de los sitios en la Reserva Forestal La Yeguada.

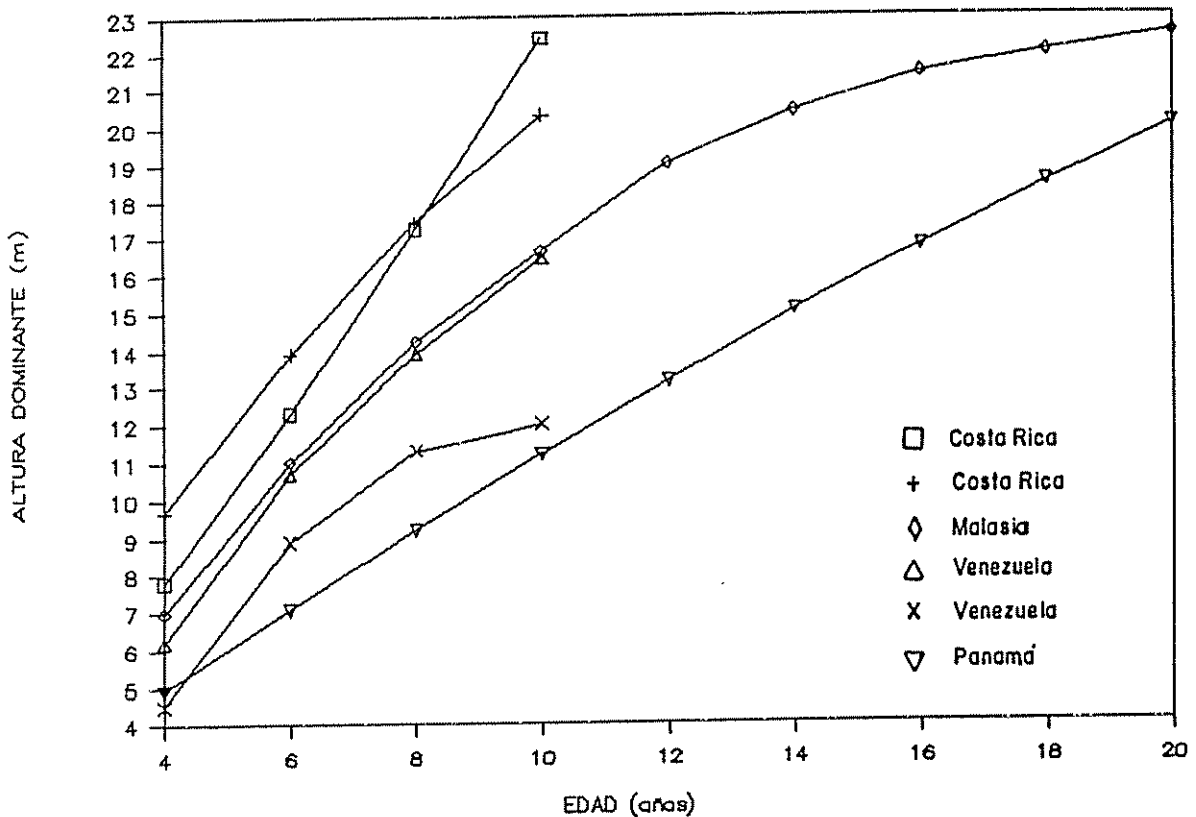


Fig.4 Evolución de la altura dominante para P. caribaea var. hondurensis en diferentes países.

#### 4.2.1 Agrupación por clase de sitio.

Luego de probar diferentes ámbitos de índices de sitio, tomando en consideración el incremento en altura dominante y el tamaño de las plantaciones en La Yeguada, se agruparon las parcelas en cuatro clases de sitio usando un ámbito de 3 m.

Para definir el número y el ámbito de las clases de sitio, se consideró la desviación estandar de la media (ver Cuadro 6), la cual después de eliminar los valores máximos de índice de sitio correspondientes a las parcelas CREC.015 y CREC.016, bajó a 3 m con una media de 16,3 m. Así a partir de la clase III cuyos límites fueron definidos con la media más o menos la mitad de su desviación ( $x \pm \frac{1}{2} s$ ), se estimaron las demás clases de sitio.

La poca área de plantaciones en la reserva y la gran variación de sitios en cortas distancias, debida a las condiciones topográficas, hace recomendable que el número de

clases de sitio a definir sean pocas, pues una gran cantidad haría difícil el mapeo y el manejo posterior de unidades pequeñas, aunque la predicción del rendimiento sería más precisa con un número de clases mayor.

El Cuadro 7 resume la distribución de las parcelas por clase de sitio.

Cuadro 7. Distribución de 38 parcelas permanentes de P. caribaea var. hondurensis por clase de sitio en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Clase de Sitio	Ambito (m)	Nº Parcelas	Frec.Acum.	Porcentaje
I	≥ 21,0	4	4	10,5
II	18 - 20,9	10	14	26,3
III	15 - 17,9	14	28	36,8
IV	≤ 14,9	10	38	26,3

Ambito = altura dominante a los 15 años en metros

Las clases de sitio I y IV se definieron como abiertas para obtener un máximo de cuatro clases de sitio, para el manejo posterior del área de plantaciones de la reserva, y para obtener una distribución con suficientes parcelas en cada clase de sitio. Sin embargo, la existencia de dos parcelas (CREC.015 y CREC.016) con índice de sitio de 27 y 26 m en la clase de sitio I, deja evidencia que existe una clase de sitio mejor, la cual por falta de parcelas permanentes no fue posible considerar.

La Figura 5, muestra la curva de crecimiento en altura dominante, correspondientes al punto medio de cada clase de sitio, I = 22,5, II = 19,5, III = 16,5 y IV = 13,5 m, cuyas ecuaciones anamórficas correspondientes son:

$$\ln(h_{dom}) = 10,6469 - 10,1558 / E_1^{0,1103} \quad I \quad (16)$$

$$\ln(h_{dom}) = 10,5038 - 10,1558 / E_1^{0,1103} \quad II \quad (17)$$

$$\ln(h_{dom}) = 10,3368 - 10,1558 / E_1^{0,1103} \quad III \quad (18)$$

$$\ln(h_{dom}) = 10,1361 - 10,1558 / E_1^{0,1103} \quad IV \quad (19)$$

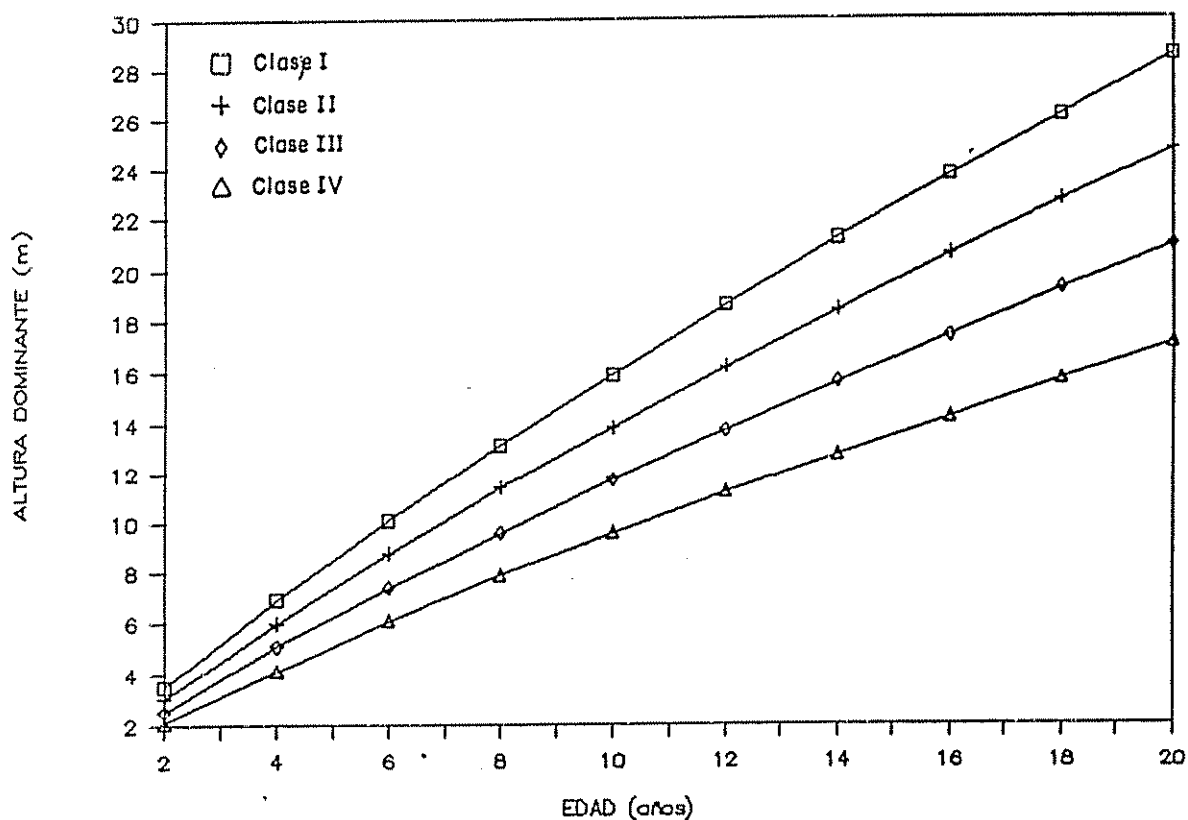


Fig.5 Curvas anamórficas de evolución en altura dominante por clase de sitio, para *P. caribaea* var. *hondurensis* en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

#### 4.3 La calidad de sitio y los factores más relacionados.

El Cuadro 8 muestra los tres mejores modelos seleccionados utilizando el análisis de regresión múltiple por pasos, que tratan de explicar la variación en el índice de sitio. Con estos modelos es posible extrapolar la calidad de sitio a las áreas potenciales de la reserva aún sin plantar.



Cuadro 8. Resumen del análisis de regresión para estimar el índice de sitio en función de las características fisiográficas, físicas y químicas para P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Modelo	Tamaño muestra	Fc	R <sup>2</sup> ajust. (%)	S	Ecuación	Variables probadas
20	38	26,45***	41	26,37	IS(dm) = 118,9706 +21,6176 PT	Fisiográficas
21	14	43,92***	94	4,64	IS(dm) = -279,5315 +5,9326 DR +82,0153 pH5 +0,5913 Mn5 -4,3753 Zn5 +7,8426 Cu5	Fisiográficas Físicas y Químicas
22	22	86,36***	90	8,43	IS(dm) = 155,7363 +18,4412 PT -1,2354 Limo50	Fisiográficas, Físicas y Químicas.

Nota: Los modelos anteriores son válidos, dentro de los valores mínimo y máximo encontrados para las variables probadas, según los cuadros 3, 3A y 5A.

IS = índice de sitio en decímetros

pH5 = acidez hasta 5 cm

PT = posición topográfica de 1 a 4

Mn5 = Contenido de Mn hasta 5 cm en ug/ml

DR = drenaje interno de 1 a 6

Zn5 = Contenido de Zn hasta 5 cm en ug/ml

Limo50 = porcentaje de limo de 30 a 50 cm

Cu5 = Contenido de Cu hasta 5 cm en ug/ml

S = desviación estandar de la media

\*\*\* = significativo al 0,1 %

Para el modelo 20, en el que se relacionó el índice de sitio (IS) de las 38 parcelas, en función de las características fisiográficas, se observó que la posición topográfica (PT) explica el 40 % de la variación del IS. Según esto, los sitios mejores se encuentran ubicados en el fondo de los valles al pie de los cerros. Esta característica define en forma indirecta otras propiedades del suelo como la profundidad, con la cual se correlaciona en forma positiva (Cuadro 7A), la disponibilidad de elementos y agua. La inclusión en este modelo de variables como el drenaje interno, la elevación y la pendiente máxima, que mostraron correlación significativa ( $P \leq 5\%$ , Cuadro 7A) con el índice de sitio, no contribuyeron al ajuste del modelo.

El modelo 21, para el primer grupo de 16 parcelas, incluyó el drenaje interno, el pH, y los contenidos de Mn, Zn y Cu hasta 5 cm de profundidad del suelo. Aunque este modelo 21 logró explicar el 94 % de la variación del índice de sitio,

debe enfatizarse que las pequeñas diferencias entre sitios (Cuadro 4), para los contenidos de Mn, Zn y Cu, no parecen significativos desde el punto de vista práctico. La calidad de sitio varía en forma proporcional positiva para todas las variables con excepción del contenido de Zn que influye en forma negativa.

Otras variables seleccionadas pero no incluidas en el modelo final, fueron el contenido de Zn y la saturación de acidez de 5 a 20 cm, los cuales entraron al modelo con coeficientes negativos y lograron explicar un 53 % de la variación del IS. Ninguna variable fue incluida de 20 a 40 cm, porque su valor de F fue menor que cuatro.

Para el segundo grupo de 22 parcelas, a pesar que el Mn a todas las profundidades y el Zn de 0 a 15 cm fueron incluidos en el modelo 22 con coeficientes positivos y significativos, cuando se incluyó la textura fueron excluidos por el contenido de arcilla de 0 a 15 cm y por el contenido de limo de 30 a 50 cm. Se observó que la arcilla y el limo a estas profundidades, afectan el índice de sitio en forma negativa.

El modelo 22 para este grupo de 22 parcelas incluyó la posición topográfica (PT) y el contenido de limo de 30 a 50 cm de profundidad del suelo, explicando un 90 % de la variación en el índice de sitio. El contenido de limo a esta profundidad limita y afecta el crecimiento del P. caribaea en forma negativa, por la formación de capas poco permeables que impiden el desarrollo normal de raíces.

#### 4.4 Características dasométricas del bosque.

Analizadas las relaciones del índice de sitio con las características del sitio, el siguiente paso consistió en analizar las características dasométricas del bosque.

#### 4.4.1 Estimación de la altura total.

Para obtener los resúmenes del volumen por parcela y por clase de sitio, primero fue necesario estimar la altura de aquellos árboles cuya altura total no fue medida.

El Cuadro 9 resume la información del análisis de regresión por clase de sitio para el modelo logarítmico.

Cuadro 9. Resumen del análisis de regresión por clase de sitio para estimar la altura total (h) en función del diámetro (dap).

Clase Sitio	Fc	R <sup>2</sup> ajust. (%)	S	Intercep. (a)	Coef. (b)	Modelo N°.
I	992,4***	68	0,137	2,1007	0,5863***	23
II	2213,6***	56	0,188	1,1294	0,7211***	24
III	3389,7***	62	0,199	0,5472	0,8041***	25
IV	1300,9***	57	0,247	0,2871	0,8382***	26

Modelo :  $\ln(h \text{ (dm)}) = a + b \ln(\text{dap} \text{ (mm)})$ , \*\*\* = significativo al 0,1 %, S = desviación estandar de la media

Estos modelos fueron seleccionados con base en el coeficiente de determinación más alto, al nivel de significancia y a la sencillez del mismo. El modelo logarítmico y el valor de t para los coeficientes fueron altamente significativos ( $P \leq 0,1 \%$ ).

El Cuadro 10 muestra las medidas de tendencia central para los datos de diámetro (dap) y altura total (h) utilizados en el análisis, y define los valores máximo y mínimo, dentro de los cuales son válidos los modelos 23 al 26 del Cuadro 9.

Los coeficientes de determinación bajos de los modelos del Cuadro 9, se deben a la variación alta existente (C.V), resultado de la amplitud entre los valores mínimo y máximo para ambas variables, y al ámbito de edades considerado. Como ejemplo, para la altura total el ámbito varía desde 25 m en la clase de sitio más alta, hasta 17 m en la clase de sitio más baja.

Cuadro 10. Medidas de tendencia central para el diámetro (dap) y altura total (h) por clase de sitio, utilizados en el análisis de regresión.

Clase sitio	Tamaño muestra	Variable	X	S	C.V. (%)	Max.	Mín
I	466	dap (cm)	27,2	8,13	30	50	8
		h (m)	21,8	4,90	23	34	9
II	1759	dap (cm)	19,1	5,32	28	37	7
		h (m)	13,8	3,70	27	25	4
III	2111	dap (cm)	17,6	4,90	28	35	4
		h (m)	11,2	3,20	29	22	2
IV	997	dap (cm)	15,0	4,50	30	28	4
		h (m)	9,1	3,16	35	19	2

X = media, S = desviación estandar de la media  
C.V. = coeficiente de variación

Con clases de sitios de amplitud menor en altura dominante, (tal y como fueron definidas en el punto 4.2.1) y con un ámbito de edades menor por clase de sitio, esta fuente de error en la estimación de la altura total podría haberse reducido.

Sin embargo, desde el punto de vista práctico y considerando que Ugalde (1981), para el mismo modelo logarítmico, encontró coeficientes de determinación de 71 %, se aceptaron las ecuaciones generadas a nivel de clase de sitio.

#### 4.4.2 Crecimiento y rendimiento por clase de sitio.

Una vez estimado el volumen y otras características dasométricas para cada parcela y fecha de medición (Cuadro 1A), se estimaron los valores máximos y mínimos para cada característica, y se analizó el crecimiento y rendimiento del bosque por clase de sitio (Cuadro 11).

Cuadro 11. Principales características dasométricas por clase de sitio, para 38 parcelas permanentes de P. caribaea var. hondurensis en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Variable	Clase sitio	Mínimo	Máximo
Edad (años)	I	11,4	20,4
	II	7,4	17,4
	III	5,6	18,4
	IV	6,6	17,4
Densidad actual (N / ha)	I	1670	2375
	II	730	2558
	III	852	2212
	IV	1067	1972
Dap (cm)	I	16	33
	II	11	24
	III	9	21
	IV	8	17
Altura total (m)	I	16	30
	II	8	20
	III	6	18
	IV	4	14
Area basal (m <sup>2</sup> / ha)	I	38	59
	II	15	53
	III	9	48
	IV	6	40
Volumen total con corteza (m <sup>3</sup> / ha)	I	283	540
	II	62	341
	III	31	242
	IV	16	159
IMAVTcc (m <sup>3</sup> / ha / año)	I	22	30
	II	7	22
	III	5	15
	IV	2	10
IDR	I	735	1236
	II	378	1165
	III	218	1009
	IV	174	878
% de Hart	I	9	18
	II	10	33
	III	14	42
	IV	14	56

IMAVTcc = incremento medio anual en volumen total con corteza  
 IDR = índice de densidad de rodal de Reineke

Las plantaciones de pino en La Yeguada, muestran una condición sanitaria buena en todas las clases de sitio. En los sitios más pobres, sin embargo, los árboles tienden a ser más cónicos y hay frecuencia de fustes sinuosos o muy sinuosos, como respuesta a las condiciones del suelo. La cola de zorro se observó más acentuada en las clases de sitio más altas, en estos sitios la forma general de los árboles es mejor.

Con excepción de la clase de sitio I en la cual el ámbito de edades varió desde 11 hasta 20 años, las restantes clases de sitio cuentan con un ámbito mayor, de 6 a 18 años.

Los sitios de calidad I y II se caracterizan por tener un incremento medio anual en volumen total con corteza (IMAVTcc) que varía desde 7 hasta 30 m<sup>3</sup>/ha/año para edades entre 7 y 20 años. El dap y la altura total (h) para estos sitios varía desde 11 a 33 cm y de 8 a 30 m, respectivamente. Los incrementos medios anuales son de 1,6 a 1,65 cm/año para el dap y 1,05 a 1,14 m/año para la altura total, para las edades indicadas.

Para las clases de sitio III y IV, los incrementos medios anuales en volumen total con corteza varían desde 2,4 hasta 15 m<sup>3</sup>/ha/año a los 5 y 18 años, respectivamente. El dap y la altura total para estos sitios son menores que para las clases de sitio más altas, y van desde 8 a 21 cm y de 4 a 18 m entre los 6 y 18 años de edad. Los incrementos medios anuales correspondientes a esta edad son 1,2 a 1,3 cm/año para dap y 0,5 a 1 m/año para la altura total.

El área basal máxima encontrada fue de 40, 48, 53 y 59 m<sup>2</sup>/ha para las clases de sitio IV, III, II y I, respectivamente. Estas áreas basales corresponden a las parcelas CREC.015, a los 20 años con 667 árboles por hectárea, CREC.011 a los 15 años con 1203 árboles por hectárea, CREC.003 a los 17,4 años con 2123 árboles y CREC.002 a los 17,4 años con 1927 árboles por hectárea (Cuadro 1A).

El índice de densidad de rodal (IDR) y el índice de espaciamiento relativo (S% de Hart) estimados según las ecuaciones 11 y 12, y tomando como límites críticos un 20 %

según lo sugerido por Voorhoeve y Schulz (1968), citados por Ortega (1986), y 760 árboles de 25 cm de dap (IDR) como el límite de la faja de autoraleo sugerido por Ortíz (1986), parece que es necesario un aclareo pronto, para la clase de sitio I, y algunos rodales de la clase II, con espaciamento relativo menor al 18 % e IDR cercano a los 760 árboles (Cuadro, 11). Sin embargo, el hecho que el porcentaje de mortalidad ( $\leq$  16%, Cuadro 1A)) para las parcelas que alcanzaron las máximas áreas basales, sustituyendo la parcela CREC.015 por la CREC.017 no intervenida, sugiere que el límite de la faja de auto raleo está sobre los 760 árboles sugeridos por Ortíz (1986) y que el S% de Hart puede ser menor al 20 %, antes de que sea realmente necesario el aclareo.

#### 4.4.3 Mortalidad.

Dado que la clave en la predicción del rendimiento futuro en modelos de rendimiento implícito, es la estimación del número de árboles supervivientes, el siguiente paso fue tratar de desarrollar una ecuación para estimar el número de árboles supervivientes en función de las características del rodal.

El análisis del número de árboles supervivientes (N2) sobre la edad, Cuadro 1A, mostró que los rodales aún no han llegado a la etapa de competencia fuerte, independientemente de la clase de sitio, para las densidades de plantación y para todo el período de años evaluado (5 a 20 años). Es posible que la mortalidad inicial se debiera en parte a las técnicas de plantación, selección natural, y al fuego o las plagas durante los primeros años.

Para todos los sitios (Cuadro 12), eliminando el intercepto que entró al modelo en forma negativa, se pudo constatar que el comportamiento de la supervivencia fue similar entre todas las clases de sitio.

Cuadro 12. Resumen del análisis de regresión múltiple por pasos, por clase de sitio para estimar el número de árboles supervivientes.

Clase sitio	Tamaño muestra	R <sup>2</sup> ajust.	S	Coefficientes	Nº. modelo
TODOS	178	99	67	0,93 N1***	27
I	13	99	54	0,93 N1***	28
II	48	99	51	0,94 N1***	29
III	74	99	71	0,92 N1***	30
IV	43	99	71	0,95 N1***	31

Modelo N2 = f(N1, Edad, hdom)

\*\*\* = significativo al 0,1 %

S = desviación estandar de la media

Dadas las condiciones de poca competencia, con la vegetación de gramíneas y para el ámbito de edades evaluado, los árboles supervivientes (N2) pueden estimarse en función de los árboles plantados (N1) con un coeficiente de determinación del 99 % y con una desviación estandar de más o menos 67 árboles por hectárea, para todos los sitios.

Desde el punto de vista biológico, para una misma edad, era de esperar que la mortalidad debida a competencia entre árboles fuera mayor en las clases de sitio mejores, sin embargo las densidades de plantación inicialmente usadas y el crecimiento lento observado en todas las clases de sitio, no ha dejado corroborar esta hipótesis.

Con los datos existentes y para el ámbito de edades evaluado, es suficiente considerar un porcentaje de mortalidad promedio independiente de la clase de sitio de 7 %, lo que se aproxima al 5 % informado por FAO (1984) en el plan de manejo de esta reserva.



#### 4.4.4 Distribución de la densidad por clase diamétrica.

Para evaluar el ajuste de la distribución Weibull de 2 y 3 parámetros a la distribución diamétrica del pino en La Yeguada se utilizó la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov. El Cuadro 13 muestra las medidas de tendencias central para esta prueba.

Cuadro 13. Medidas de tendencia central para la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov en el ajuste de la distribución Weibull de 2 y 3 parámetros a la distribución diamétrica de P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, Panamá.

No Param.	Tamaño Muestra	$\bar{X}^*$	S	C.V (%)	Min.*	Max.*
2	111	0,0682	0,0310	46	0,0137	0,1931
3	67	0,0494	0,0189	38	0,0198	0,1053

\* todos los valores significativos al 0,1 %.

$\bar{X}$  = media

S = desviación estandar de la media

C.V = coeficiente de variación

En todos los 178 grupos de datos, y con un nivel de significancia del 0,1 %, se comprobó que los diámetros de P. caribaea en La Yeguada se ajustan a la distribución Weibull de 2 o 3 parámetros.

Para la función Weibull de 2 y 3 parámetros, se comprobó que el parámetro de escala b o la suma de este parámetro con el de ubicación a, fueron aproximadamente iguales al percentil 63, tal y como lo indican varios autores (Bailey, 1972; Clutter et al., 1983; Bailey y Dell, 1973), comprobando la validez de las estimaciones.

La función Weibull de tres parámetros, mostró un mejor ajuste estadístico, con variación menor (38 %) y una amplitud menor para el estadístico, entre el valor mínimo y máximo.

A pesar del ajuste logrado, en veinte de los 178 grupos de datos, con la función Weibull de dos parámetros, aumentó la frecuencia esperada para la última clase diamétrica, sobreestimando la frecuencia real, por lo que se decidió eliminar estos datos para el análisis posterior.

Una vez estimados los parámetros de la distribución Weibull para cada parcela y fecha de medición, se procedió a tratar de explicar la variación de estos parámetros en función de la altura dominante, la densidad inicial y la edad. Con esta estimación de los parámetros se pretende desarrollar modelos para predecir cada parámetro utilizando los datos del rodal, sin necesidad de recurrir a las técnicas matemáticas de estimación de parámetros.

En el análisis de regresión para la estimación de los parámetros anteriores, para la función Weibull de tres parámetros (a, b y c), el ajuste obtenido fue relativamente bajo y variable ( $49 \leq R^2 \leq 96$ ). Para la función Weibull de dos parámetros el ajuste fue bueno para los sitios I y II ( $R^2 = 99\%$ ) y bajo para los sitios III y IV ( $60 \leq R^2 \leq 99$ ) (Cuadro 8A).

Por la falta de consistencia en las estimaciones anteriores se decidió abandonar esta técnica y utilizar el procedimiento desarrollado por Dubey (1967), citado por Bailey (1972), que consiste en estimar los parámetros de forma y de escala para la Weibull de dos parámetros, con base en las ecuaciones 9 y 10, tal y como se mencionó en la revisión de literatura.

El Cuadro 14 resume el análisis de varianza para las regresiones que estiman el percentil 24 y 93, en función de las características del rodal para todos los sitios juntos.

La significancia alta del modelo ( $P \leq 0,1\%$ ) y los coeficientes de determinación de 80 y 90 %, indican que las ecuaciones predicen, en forma aceptable, los percentiles 24 y 93 para el diámetro de esta especie en La Yeguada.

Cuadro 14. Resumen del análisis de regresión para estimar los percentiles X24 y X93 en función de las características del rodal, para todos los sitios juntos.

Var. depend.	Tamaño muestra	R <sup>2</sup> (%)	Fc	S	Coefic.	No. modelo
X24	158	80	152,74***	14,94	312,6594 47,6240 Ln(E)* -105,5388 Ln(N2)*** 84,8921 Ln(hdom)*** 0,3931 N2/E*	Interp. 32
X93	158	90	346,22***	15,51	568,1867 116,1820 Ln(E)*** -193,9300 Ln(N2)*** 132,0964 Ln(hdom)*** 0,9461 N2/E***	Interp. 33

Los símbolos denotan:

X24 y X93 = Percentiles 24 y 93 para el dap en milímetros

E = Edad en años

N2 = Número de árboles supervivientes por hectárea

hdom = Altura dominante en decímetros

Ln = Logaritmo natural

\* = significativo al 5 %

\*\*\* = significativo al 0,1 %

Ambos percentiles varían proporcionalmente con la edad, la altura dominante y la relación N2/Edad, a diferencia de la densidad actual (N2) que entró al modelo con un coeficiente negativo, tal y como era de esperarse, ya que un alto número de árboles para una edad y clase de sitio, tenderá a disminuir los diámetros.

El Cuadro 15 muestra las medidas de tendencia central para los dos percentiles evaluados, y define los valores máximo y mínimo dentro de los cuales los modelos 32 y 33 tienen validez.

Cuadro 15. Medidas de tendencia central para los percentiles 24 y 93 de las distribuciones diamétricas de P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Variable	Tamaño muestra	$\bar{X}$ (cm)	S	C.V. (%)	Max. (cm)	Min. (cm)
X24	158	13,1	3,3	25	25,5	6,0
X93	158	17,1	4,1	24	32,9	8,4

$\bar{X}$  = media, S = desviación estandar de la media

C.V. = coeficiente de variación

#### 4.5 Desarrollo del modelo para predicción del rendimiento.

##### 4.5.1 Funciones de rendimiento.

El Cuadro 16 resume las ecuaciones de rendimiento generadas en las etapas anteriores, las cuales son la base para desarrollar un modelo que permita estimar el rendimiento presente y futuro en volumen, para las plantaciones de pino en La Yeguada, y el Cuadro 9A resume el ámbito de validez de estas ecuaciones.

Las tablas de rendimiento por clase de sitio presentes en los Cuadros 10A al 13A, se calcularon utilizando las ecuaciones de rendimiento del Cuadro 16 y partiendo de una densidad promedio de 1100 árboles por hectárea.

Para calcular el rendimiento en cada clase de sitio los datos de entrada fueron la densidad inicial de plantación, la edad en años que varió desde 6 hasta 20 con un intervalo de 2 años, y las alturas dominantes correspondientes para cada edad. Con estos datos fueron estimados los percentiles 24 y 93, y luego los parámetros de escala, y de forma de la distribución Weibull. Una vez conocidos los parámetros de la función Weibull y haciendo uso de la función de densidad acumulada G, el número de árboles por clase diamétrica fue obtenido multiplicando el número total de árboles por hectárea por la proporción ( $P_i$ ) del total de árboles en cada clase diamétrica.

Cuadro 16. Resumen de las funciones de rendimiento para P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Variable	Clase sitio	Ecuación	No. modelo
IS (m)	Todos	$\text{Ln}(IS) = \text{Ln}(\text{hdom}) + 10,1558 / (E^{0,1103} - 15^{0,1103})$	15
IS (dm)	Todos	$IS = -279,5315 + 5,9326 * DR + 82,0153 * pH5 + 0,5913 * Mn5 - 4,3753 * Zn5 + 7,8426 * Cu5$	21
IS (dm)	Todos	$IS = 155,7363 + 18,4412 * PT - 1,2353 * Lino50$	22
Hdom (dm)	I	$\text{Ln}(\text{hdom}) = 10,6469 - 10,1558 / E^{0,1103}$	16
	II	$\text{Ln}(\text{hdom}) = 10,5038 - 10,1558 / E^{0,1103}$	17
	III	$\text{Ln}(\text{hdom}) = 10,3368 - 10,1558 / E^{0,1103}$	18
	IV	$\text{Ln}(\text{hdom}) = 10,1361 - 10,1558 / E^{0,1103}$	19
N2	Todos	$N2 = 0,93 * N1$	27
H (dm)	I	$\text{Ln}(h) = 2,100710 + 0,586328 \text{Ln}(\text{dap})$	23
	II	$\text{Ln}(h) = 1,129360 + 0,721143 \text{Ln}(\text{dap})$	24
	III	$\text{Ln}(h) = 0,547199 + 0,804098 \text{Ln}(\text{dap})$	25
	IV	$\text{Ln}(h) = 0,287111 + 0,838229 \text{Ln}(\text{dap})$	26
Vtcc (m <sup>3</sup> )	Todos	$\text{Ln}(V) = 1,826 \text{Ln}(\text{dap}) + 1,019 \text{Ln}(h) - 9,914$	34
VTsc (m <sup>3</sup> )	Todos	$\text{Ln}(V) = 1,933 \text{Ln}(\text{dap}) + 1,301 \text{Ln}(h) - 11,366$	35
Vsc10 (m <sup>3</sup> )	Todos	$\text{Ln}(V) = 2,613 \text{Ln}(\text{dap}) + 1,482 \text{Ln}(h) - 14,184$	39
X24 (mm)	Todos	$X24 = 312,6593 + 47,6240 \text{Ln}(E) - 105,5383 \text{Ln}(N2) + 84,8921 \text{Ln}(\text{hdom}(\text{dm})) + 0,3931 (N2/E)$	32
X93 (mm)	Todos	$X93 = 568,1867 + 116,1820 \text{Ln}(E) - 193,9300 \text{Ln}(N2) + 132,0964 \text{Ln}(\text{hdom}(\text{dm})) + 0,9461 (N2/E)$	33
Parámetros			
Weibull	Todos	$c = \text{Ln}(\text{Ln}(0,07)/\text{Ln}(0,76)) / \text{Ln}(X93/X24)$	9
		$b = X24 / (-\text{Ln}(0,76))^{1/c}$	10

IS = índice de sitio a la edad base de 15 años

hdom = altura dominante; E = edad en años

N2 = árboles supervivientes por hectárea

N1 = árboles plantados por hectárea

h = altura total

dap = diámetro con corteza a 1,3m

VTcc = volumen total con corteza en metros cúbicos

Vtsc = volumen total sin corteza en metros cúbicos

Vsc10 = volumen sin corteza hasta 10 centímetros de diámetro superior en metros cúbicos

X24 y X93 = percentiles 24 y 93 del dap

c y b = parámetros de forma y de escala de la distribución Weibull

Para cada clase diamétrica se estimó la altura total, (modelos 23 al 26), el área basal y el volumen del árbol con dap correspondiente al punto medio de clase. El área basal y el volumen total por hectárea, se obtuvieron sumando los distintos volúmenes y áreas basales por clase diamétrica. El diámetro cuadrático (dg) fue obtenido del área basal total por hectárea; además se calculó el índice de espaciamiento relativo de Hart (S%) y el índice de densidad de rodal de Reineke (IDR), como una medida aproximada del estado de competencia de cada clase de sitio.

El comportamiento del crecimiento y rendimiento para las variables evaluadas (Cuadro 10A al 13A), con excepción del número de árboles por hectárea (N2), muestran una tendencia a disminuir con la clase de sitio, que es la tendencia biológica esperada.

Con el objetivo de comparar crecimiento y rendimiento, por clase de sitio, el Cuadro 17 resume algunas de las principales características dasométricas, tomadas de las tablas de rendimiento (Cuadros 10A al 13A).

Si se toman 14 años como edad de referencia, el volumen total con corteza (VTcc) que puede alcanzarse en cada clase de sitio, varía desde 354 m<sup>3</sup>/ha en la clase de sitio I, hasta 118 m<sup>3</sup>/ha en la clase IV. Para esta edad, el diámetro cuadrático (dg) que se podría obtener de la clase I a la IV es de 24, 22, 20 y 18 cm, respectivamente.

La distribución del área basal, volumen y árboles por hectárea en cada clase diamétrica, también muestran una disminución del valor en las clases diamétricas menores, para las mejores clases de sitio, valores que aumentan conforme disminuye la clase de sitio.

Cuadro 17. Comparación del crecimiento y rendimiento para rodales no aclareados, por clase de sitio y edad, para *P. caribaea* var. *hondurensis*, en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Edad (años)	Clase sitio	Dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc --(m <sup>3</sup> /ha)--	Vsc10	-----Incrementos-----		
						G	VTcc	Vsc10
10	I	19,9	31,75	234,50	145,21	3,18	23,50	14,50
	II	18,4	27,23	149,52	76,29	2,72	15,00	7,60
	III	16,7	22,42	100,08	43,03	2,24	10,00	4,30
	IV	14,7	17,31	65,10	23,24	1,73	6,50	2,30
14	I	23,6	44,63	354,40	263,28	3,19	25,31	18,80
	II	22,1	39,14	238,39	149,74	2,80	17,03	10,70
	III	20,4	33,41	169,80	92,28	2,39	12,13	6,60
	IV	18,3	26,28	117,55	54,60	1,92	8,40	3,90
18	I	26,6	56,64	473,63	400,61	3,15	26,31	22,26
	II	25,1	50,72	332,65	242,48	2,82	18,48	13,47
	III	23,4	44,17	246,01	157,86	2,45	13,67	8,77
	IV	21,4	36,70	178,68	99,94	2,04	9,93	5,55

Dg = diámetro correspondiente al árbol de área basal promedia

G = área basal por hectárea en m<sup>2</sup>

VTcc = volumen total con corteza en m<sup>3</sup>

Vsc10 = volumen sin corteza hasta un diámetro mínimo superior de 10 cm.

Según los resultados del inventario forestal realizado en 1981 en La Yeguada, en plantaciones de 9 a 11 años de edad, abarcando todas las clases de sitio, el volumen total con corteza promedio fue de 87 m<sup>3</sup>/ha con una variación entre 47 y 137 m<sup>3</sup>/ha. Los incrementos medios anuales variaron de 2 a 24 m<sup>3</sup>/ha/año (FAO, 1984). Las tablas de rendimiento desarrolladas en este trabajo tienden a sobreestimar ya que comparativamente, para una edad de 10 años, el volumen total con corteza promedio debería ser 137 m<sup>3</sup>/ha, como promedio de las cuatro clases de sitio a esta edad, con una variación de 65 a 234 m<sup>3</sup>/ha y con incrementos medios anuales de 6,5 a 23,4 m<sup>3</sup>/ha/año.

Según los datos de este inventario, y considerando la tendencia a sobreestimar de las tablas de rendimiento (Cuadros 10A al 13A), de las 1615 hectáreas de pino caribe en La Yeguada la clase de producción tres, definida así en esa oportunidad y con un incremento medio anual a los 8 años menor o igual a 6 m<sup>3</sup>/ha/año que corresponden a las clases de sitio III y IV de este trabajo, con incremento medio anual menor o igual a 7 m<sup>3</sup>/ha/año; deben cubrir un área aproximada de 517 hectáreas lo que deja 1099 hectáreas en las clases I y II.

#### 4.5.2 Propuesta de aclareo.

El cálculo del índice de espaciamento relativo de Hart (S%) y el índice de densidad de rodal de Reineke (IDR) según el modelo de rendimiento para las plantaciones de pino en la Yeguada (Cuadros 10A al 13A), indican que el primer raleo debe efectuarse entre los 10 y 12, 12 y 14, 14 y 16, y 16 a 18 años para las clases de sitio I, II, III y IV, respectivamente. Sin embargo, el incremento corriente anual (ICA) en área basal, que define el área basal mínima bajo la cual el rodal no aprovecha el potencial del sitio (Vincent, 1985), indica que el primer raleo debe efectuarse después de estas edades. Las Figuras 6, 7, 8 y 9 muestran el crecimiento en área basal por hectárea, y definen más claramente la edad en la cual cada clase de sitio alcanza el máximo incremento corriente anual. Solo para las clases I y II parece haberse alcanzado el máximo incremento medio anual (IMA), punto en el cual el crecimiento del rodal empieza a decrecer.

Con excepción de la clase de sitio IV, para la cual el máximo incremento corriente anual en área basal (Fig.9) indica que aún no es recomendable un aclareo, la época del primer aclareo para los demás sitios fue definida en 14, 16 y 18 años respectivamente, punto en el cual el área basal limitante ha sido sobrepasada y se puede hacer un raleo lo suficientemente fuerte y para árboles de tamaño comercial ( $D_g \leq 23$  cm).



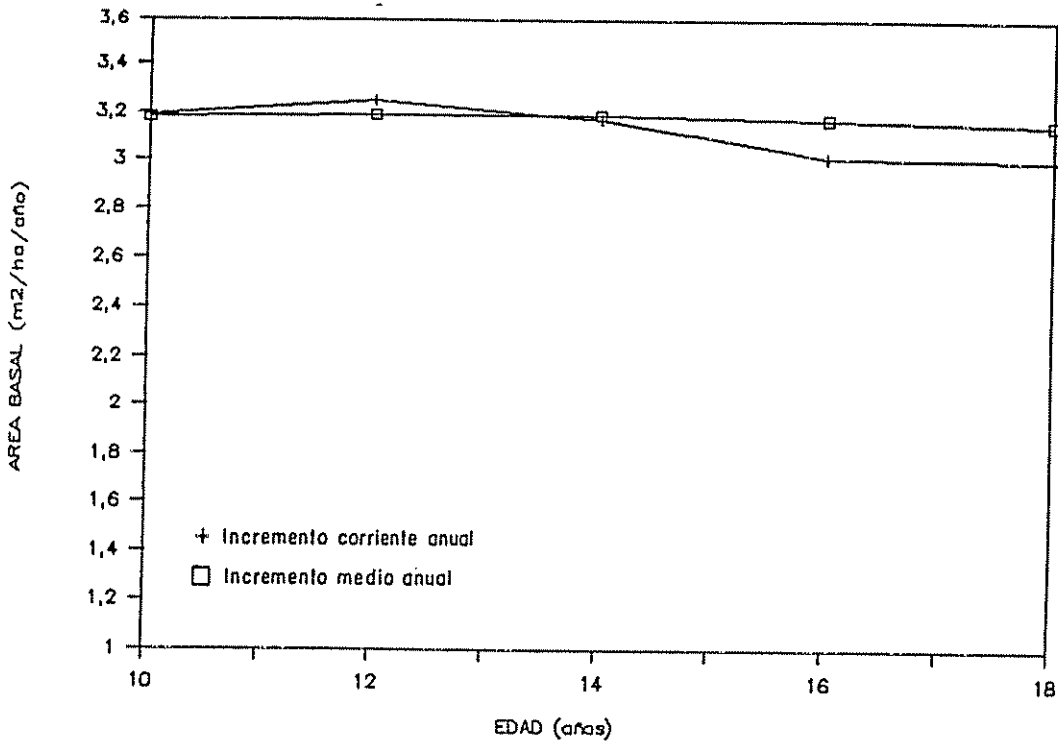


Fig. 6 Crecimiento en área basal para P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I.

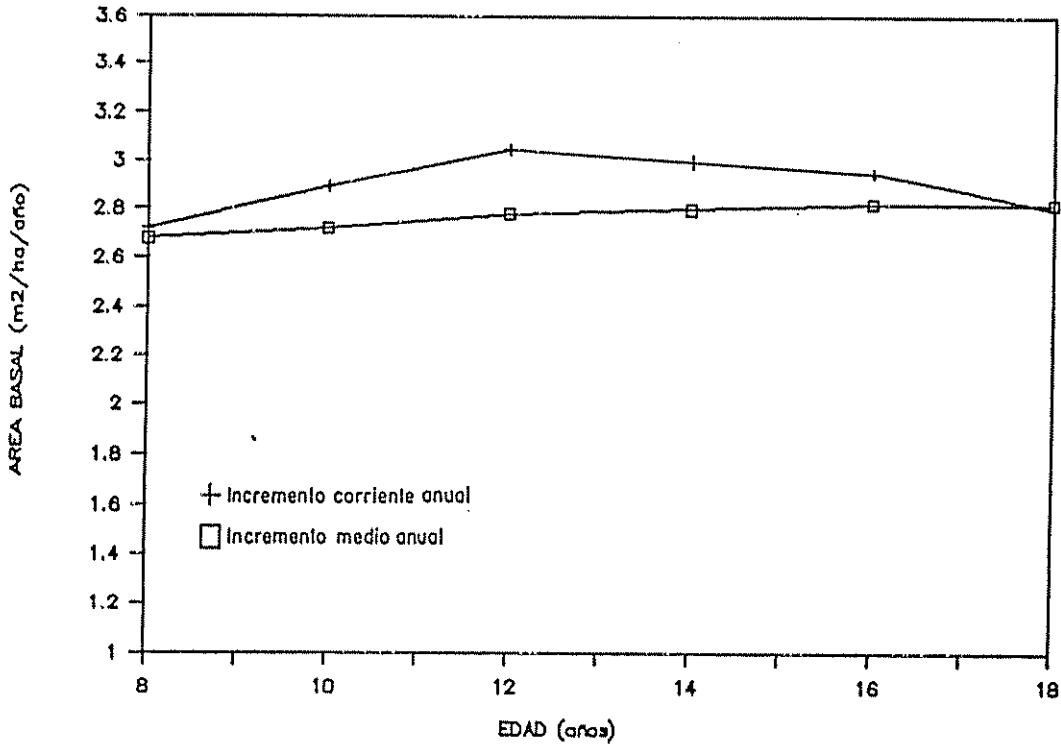


Fig. 7 Crecimiento en área basal para P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II\*.

\*Entre los 12 y 16 años, el incremento corriente anual (ICA) fue interpolado debido a un decremento desusual causado por el modelo (Cuadro 11A).

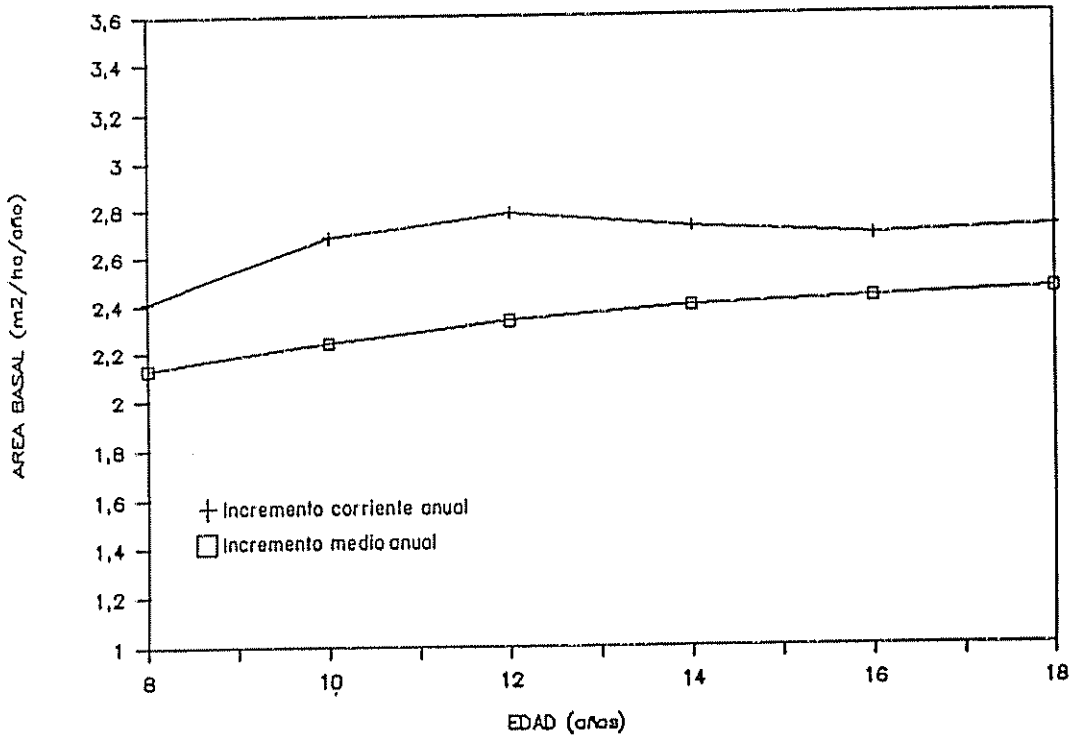


Fig. 8 Crecimiento en área basal para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III.

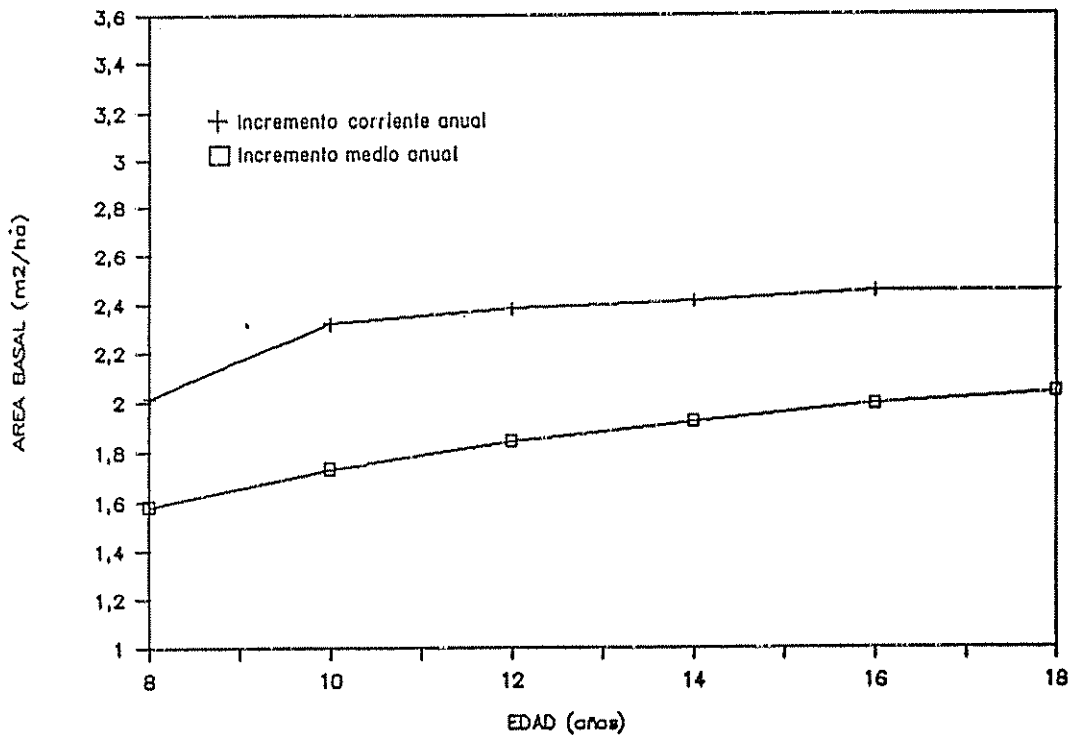


Fig. 9 Crecimiento en área basal para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV.

Con base en el crecimiento en área basal, se desarrolló la propuesta de aclareo por clase de sitio del Cuadro 18.

Comenzando con la clase de sitio I, la propuesta de aclareo consistió en tratar de mantener la masa aclareada con un área basal mínima entre 35 m<sup>2</sup>/ha y un área basal máxima de 54 m<sup>2</sup>/ha aproximadamente, punto que se alcanza cerca de los 20 años (Fig.6). Para mantener estos límites de área basal y partiendo de un área basal de 45 m<sup>2</sup>/ha, se fijó una intensidad de aclareo del 25 %.

Para estimar el crecimiento de la masa aclareada, los incrementos se estimaron iguales a aquellos de una masa no aclareada de la misma área basal.

Una vez fijada la intensidad del aclareo y el crecimiento de la masa aclareada, el número de árboles a dejar correspondientes a un 25 % del área basal a eliminar, fue estimado de la fórmula del S% de Hart, modelo 12, observando que este índice para el área basal antes y después del aclareo, varió entre 15 y 20 %. Así el número de árboles a dejar es:

$$Nd = 10000 / (hdom * Sd)^2 \quad (37)$$

donde:

Nd = número de árboles a dejar

hdom = altura dominante en metros

Sd = S % de Hart a dejar, 0,20 en este caso

La edad del segundo aclareo fue estimada con base en el incremento medio anual de la masa aclareada tal que la segunda intervención se planeó cuando el área basal se acerca al área basal máxima, que para la clase de sitio I es de 54 m<sup>2</sup>/ha aproximadamente. Con la edad del segundo aclareo se estimó la altura dominante utilizando la ecuación 16 del Cuadro 16.

El segundo aclareo se consideró menos pesado, con una intensidad del 20 % del área basal, para no disminuir demasiado el crecimiento de la masa, dado que se conoce la disminución del crecimiento de un rodal aclareado en forma cada vez más intensa.

Cuadro 18. Propuesta de aclareo para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Material en pie después del aclareo													Material aclareado				Incrementos			
Edad N/ha hdom SX H Dg G Vsc10 N/ha H Dg G Vsc10 G Vsc10 G Vsc10													Total				IHA			
(años)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(cm)	(m)	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /año)	(m <sup>2</sup> /año)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	
Clase de Sitio I																				
0	1100																			
14	556	21,2	20	22,0	27,6	33,47	226,41	467	16,8	17,4	11,16	36,87	44,63	263,28	3,19	18,81		3,18	18,80	
20	308	28,5	20	28,0	41,6	41,98	285,84	248	19,9	23,2	10,51	53,37	63,71	376,08	3,19	18,80		3,19	19,94	
24	308	32,9	17	30,4	47,6	54,74	365,60						76,47	445,84	3,19	18,60				
Clase de Sitio II																				
0	1100																			
16	589	20,6	20	17,5	27,0	33,82	167,99	434	13,2	18,2	11,28	26,96	45,10	194,95	2,82	12,18		2,80	12,18	
22	353	26,6	20	22,5	38,2	40,50	204,17	236	15,8	23,4	10,12	36,90	61,90	268,03	2,81	12,18		2,81	12,86	
26	353	30,4	18	24,6	43,2	51,74	255,61						73,14	319,47	2,81	12,29				
Clase de Sitio III																				
0	1100																			
18	678	19,2	20	14,6	24,9	33,13	132,52	345	12,3	20,2	11,04	25,34	44,17	157,86	2,45	8,77		2,42	8,60	
24	430	24,1	20	18,6	33,6	38,12	158,25	248	13,3	22,1	9,53	25,87	58,69	209,46	2,45	8,73		2,44	9,01	
28	430	27,2	18	20,3	37,6	47,86	194,29						68,45	245,50	2,44	8,77				

\* Crecimiento estimado del rodal aclareado.

N/ha = número de árboles por hectárea

hdom = altura dominante

S = S% de Hart

h = altura total promedio

Dg = diámetro a 1,3 m correspondiente al árbol de área basal promedio

G = área basal por hectárea

Vsc10 = volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

El volumen comercial o volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior a eliminar ( $V_{sci0}$ ), fue estimado utilizando la ecuación de volumen 39 del Cuadro 16. El volumen remanente de la masa en pie se calculó por sustracción del rendimiento total menos el volumen eliminado. El crecimiento medio anual de este volumen remanente para la masa aclareada, fue estimado de igual forma que para el área basal, según la teoría de Moller (1954), citado por Vincent (1985).

Para las otras dos clases de sitio se mantuvieron las mismas intensidades de aclareo, pero las áreas basales máximas se fijaron en forma preliminar en 50 y 47  $m^2/ha$  aproximadamente, para las clases de sitio II y III, respectivamente.

Este esquema de aclareo propuesto es similar al de Miller (1969), quien para la misma especie en Trinidad y Tobago, y con una densidad inicial de 1334 árboles por hectárea, sugiere efectuar el primer aclareo a los 10, 12 y 15 años de edad para las clases de sitio I, II y III. Cuando el área basal alcanza 32  $m^2/ha$  propone eliminar el 28 % en el primer aclareo, para luego bajar a un 20 % en la segunda intervención.

Si se compara el rendimiento en área basal alcanzado por el rodal aclareado (Cuadro 18), con respecto al no aclareado (Cuadros 10A al 13A) para las clases de sitio I y II, y fijando una edad de 18 años, una diferencia porcentual de solo 1,2 y 0,1 % para los sitio I y II, indica que la propuesta es estable, ya que el aclareo como tratamiento silvicultural no pretende aumentar el rendimiento sino concentrarlo en menos y mejores árboles. Por otra parte, es evidente que la tardanza necesaria para intervenir por primera vez las plantaciones en La Yeguada, se debe a que la densidad inicial de plantación utilizada, no fue la indicada para aprovechar todo el potencial de los sitios en la reserva. Esto es evidente en las clases I y II, donde parte de la producción potencial en biomasa se observó en la vegetación inferior, no así en los sitios más pobres III y IV, donde la maleza es escasa.

## 4.6 Validación del modelo.

Para darle un nivel de confiabilidad al usuario de este modelo de rendimiento, la siguiente etapa fue la validación del modelo, para lo cual se compararon valores reales de las características dasométricas observados en el campo contra los mismos valores estimados por el modelo, utilizando diez parcelas temporales como se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Resumen de las principales características dasométricas observadas y esperadas para diez parcelas temporales de P. caribaea var hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Clase sitio	Parcela No.	Edad (años)	N/ha	hdom ----(m)----	hdom* ---	Dg --- (cm)---	Dg* ---	G --(m <sup>2</sup> /ha)--	G* ---	VTcc ---(m <sup>3</sup> /ha)---	VTcc* ---	VTsc ---	VTsc* ---(m <sup>3</sup> /ha)--
1	CRET.007**	17,3	775	25,8	25,3	30,5	29,4	56,49	52,46	495,68	457,15	412,51	379,13
1	CRET.011	15,4	1038	22,3	23,0	24,9	24,4	51,28	48,36	415,61	388,57	328,75	305,84
2	CRET.005	15,4	1136	18,9	19,9	24,6	21,6	54,04	41,73	349,43	251,42	260,33	180,01
2	CRET.008	16,4	1517	19,7	21,0	19,5	19,7	47,02	46,21	271,94	263,77	190,74	183,30
2	CRET.010	11,4	1040	15,5	15,5	23,7	19,8	45,85	31,96	286,08	181,91	208,39	126,17
3	CRET.003	15,4	1232	15,9	16,9	20,4	19,3	40,36	36,01	201,50	175,17	134,99	116,08
3	CRET.006	6,4	1200	7,6	7,9	10,7	11,9	10,58	13,44	35,82	48,67	19,73	27,71
4	CRET.001	14,4	1034	12,3	13,0	15,7	17,9	18,65	26,11	71,89	112,72	43,21	71,65
4	CRET.002	10,4	1281	7,3	9,9	10,5	10,3	11,74	10,63	36,75	31,69	19,97	16,70
4	CRET.009	12,4	994	12,4	11,5	18,2	18,0	26,17	25,35	112,94	109,17	71,64	69,29

\* Valores estimados por el modelo de rendimiento.

\*\* CRET = código de parcela de crecimiento temporal.

N/ha = número de árboles por hectárea

hdom = altura dominante en metros

Dg = diámetro a 1,3 m correspondiente al árbol de área basal media

G = área basal en metros cuadrados por hectárea

VTcc = volumen total con corteza en metros cúbicos por hectárea

VTsc = volumen total sin corteza en metros cúbicos por hectárea

Para tener una estimación del grado de precisión con el cual el modelo estima los valores reales observados se

calcularon los coeficientes de determinación los cuales mostraron valores de 97, 93, 89, 94 y 94 % para la altura dominante, diámetro cuadrático promedio, área basal por hectárea, volumen total con corteza y volumen total sin corteza por hectárea, comprobando que a nivel de rodal el modelo predice bastante bien los valores reales observados del rendimiento presente o corriente.

Debido a que no se contó con parcelas permanentes, no se pudo evaluar la predicción del rendimiento futuro.

Se observó que en el 80 % de los casos (Fig. 11 y 12), el área basal y el volumen fueron subestimados por el modelo. Desde el punto de vista práctico, esta subestimación es preferible pues se acerca más al rendimiento observado del bosque, fuera de las parcelas permanentes que fueron instaladas utilizando criterios selectivos.

Con base en los coeficientes de determinación y el análisis gráfico (Fig. 10 y 11) de los datos utilizados en la validación, está claro que el usuario puede confiar en las estimaciones hechas por el modelo a nivel de rodal.

Sin embargo, dos limitaciones importantes que deben tomarse en cuenta son: a) que el modelo tendió a sobreestimar al compararlo con los datos del inventario forestal de 1981, y b) que el crecimiento en volumen no culmina (Cuadros 10A al 13A), debido a una aparente sobreestimación del volumen para árboles de más de 30 cm. Por lo anterior es recomendable, reestimar los coeficientes de las ecuaciones de volumen con datos de árboles hasta 50 cm o más, y validar el modelo contra los datos de un próximo inventario.

A nivel de clase diamétrica (Cuadro 20), y a pesar de que en todos los casos se aceptó la hipótesis nula ( $P \leq 0,1$  %) de que los diámetros se ajustan a la distribución Weibull, con un valor promedio para el estadístico Kolmogorov-Smirnov de  $0,18 \pm 0,10$ , los valores de los coeficientes de determinación estimados entre el número de árboles observados y estimados por clase diamétrica para las diez parcelas temporales, bajaron a un promedio de  $57 \pm 23$  %.

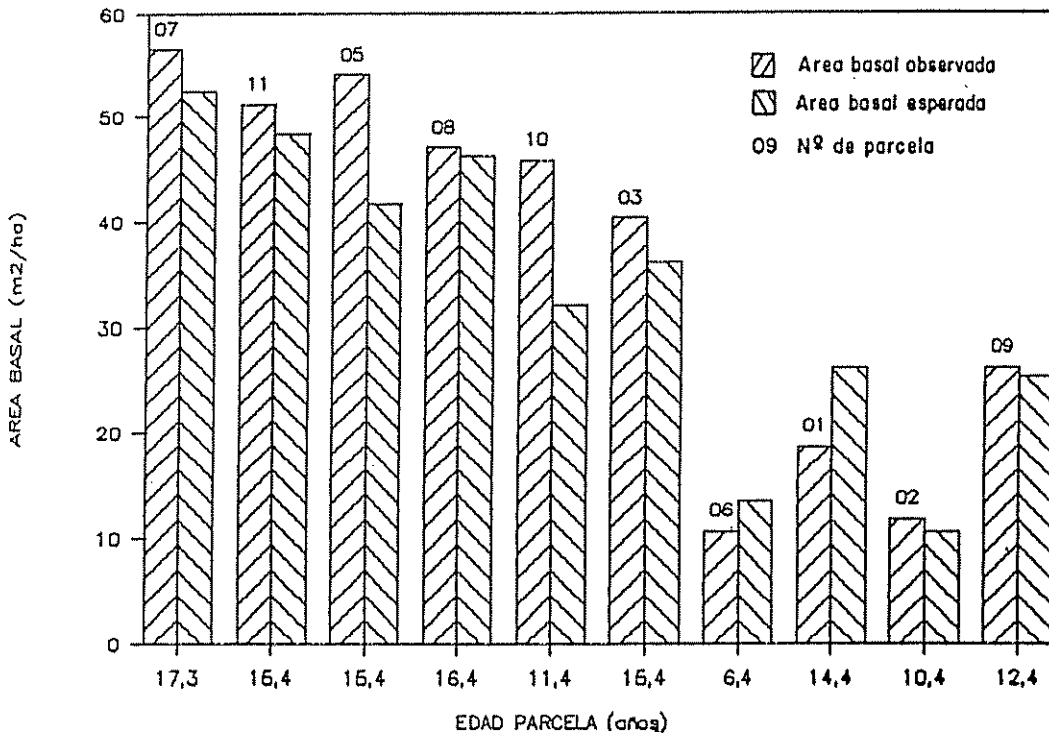


Fig.10 Comparación del rendimiento observado y esperado en área basal, para diez parcelas temporales de P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

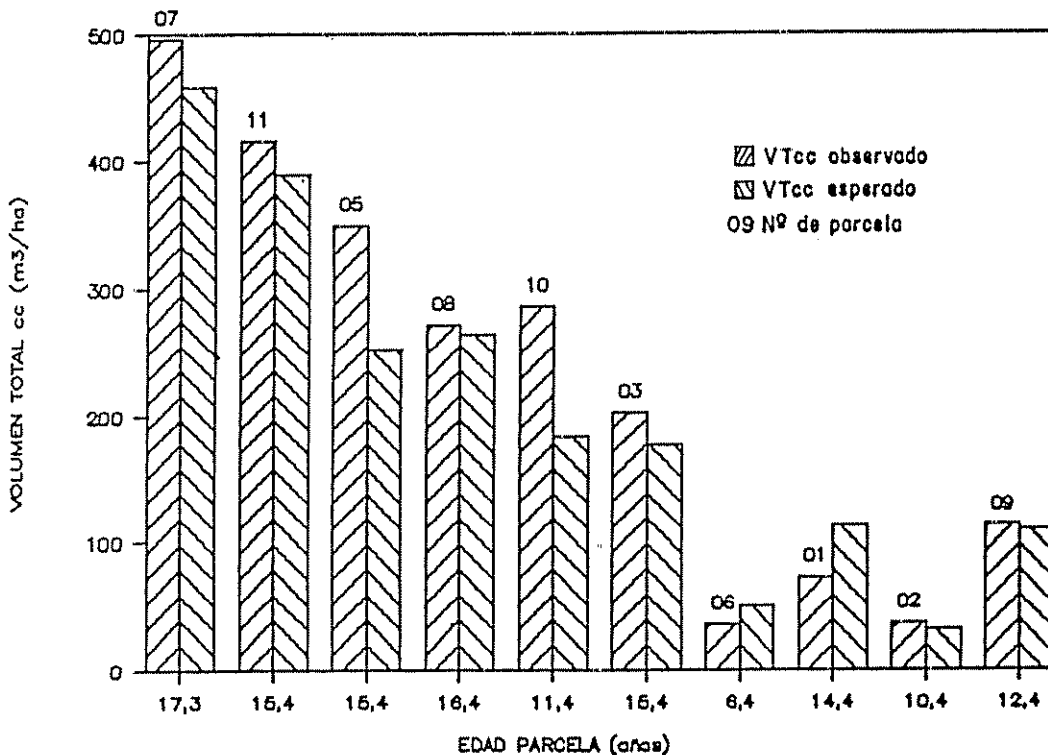


Fig.11 Comparación del rendimiento observado y esperado en volumen total con corteza, para diez parcelas temporales de P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.



Se observó una tendencia a sobrestimar el número de árboles en las clases diamétricas inferiores, lo que explica en parte la subestimación del volumen a nivel de valores por hectárea. A pesar de la baja precisión del modelo a este nivel, y conociendo su tendencia a sobrestimar el número de árboles en las clases inferiores, el modelo desarrollado permite tener una idea de la distribución, no sólo del número de árboles, sino del volumen por clase diamétrica, ventaja que no poseen los modelos a nivel de rodal.

Cuadro 20. Medidas de tendencia central para la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación, para evaluar el ajuste de la distribución diamétrica.

Estadístico	$\bar{X}$	S	C.V.	Min.	Max.
Kolg.-Smir.	0,1804	0,1064	59	0,0724	0,3647
Coef.deter.(%)	57	23	41	11	93

$\bar{X}$  = media

S = desviación estandar de la media

C.V. = coeficiente de variación

Para evaluar el sistema de predicción en términos de sus relaciones biológicas, se analizaron varias combinaciones de edad y clase de sitio para la densidad de plantación evaluada.

Primero se observó que para cualquier clase de sitio (Cuadro 10A al 13A), al aumentar la edad el número de clases diamétricas se incrementa, debido a un aumento del número de árboles en las clases diamétricas mayores y una disminución en las clases diamétricas menores. En la Figura 12, se puede observar esta relación.

Para una edad determinada, conforme se mejora la clase de sitio, la dispersión de los árboles tiende a ser mayor, con menos árboles pequeños y más árboles grandes en los mejores sitios. Esto se puede observar al comparar las Figuras 12 y 13.

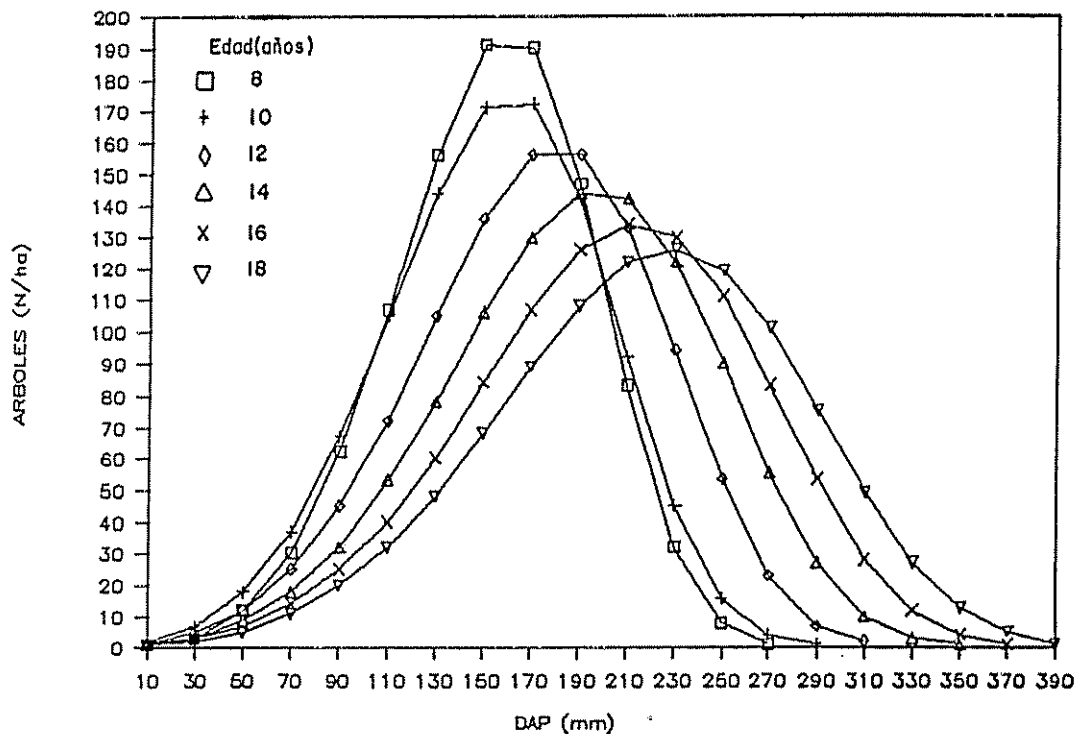


Fig. 12 Distribución del número de árboles por clase diamétrica para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I.

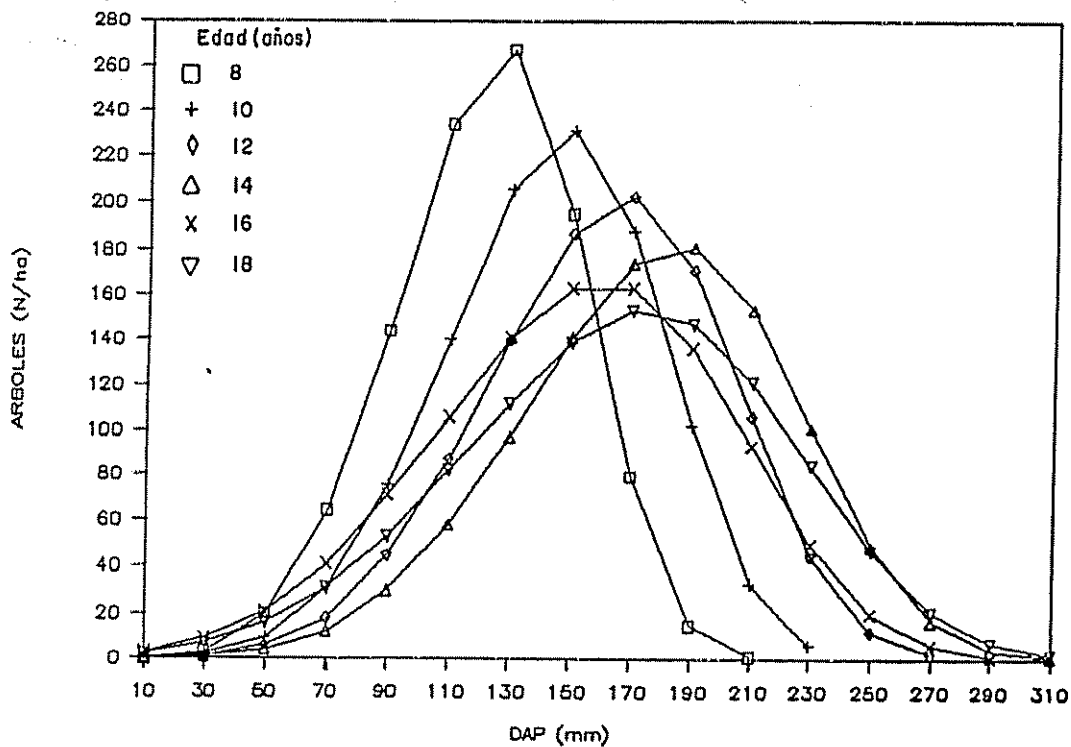


Fig. 13 Distribución del número de árboles por clase diamétrica para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV.

Por último, como es de esperar, los mayores volúmenes están asociados con las clases de sitio mejores, donde los incrementos también son mayores.

En general, la distribución del número de árboles y del volumen, por clases diamétricas, muestran las relaciones biológicas normales esperadas, con respecto a cambios en la edad y clase de sitio, para la densidad de plantación evaluada.

## 5. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se clasificó la producción potencial en volumen de los terrenos bajo plantaciones de P. caribaea en la Reserva Forestal la Yeguada, utilizando las curvas de crecimiento en altura dominante. Se logró determinar las relaciones del índice de sitio con los factores fisiográficos y edáficos, y se desarrollaron tablas de rendimiento con base en un modelo de distribución diamétrica que utiliza la función Weibull, para predecir la distribución del número de árboles por clase diamétrica. Además, para una densidad promedio de 1100 árboles por hectárea, se confeccionó una propuesta de aclareo, que pretende aprovechar al máximo la productividad potencial de los sitios en la Reserva, utilizando la teoría de Marsh (1957) y la teoría de Moller (1954).

Entre las principales conclusiones que se desprenden de los resultados se puede citar:

- 1) La curva en altura dominante promedio para las plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis en La Yeguada, indica que, comparativamente con otros sitios donde se ha plantado la especie, el crecimiento en los sitios de esta área es bastante pobre.
- 2) Se determinaron cuatro clases de sitio con un intervalo de tres metros en el índice de sitio a la edad base de 15 años. Sin embargo, hay evidencia de que existe una clase superior con índice de sitio igual o mayor a 24 m.
- 3) Más del 90 % de la variación del índice de sitio puede ser explicado por la acidez alta ( $\text{pH} < 5,2$  y acidez extraíble  $> 56$  %) y la fertilidad baja, unido a características fisiográficas y físicas como la posición topográfica, el drenaje interno y el contenido de limo de 30 a 50 cm. La combinación de estos factores determina el crecimiento pobre del P. caribaea en La Yeguada.
- 4) Para cada clase de sitio se obtuvo una curva de altura total en función del diámetro (dap), con un ajuste que permite usar el modelo con seguridad a nivel de clase de sitio.

- 5) Los rendimientos promedios actuales del bosque variaron desde 394 m<sup>3</sup>/ha a los 14 años en la clase de sitio más alta, hasta 73 m<sup>3</sup>/ha a los 11 años en la clase de sitio más baja. A pesar de que el índice de densidad de rodal (IDR) y el índice de espaciamiento relativo (S%) indican que los sitio I y II requieren una pronta intervención, las áreas basales máximas alcanzadas, y la baja mortalidad en estos sitios parece indicar que el aclareo podría postergarse, como lo indican las curvas de crecimiento en área basal desarrolladas a partir de las tablas de rendimiento.
- 6) Independientemente de la clase de sitio y para el ámbito de edades evaluado, se encontró que la fase de competencia fuerte aún no ha sido alcanzada en ningún sitio, debido a la densidad baja de plantación utilizada y al crecimiento lento observado.
- 7) Con un nivel de significancia del 0,1 %, se comprobó que la función de densidad de probabilidad Weibull de 2 y 3 parámetros, se ajusta a la distribución de diámetros de P. caribaea en La Yeguada, confirmando la buena selección y las propiedades de esta función de distribución en el desarrollo de modelos de distribución diamétrica para esta especie.
- 8) Con base en la validación del modelo se puede concluir que las tablas de rendimiento elaboradas para P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, predicen bien el rendimiento corriente ( $R^2 > 86 \%$ ) y brindan una idea clara ( $R^2 > 57 \pm 23 \%$ ) de la distribución del material por clase diamétrica, dando la confiabilidad que se requiere para el manejo posterior de los bosques de ésta reserva.
- 9) El criterio de manejo de espesura expuesto por Vincent (1985) según la teoría de Moller (1957), y la estimación del crecimiento de plantaciones aclareadas con base en plantaciones no aclareadas según la hipótesis de Marsh (1954), citado por Alder (1980), fueron los criterios más prácticos que el IDR de Reineke (1933), citado por Ortiz (1987) y que el S% de Hart, citado por Ortega (1986), para plantear la propuesta de aclareo.

## 6. RECOMENDACIONES.

Algunas de las recomendaciones más importantes que se originan de este estudio son:

- 1) Con base en la revisión de literatura, y en la validación de los resultados, se pueden recomendar las técnicas utilizadas en el presente trabajo, por su confiabilidad y aplicabilidad, para P. caribaea var. hondurensis.
- 2) El modelo de rendimiento desarrollado para rodales no aclareados en este trabajo (Cuadro 10A al 13A), mostró ser confiable para predicciones a nivel de rodal, dando una idea clara de la distribución de la masa por clases diamétricas, pero como todo modelo de rendimiento esta sujeto a mejoras, esencialmente al ampliarse el ámbito de los datos. Por lo anterior se recomienda continuar la medición de las parcelas permanentes especialmente las de mayor edad cada 2 años e instalar nuevas parcelas no solo en las clases de sitio menos representadas y en las nuevas áreas de plantación dentro de la reserva, sino en todos los sitios en Panamá donde esta especie ha mostrado su adaptación.
- 3) La propuesta de aclareo (Cuadro 18) debe considerarse como preliminar debido a que fue necesario extrapolar los datos fuera del ámbito actual de edades, y se desarrolló con base a las hipótesis de Marsh (1957) y Moller (1954), por lo que está sujeta a modificaciones conforme se cuente con los datos de las parcelas de aclareo ya instaladas en la Reserva y de otras más que sería recomendable instalar siguiendo el esquema de manejo en área basal propuesto.
- 4) Utilizando las tablas de rendimiento y la propuesta de aclareo, es conveniente realizar un análisis financiero, que defina cuales clases de sitio son rentables, especialmente las clases de sitio III y IV.
- 5) Realizar el inventario forestal de la reserva, y elaborar el mapa de calidades de sitio, como primer paso en el ordenamiento de estas plantaciones, estimando los volúmenes por

inventario y con el modelo, para validar y tener la posibilidad de evitar futuros inventarios, y así reducir los costos.

6) Intervenir los rodales en las clases de sitio I y II, según la propuesta de aclareo, poniendo especial atención a aquellos rodales en los extremos de densidad y considerando el rendimiento en área basal.

7) Los nuevos programas de reforestación en áreas recién aprovechadas o en áreas aún sin plantar, debe considerar la posibilidad de aumentar la densidad de plantación inicial en los sitios más productivos.

8) Realizar estudios sobre el efecto de la fertilización en el crecimiento, dirigidos a determinar la influencia del Mn, Cu y Zn, así como la tolerancia del P. caribaea var. hondurensis a la acidez.

9) Una vez que se cuente con el mapa de clases de sitio y los análisis financieros, es recomendable actualizar y mejorar el plan de manejo existente, y obtener financiamiento para el manejo y la conservación de los recursos naturales, y para hacer de la Reserva Forestal La Yeguada un proyecto de manejo modelo.

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. 2. Predicción del rendimiento. Roma, FAO. 80 p. (Estudio FAO: Montes 22/2).
- ALFARO MURILLO, M. 1983. Relación entre factores edáficos e índice de sitio para Cupressus lusitanica (Mill) en el Valle Central, Costa Rica. Tesis Lic. Cs. Forest. Heredia, C.R., Universidad de Costa Rica, Escuela de Ciencias Ambientales. 111 p.
- AYAGMA, S. M. 1983. Un modelo de simulación de crecimiento en plantaciones de teca (Tectona grandis Linn). Tesis Mag.Sc. Mérida, Venezuela, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 92 p.
- BAILEY, R.L. 1972. Development of unthinned stands of Pinus radiata in New Zealand. Ph. D. Thesis. Athens, Georgia, University of Georgia. 67 p.
- ; DELL, T.R. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. Forest Science (EE.UU) 19:97-104.
- . 1980. Individual tree growth derived from diameter distribution models. Forest Science (EE.UU) 26(4):626-632.
- ; CLUTTER, J.L. 1974. Base age invariant polymorphic site curves. Forest Science (EE.UU.) 20: 155-159.
- BARAS M., E. 1986. LOTUS 1-2-3; guía del usuario. México, McGraw Hill. 303p.
- BUCHMAN, R.G.; SHIFLEY, S.R. 1983. Guide to evaluating forest growth projection systems. Journal of Forestry (EE.UU.) 81(4): 232-234.
- BUFORD, M.A.; HAFLEY, W.L. 1985. Probability distributions as models for mortality. Forest Science (EE.UU.) 31(2): 331-334.



- BURK, T.E.; BURKHART, H.E. 1984. Diameter distributions and yields of natural stands of loblolly pine. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. School of Forestry and Wildlife Resources. Publication No. FWS-1-84. 46 p.
- ; NEWBERRY, J.D. 1984. A simple algorithm for moment-based recovery of Weibull distributions parameters. Forest Science (EE.UU.) 30(2): 329-332.
- , 1986. Growth and yield model validation; have you ever met one you liked? In Data management issues in Forestry; proceedings of a computer conference, and Third Annual Meeting of the Forest Resources Systems Institute. Ed. by S. Allen; T.M. Cooney. Florence, Alabama, FORS. p.35-39.
- BURKHART, H.E.; TENNENT, R.B. 1977. Site index equations for radiata pine in New Zealand. New Zealand Journal of Forest Science (N. Z.) 7(3): 408-416.
- CARMEAN, W.H. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. Advances in Agronomy (EE.UU.) 27: 209-269.
- ; KOK THENG, C. 1974. Site quality for Caribbean pine in Penninsular Malaysia. Malaysian Forester (Malaysia) 37(2): 109-119.
- COILE, T.S. 1952. Soil and the growth of forests. Advances in Agronomy (EE.UU.) 4: 329-398.
- CLUTTER, J.L. 1963. Compatible growth and yield models for loblolly pine. Forest Science (EE.UU.) 9 (3): 355-371.
- CLUTTER, R.L.; FORTSON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. 1983. Timber management; a quantitative approach. New York, J. Wiley. 331 p.
- CURTIS, O.R.; DEMARS, J.D.; HERNAN, F.R. 1974. Wich dependent variable in site index-height-age regressions?. Forest Science (EE.UU.) 20(1): 74-87.

- DANIELS, R.F.; BURKHART, H.E.; STRUB, M.R. 1979. Yield estimates for loblolly pine plantations. *Journal of Forestry* (EE.UU.) 77(9): 581-583,586.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, C.R., CATIE. 62p. (Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos).
- DYSON, W.G. 1981. Fertilización de plantaciones forestales en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. CATIE, Turrialba,. Informe Técnico No 18. 20 p.
- FAO (PANAMA). 1984. Plan de manejo de las plantaciones de la Reserva Forestal La Yeguada. Panamá, PNUD/FAO/PAN.82/004. 168 p. (Documento de trabajo no 13.)
- FAO (PANAMA). 1980. Evaluación de ensayos y selección de especies para reforestaciones en Panamá. Panamá, UNDP/FAO/PAN/79/003. 130 p. (Documento de trabajo no. 9).
- FARRAR, R.M.; MURPHY, P.A.; MATNEY, T.G. 1986. Predicting growth and yield in natural southern timber stands. *Compiler* (EE.UU.) 3(4): 15-33.
- GOULDING, C.J. 1979. Validation of growth models used in forest management. *New Zealand Journal of Forestry* (N. Z.) 24(1): 108-124.
- GREEN, E.J.; BURKHART, H.E.; CLASON, T.R. 1984. A model for basal area distribution in loblolly pine. *Forest Science* (EE.UU) 30(3): 617-628.
- HAFLEY, W.L.; SCHREUDER, H.T. 1977. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even aged stands. *Canadian Journal of Forest Research* (Can.) 7: 481-487.
- HAGGLUND, B. 1981. Evaluation of forest site productivity. *Forestry Abstracts* (G.B.) 42(11): 515-527.

- HARDY, F.; BAZAN, R. 1975. Análisis de textura; método de Boyoucos. Turrialba, C.R., CATIE. 5 p. Presentado en: Curso de Productividad y Fertilidad de suelos. (1974, CATIE).
- HOCKING, R.R. 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics* (EE.UU.) 32: 1-49.
- HUNTER, I.R.; GIBSON, R. 1984. Predicting Pinus radiata site index from environmental variables. *New Zealand Journal of Forestry Science* (N. Z.) 14(1): 53-64.
- HYINK, D.M.; MOSER JUNIOR, J.W. 1983. A general framework for projecting forest yield and stand structure using diameter distributions. *Forest Science* (EE.UU.) 29(1): 85-95.
- ISOLAN F., B. 1972. Estudio da qualidade de sitio para Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barret e Golfari no cantao de Turrialba. Tesis MAg.Sc. Turrialba, C.R., IICA. 83 P.
- KILIAN, W. 1984. Site classification and mapping; principles and trends. *In* Symposium on site and productivity of fast growing plantations (1984.Pretoria, South Africa). Proceedings. Ed. by D.C. Grey; A.P.G. Schonau; C.J. Schutz. South Africa, South African Forest Research Institute. p. 51-68.
- JOHN, H.; TSHINKEL, H. 1971. Parcelas forestales permanentes; su establecimiento, medición y análisis. Colombia, Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia. 190 p.
- KNOEBEL, B.R.; BURKHART, H.E.; BECK, D.E. 1986. A growth and yield model for thinned stands of Yellow Poplar. *Forest Science* (EE.UU.) 32(2 Suppl.): 1-62.
- LAMB, A.F.A. 1973. Fast growing trees of the lowland tropics; Pinus caribaea . V 1. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Tropical Forestry Papers No. 6. 254 p.

- LAO M., E.A. 1985. Site evaluation of caribbean pine plantations in Panamá. Mag.Sc Thesis. North Carolina, North Carolina State University. 117 p.
- LIEGEL, H.L. 1981. Seasonal nutrition of 3 a 4 year old Pinus caribaea foxtails and normal branched trees in Puerto Rico. Ph.D. Thesis. North Carolina, North Carolina State University. 141 p.
- MATNEY, T.G.; SULLIVAN, A.D. 1982. Compatible stand and stock tables for thinned an unthinned loblolly pine stands. Forest Science (EE.UU.) 28(1):161-171.
- MELDAHL, R. 1986. Alternative modeling methodologies for growth and yield projection systems. In Data management issues in Forestry; proceedings of a computer conference, and Third Annual Meeting of the Forest Resources Systems Institute. Ed. by S. Allen; T.M. Cooney. Florence, Alabama, FORS. p. 27-31.
- MILLER, A.D. 1969. Provisional yield tables for Pinus caribaea (var. hondurensis) in Trinidad. Trinidad and Tobago, Government Printery. 10 p.
- MOWRER, H.T. 1986. ASPNORM; a normal diameter distribution growth and yield model for Aspen in the Central Rocky Mountains. US. Department of Agriculture. Forest Service. Research Paper RM-264. 12 P.
- ORTEGA B., H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de Pinus caribaea var. hondurensis en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., Sistema de Estudios de Posgrado UCR/CATIE. 108 p.
- ORTIZ M., E. 1986. Utilización del índice de densidad del rodal (IDR) en el manejo de la densidad de plantaciones forestales. (Sin publicar) Presentado en : Primer Congreso Forestal Nacional(1.,1986, San José, C.R.)

- PAGE, G. 1976. Quantitative evaluation of site potencial for Spruce and Fir in Newfoundland. *Forest Science* (EE.UU.) 22(2): 131-143.
- PLATTEBORZE, A. 1970. A soil and vegetation study under a Pinus caribaea plantacion in West Malaysia. *Malayan Forester* (Malaysia) 33(3): 243-257.
- ; CHONG S., E.E.; SUNDRALINGAM, P. 1971. A preliminary study of the correlation between the N, P and K contents of the soils and growth of Pinus caribaea var. hondurensis in West Malaysia. *Malayan Forester* (Malaysia) 34(2): 113-132.
- PIENNAR, L.V.; TURNBULL, K.J. 1973. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even aged stands. *Forest Science* (EE.UU.) 19(1):2-22.
- , 1979. An approximation of basal area growth after thinning based on growth in unthinned plantations. *Forest Science* (EE.UU.) 25(2): 223-232.
- RENNOLLS, K. 1983. The prospects of an intergrated forest process model. *Mitterlungen der Forstlichen Bundesversuchsenstalt Wien* (Austria) 147: 159-171. Presentado en: *Forest Growth Modelling and Simulation: IUFRO Meeting* (1982, Vienne, Austria).
- REYNOLDS JUNIOR, M.R.; BURKHART, H.E.; DANIELS, R.F. 1981. Procedures for statistical validation of stochastic simulation models. *Forest Science* (EE.UU.) 27(2): 349-364.
- ROBY, A.J. 1985. The relationship between soil and growth on five different sites in Jamaica and their relationship to rainfall. *Mag. Sc. Thesis*. England, Oxford University. 86 p.
- SAIZ RIO, J.F. DEL; BORNEMIZA, E. 1962. Análisis químicos de suelos. 2ª ed. Turrialba, C. R., IICA-CTEI. 107p.

- SALAS, G.DE LAS. 1974. Factores edáficos y climáticos en la clasificación de sitios forestales. Bosques de Colombia (Col.) 1: 15-30.
- SALAZAR, R. 1985. Productividad del Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. en Turrialba, Costa Rica. IPEF (Bra.) 29:19-24.
- SCHREUDER, H.T.; HAFLEY, W.L.; BENNETT, F.A. 1979. Yield prediction for unthinned natural slash pine stands. Forest Science (EE.UU.) 25(1): 25-30.
- SHIFLEY, S.; LENTZ, E. 1985. Quick estimation of the tree parameter Weibull to describe size distributions. Forest Ecology and Management (EE.UU.) 13:195-203.
- SLAGER, S.; SCHULZ, J.P. 1969. A study on the suitability of some soils in Northern Surinam for Pinus caribaea var. hondurensis. Netherlands Journal of Agricultural Science (Holanda) 17(2):92-98.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. 1982. SAS user guide; Statistics. Cary, N. C., SAS Institute. 584 p.
- STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. 1986. User's guide. EE.UU., STSC. p. irr.
- STEEL, R.G., D.; TORRIE J. H. 1980. Bioestadística; principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez B. 2 ed. Bogotá, Colombia, McGraw Hill. 622 p.
- STRUB, M.R.; HYINK, D.M. 1986. Modelling the impact of management practices on growth and yield of pure even aged forests. In Sherhonda Allen and Timothy M.Cooney eds. Data Management issues in forestry. Proceedings of a Computer Conference and third annual meeting of the Forest Resources Systems Institute, April 7-9, 1980. p.32-34.
- SULLIVAN, A.D.; REYNOLDS JUNIOR, M. 1976. Regression problems from repeated measurements. Forest Science (EE.UU.) 22(4): 382-385.

- TOSI, J.A. 1981. Una metodología para la determinación y levantamiento de mapas de la capacidad de uso mayor de la tierra. San José, C.R., Centro Científico Tropical. 69 p. (FASCIMIL no.7)
- TURNER, J. 1984. Site information for plantation establishment and management. In Symposium on site and productivity of fast growing plantations (1984, Pretoria, South Africa). Proceedings. Ed. by D.C. Grey; A.P.G. Schonau; C.J. Schutz. South Africa, South African Forest Research Institute. p. 125-138.
- TURVEY, N.D. 1983. Soil type curves for Pinus radiata in Gippsland, Victoria. Australian Forestry (Australia) 46(2): 118-125.
- TSCHINKEL, H.M. 1972. Growth, site factors and nutritional status of Cupressus lisitanica plantations in the highlands of Colombia. Ph.D. Thesis. Hamburg, Universitat Hamburg. 165 p.
- UGALDE ARIAS, L.A. 1981. Tablas de volumen para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Turrialba, C.R., CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables. 7 p. (Mimeografiado).
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1965. Manual de levantamiento de suelos. Trad. por Juan B. Castillo. Venezuela, Ministerio de Agricultura. 646 p.
- TOBAR V., A. 1976. Evaluación de la calidad de sitio de las plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis en relación a los factores edáficos en Cachipo, Edo Monagas, Venezuela. Tesis Mag. Sc. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 169 p.
- TEOH, S.K. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean pine growth and yield. Malaysian Forester (Malaysia) 44(1): 60-76

- VINCENT, L.W. 1970. Plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis en Surinam; con referencia especial a la calidad de sitio. Revista Forestal Venezolana (Ven.) 13(19/20): 27-59.
- . 1978. Site classification for young caribbean pine (Pinus caribaea var. hondurensis) in grassland Venezuela. Ph.D. Thesis. Knoxville, EE.UU., University of Tennessee. 149 p.
- . 1985. El modelo de área basal en la formulación del régimen de espesura en plantaciones en Caparo, Edo. Barinas, Venezuela. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 16 p ( Mimeografiado).
- WOLFFSOHN, A. 1983. Pinus caribaea var. hondurensis; estudios sobre su manejo en sitios nativos. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 67 p. (Serie Miscelanea no.3).



## 8. APENDICE.

Cuadro 1A. Resumen dasométrico de 38 parcelas permanentes de P. caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Clase sitio	Parcela	Edad (años)	N1	N2	dap (cm)	h (m)	hdon (m)	-----Total-----			-----IMA-----		
								G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)
1	CREC.015	14,4	1122	667	29,5	26,4	26,6	47,10	410,90	345,40	3,30	28,50	24,00
1	CREC.015	15,6	1122	667	30,2	26,4	26,8	49,50	435,70	368,70	3,20	27,90	23,60
1	CREC.015	16,6	1122	667	30,8	28,2	28,3	51,60	458,50	390,40	3,10	27,60	23,50
1	CREC.015	20,4	1122	667	33,0	30,3	31,6	59,00	540,20	468,60	2,90	26,50	23,00
1	CREC.016	11,4	890	793	24,9	19,0	20,0	41,80	346,10	281,60	3,70	30,40	24,70
1	CREC.016	12,6	890	793	25,5	20,3	21,5	43,70	366,70	301,10	3,50	29,10	23,90
1	CREC.016	13,5	890	793	26,4	21,4	23,5	47,10	401,00	332,10	3,50	29,70	24,60
1	CREC.016	14,6	890	763	27,6	23,1	25,2	49,20	424,50	354,50	3,40	29,10	24,30
1	CREC.016	15,6	890	734	28,6	24,0	25,5	50,50	440,00	369,80	3,20	28,20	23,70
1	CREC.016	17,4	890	734	29,7	24,6	26,6	54,50	482,80	410,40	3,10	27,70	23,60
1	CREC.017	12,6	2500	2375	16,1	15,7	19,3	50,40	341,50	243,60	4,00	27,10	19,30
1	CREC.017	13,6	2500	2375	16,5	17,2	20,1	53,30	366,50	263,80	3,90	26,90	19,40
1	CREC.017	14,6	2500	2354	16,9	17,7	20,7	55,10	382,20	276,80	3,80	26,20	19,00
1	CREC.017	15,6	2500	2313	17,2	18,6	22,3	56,30	394,00	287,20	3,60	25,30	18,40
1	CREC.042	12,6	1141	1120	19,4	15,7	18,5	37,80	282,60	215,30	3,00	22,40	17,10
1	CREC.042	13,6	1141	1079	20,5	16,7	19,2	40,10	304,30	234,00	2,90	22,40	17,20
1	CREC.042	14,6	1141	1079	20,9	17,7	20,4	41,40	317,40	245,40	2,80	21,70	16,80
2	CREC.001	8,4	2412	2214	11,4	9,4	11,1	24,20	104,30	62,80	2,60	11,10	6,70
2	CREC.001	10,4	2412	2214	12,5	10,8	12,6	28,80	131,10	81,30	2,80	12,60	7,80
2	CREC.001	11,4	2412	2214	13,3	12,0	14,0	32,80	154,70	98,00	2,90	13,60	8,60
2	CREC.001	12,6	2412	2214	13,8	12,9	15,1	35,70	172,10	110,50	2,80	13,70	8,80
2	CREC.001	13,6	2412	2214	14,4	14,2	16,4	38,70	191,50	124,60	2,80	14,10	9,20
2	CREC.001	14,6	2412	2214	14,8	14,9	17,1	41,30	208,00	136,90	2,80	14,20	9,40
2	CREC.001	17,4	2412	2204	15,8	16,6	19,4	47,10	247,40	166,80	2,70	14,20	9,60
2	CREC.005	7,4	1143	1133	13,2	8,6	9,0	16,20	74,40	46,20	2,20	10,10	6,20
2	CREC.005	8,4	1143	1133	14,7	10,1	10,4	20,80	101,70	65,40	2,50	12,10	7,80
2	CREC.005	9,4	1143	1133	15,4	10,4	11,5	22,90	114,90	75,10	2,40	12,20	8,00
2	CREC.005	10,6	1143	1133	16,3	11,8	13,3	25,70	132,90	88,50	2,40	12,50	8,40
2	CREC.005	11,6	1143	1123	17,1	12,5	14,2	27,90	147,90	99,80	2,40	12,70	8,60
2	CREC.005	12,6	1143	1123	17,9	13,6	15,6	30,50	166,00	113,70	2,40	13,20	9,00
2	CREC.007	7,4	1138	1087	13,3	8,4	9,6	15,70	71,90	44,60	2,10	9,70	6,00
2	CREC.007	8,4	1138	1087	15,2	9,6	10,9	20,40	100,50	65,00	2,40	12,00	7,70
2	CREC.007	9,4	1138	1087	16,6	10,7	12,4	24,30	125,50	83,40	2,60	13,40	8,90
2	CREC.007	10,6	1138	1077	18,1	12,0	13,6	28,70	155,70	106,40	2,70	14,70	10,00
2	CREC.007	11,6	1138	1077	19,0	13,2	14,7	31,50	176,00	122,00	2,70	15,20	10,50
2	CREC.007	12,6	1138	1077	19,9	14,2	15,7	34,80	199,20	140,30	2,80	15,80	11,10
2	CREC.007	15,4	1138	1077	22,0	16,9	18,1	42,50	258,10	187,80	2,80	16,80	12,20
2	CREC.011	7,4	1203	1078	16,0	10,1	11,6	22,50	114,90	75,90	3,00	15,50	10,30
2	CREC.011	8,4	1203	1078	17,8	11,8	13,1	28,10	152,90	104,60	3,40	18,20	12,40
2	CREC.011	9,4	1203	1078	19,3	13,4	14,7	33,00	187,40	131,30	3,50	19,90	14,00
2	CREC.011	10,6	1203	1078	20,7	14,3	15,8	38,00	224,20	160,70	3,60	21,20	15,20
2	CREC.011	11,6	1203	1078	21,5	15,6	16,9	40,90	246,70	178,90	3,50	21,30	15,40

Cuadro 1A. Continuación...

Clase sitio	Parcela	Edad (años)	N1	N2	dap (cm)	h (m)	hdon (m)	-----Total-----			-----IMA-----		
								G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)
2	CREC.011	12,6	1203	1078	22,5	17,3	18,2	44,90	278,30	204,80	3,60	22,10	16,30
2	CREC.011	15,4	1203	1078	24,3	19,3	20,8	52,60	341,40	258,00	3,40	22,20	16,80
2	CREC.013	11,4	2530	1520	16,3	14,5	15,8	33,50	175,40	117,60	2,90	15,40	10,30
2	CREC.013	12,4	2530	1520	17,1	15,6	17,5	37,00	198,90	135,50	3,00	16,00	10,90
2	CREC.013	13,4	2530	1520	18,0	16,9	18,4	40,90	226,20	156,50	3,10	16,90	11,70
2	CREC.013	14,6	2530	730	21,8	18,1	19,9	28,10	167,90	121,10	1,90	11,50	8,30
2	CREC.013	15,6	2530	730	22,7	18,5	20,5	30,20	184,80	134,80	1,90	11,80	8,60
2	CREC.013	16,6	2530	730	23,2	19,5	21,2	31,70	196,70	144,70	1,90	11,90	8,70
2	CREC.014	8,4	1610	1590	10,6	8,5	10,5	14,90	61,80	36,40	1,80	7,40	4,30
2	CREC.014	9,4	1610	1570	11,7	9,4	11,5	17,80	77,60	47,00	1,90	8,30	5,00
2	CREC.014	10,4	1610	1570	12,5	10,8	13,1	20,40	92,30	57,00	2,00	8,90	5,50
2	CREC.014	11,6	1610	1570	13,3	11,9	14,4	23,20	108,70	68,50	2,00	9,40	5,90
2	CREC.014	12,6	1610	1570	13,8	12,9	15,9	25,00	119,70	76,40	2,00	9,50	6,10
2	CREC.014	13,6	1610	1570	14,3	14,0	16,8	26,90	131,30	84,70	2,00	9,70	6,20
2	CREC.018	12,6	1684	1579	16,3	14,7	17,8	35,70	188,90	127,40	2,80	15,00	10,10
2	CREC.018	13,6	1684	1579	16,8	15,9	18,5	38,40	207,10	141,40	2,80	15,20	10,40
2	CREC.018	14,6	1684	1558	17,3	16,8	19,3	40,20	220,50	152,00	2,80	15,10	10,40
2	CREC.018	15,6	1684	1516	18,0	17,6	20,1	41,90	233,30	162,10	2,70	15,00	10,40
2	CREC.020	12,6	1067	1010	18,2	14,8	17,4	30,30	171,20	119,70	2,40	13,60	9,50
2	CREC.020	13,6	1067	1010	19,0	15,8	18,7	32,70	189,20	134,10	2,40	13,90	9,90
2	CREC.020	14,6	1067	1010	19,5	16,4	19,5	34,60	203,20	145,30	2,40	13,90	10,00
2	CREC.020	15,6	1067	1010	20,0	17,4	20,3	36,50	218,30	157,70	2,30	14,00	10,10
2	CREC.025	11,6	1210	1123	16,1	10,9	14,3	26,90	142,90	96,60	2,30	12,30	8,30
2	CREC.025	12,6	1210	1123	16,9	11,7	15,2	29,70	161,90	111,10	2,40	12,80	8,80
2	CREC.025	13,6	1210	1123	17,5	12,7	16,3	31,80	176,70	122,60	2,30	13,00	9,00
2	CREC.025	14,6	1210	1123	18,0	13,5	17,6	33,50	188,80	131,90	2,30	12,90	9,00
2	CREC.041	13,6	2605	2558	15,0	16,2	18,7	47,70	237,40	154,80	3,50	17,50	11,40
2	CREC.041	14,6	2605	2558	15,3	16,4	19,6	49,80	251,20	164,90	3,40	17,20	11,30
2	CREC.041	15,6	2605	2558	15,6	17,0	20,4	51,90	265,20	175,40	3,30	17,00	11,20
3	CREC.003	9,4	2540	2212	12,6	8,8	10,5	29,50	114,60	68,30	3,10	12,20	7,30
3	CREC.003	10,4	2540	2212	13,2	11,5	11,8	33,40	134,10	81,50	3,20	12,90	7,80
3	CREC.003	11,4	2340	2192	13,8	10,5	12,2	36,60	151,10	93,20	3,20	13,30	8,20
3	CREC.003	12,6	2540	2192	14,4	11,4	13,0	39,60	167,80	104,90	3,10	13,30	8,30
3	CREC.003	13,6	2540	2192	14,6	11,4	13,8	41,40	177,80	111,90	3,00	13,10	8,20
3	CREC.003	14,6	2540	2133	15,1	12,4	14,4	43,30	188,60	119,60	3,00	12,90	8,20
3	CREC.003	17,4	2540	2123	16,0	13,4	15,4	48,50	219,30	141,80	2,80	12,60	8,10
3	CREC.004	10,4	1322	1215	16,9	13,2	14,4	29,50	137,90	90,80	2,80	13,30	8,70
3	CREC.004	11,4	1322	1215	17,8	14,6	15,2	32,60	157,90	105,70	2,90	13,80	9,30
3	CREC.004	12,4	1322	1215	18,5	14,8	15,5	35,40	176,00	119,50	2,90	14,20	9,60
3	CREC.004	13,6	1322	1205	18,8	15,6	16,4	36,20	181,40	123,90	2,70	13,30	9,10
3	CREC.004	14,6	1322	1205	19,3	16,0	16,8	38,00	193,80	133,40	2,60	13,30	9,10
3	CREC.004	15,6	1322	1205	19,7	16,6	17,2	39,80	206,00	142,80	2,60	13,20	9,20
3	CREC.004	18,4	1322	1205	20,9	18,1	19,1	44,90	242,10	171,50	2,40	13,20	9,30
3	CREC.006	7,4	1112	1066	14,5	8,7	9,7	18,60	76,90	47,20	2,50	10,40	6,40
3	CREC.006	8,4	1112	1066	15,9	10,8	11,0	22,10	96,10	60,70	2,60	11,40	7,20
3	CREC.006	9,4	1112	1066	16,8	10,6	11,0	24,80	112,00	72,30	2,60	11,90	7,70
3	CREC.006	10,6	1112	1066	17,8	11,4	12,1	27,90	131,40	86,50	2,60	12,40	8,20
3	CREC.006	11,6	1112	1066	18,5	12,4	13,0	30,00	144,30	96,20	2,60	12,40	8,30

Cuadro 1A. Continuación...

Clase sitio	Parcela	Edad (años)	N1	N2	dap (cm)	h (m)	hdon (m)	-----Total-----			-----IMA-----		
								G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)
3	CREC.006	12,6	1112	1066	19,1	13,3	14,0	32,00	157,10	105,80	2,50	12,50	8,40
3	CREC.008	7,4	1264	1253	12,8	8,4	9,0	16,70	62,30	36,30	2,30	8,40	4,90
3	CREC.008	8,4	1264	1253	14,3	9,2	9,6	20,80	83,40	50,50	2,50	9,90	6,00
3	CREC.008	9,4	1264	1253	15,1	10,3	10,8	23,50	97,90	60,40	2,50	10,40	6,40
3	CREC.008	10,6	1264	1253	16,1	10,8	11,2	26,50	114,90	72,40	2,50	10,80	6,80
3	CREC.008	11,6	1264	1253	16,6	11,8	12,8	28,80	128,10	81,90	2,50	11,00	7,10
3	CREC.008	12,6	1264	1253	17,4	12,8	13,8	31,40	143,90	93,40	2,50	11,40	7,40
3	CREC.009	7,4	1252	1221	11,2	6,4	7,2	12,50	42,90	23,90	1,70	5,80	3,20
3	CREC.009	8,4	1252	1221	12,6	8,3	8,7	15,80	58,30	33,80	1,90	6,90	4,00
3	CREC.009	9,4	1252	1221	13,4	8,6	10,6	17,70	68,10	40,30	1,90	7,20	4,30
3	CREC.009	10,6	1252	1221	14,2	9,8	11,8	20,70	83,20	50,30	2,00	7,80	4,70
3	CREC.009	11,6	1252	1221	14,7	10,8	13,5	22,50	93,10	57,30	1,90	8,00	4,90
3	CREC.009	12,6	1252	1221	15,3	11,6	14,6	24,40	103,60	64,60	1,90	8,20	5,10
3	CREC.009	13,6	1252	1221	15,9	12,7	15,0	26,40	114,70	72,40	1,90	8,40	5,30
3	CREC.009	15,4	1252	1221	16,8	13,4	15,7	29,40	132,70	85,50	1,90	8,60	5,60
3	CREC.010	7,4	1216	1097	12,3	6,5	7,2	13,30	47,90	27,40	1,80	6,50	3,70
3	CREC.010	8,4	1216	1097	13,9	8,4	8,4	17,20	67,10	40,00	2,00	8,00	4,80
3	CREC.010	9,4	1216	1097	15,0	8,9	9,2	20,00	82,10	50,30	2,10	8,70	5,30
3	CREC.010	10,6	1216	1097	16,3	9,9	10,1	23,40	101,20	63,60	2,20	9,50	6,00
3	CREC.010	11,6	1216	1097	17,2	10,6	10,9	26,30	118,10	75,70	2,30	10,20	6,50
3	CREC.010	12,6	1216	1097	18,1	11,5	12,2	29,00	134,60	87,70	2,30	10,70	7,00
3	CREC.010	15,4	1216	1097	19,7	13,4	14,7	34,40	168,90	113,40	2,20	11,00	7,40
3	CREC.012	7,4	1179	1156	10,8	6,8	8,1	11,70	40,00	22,30	1,60	5,40	3,00
3	CREC.012	8,4	1179	1156	12,3	9,1	9,3	15,00	55,30	32,10	1,80	6,60	3,80
3	CREC.012	9,4	1179	1156	13,0	9,4	10,8	16,80	64,30	38,00	1,80	6,80	4,00
3	CREC.012	10,6	1179	1156	13,8	10,2	10,9	19,20	76,40	46,20	1,80	7,20	4,40
3	CREC.012	11,6	1179	1145	14,4	11,0	12,3	20,90	85,50	52,30	1,80	7,40	4,50
3	CREC.012	12,6	1179	1145	15,1	12,1	14,0	23,10	98,00	61,10	1,80	7,80	4,80
3	CREC.022	10,6	1022	931	16,8	10,1	11,9	22,80	104,50	68,00	2,10	9,90	6,40
3	CREC.022	11,6	1022	931	17,7	11,2	12,7	25,40	120,80	80,10	2,20	10,40	6,90
3	CREC.022	12,6	1022	931	18,7	11,3	12,7	28,20	138,80	93,60	2,20	11,00	7,40
3	CREC.022	13,6	1022	931	19,6	12,5	14,1	31,00	156,30	106,90	2,30	11,50	7,90
3	CREC.023	10,6	1231	1143	17,1	10,8	12,1	29,20	132,90	86,00	2,80	12,50	8,10
3	CREC.023	11,6	1231	1143	18,2	11,8	13,0	33,10	157,50	104,20	2,90	13,60	9,00
3	CREC.023	12,6	1231	1143	19,1	12,5	13,9	36,60	179,90	121,20	2,90	14,30	9,60
3	CREC.023	13,6	1231	1143	20,0	13,7	14,9	40,10	203,20	139,00	2,90	14,90	10,20
3	CREC.026	11,6	1233	1189	16,6	12,0	13,3	27,50	122,80	78,70	2,40	10,60	6,80
3	CREC.026	12,6	1233	1189	17,2	12,9	14,6	29,40	134,60	87,30	2,30	10,70	6,90
3	CREC.026	13,6	1233	1189	17,8	14,0	15,8	31,30	145,70	95,40	2,30	10,70	7,00
3	CREC.026	14,6	1233	1189	18,3	14,6	16,2	33,20	157,70	104,40	2,30	10,80	7,20
3	CREC.028	8,6	1065	991	12,2	7,6	10,3	13,60	52,50	31,40	1,60	6,10	3,60
3	CREC.028	9,6	1065	991	13,1	8,3	10,8	15,70	63,50	38,90	1,60	6,60	4,00
3	CREC.028	10,6	1065	991	14,0	9,4	12,1	17,80	74,60	46,50	1,70	7,00	4,40
3	CREC.028	11,6	1065	991	14,7	10,1	13,1	19,60	84,50	53,60	1,70	7,30	4,60
3	CREC.030	5,6	1223	1114	9,4	5,5	7,1	9,20	30,90	17,10	1,70	5,50	3,10
3	CREC.030	6,6	1223	1114	10,2	6,1	8,5	11,30	40,40	23,20	1,70	6,10	3,50
3	CREC.030	7,6	1223	1070	10,8	6,8	9,2	12,60	47,00	27,60	1,70	6,20	3,60
3	CREC.030	8,6	1223	852	12,3	8,0	10,1	12,90	50,40	30,20	1,50	5,90	3,50

Cuadro 1A. Continuación ...

Clase sitio	Parcela	Edad (años)	N1	N2	dap (cm)	h (m)	hdon (m)	-----Total-----			-----IMA-----		
								G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>2</sup> /ha)	VTsc (m <sup>2</sup> /ha)
3	CREC.031	10,6	1202	1137	15,9	10,2	11,4	25,00	109,00	69,00	2,40	10,30	6,50
3	CREC.031	11,6	1202	1137	16,7	11,2	11,7	27,60	124,10	79,80	2,40	10,70	6,90
3	CREC.031	12,6	1202	1137	17,3	12,2	12,7	29,70	136,50	88,80	2,40	10,80	7,00
3	CREC.031	13,6	1202	1137	18,1	13,2	14,0	32,40	153,90	101,80	2,40	11,30	7,50
3	CREC.040	7,6	1250	1250	13,4	7,0	8,8	18,60	73,30	44,00	2,50	9,60	5,80
3	CREC.040	8,6	1250	1250	15,0	7,8	9,4	23,40	98,70	61,40	2,70	11,50	7,10
3	CREC.040	9,6	1250	1250	16,2	8,2	9,5	27,10	120,00	76,60	2,80	12,50	8,00
3	CREC.040	10,6	1250	1250	17,4	9,9	11,1	31,40	145,90	95,50	3,00	13,80	9,00
4	CREC.002	9,4	1927	1927	10,5	7,3	8,6	17,80	54,70	29,50	1,90	5,80	3,10
4	CREC.002	10,4	1927	1927	11,8	10,4	10,4	22,40	74,00	41,50	2,20	7,10	4,00
4	CREC.002	11,4	1927	1927	12,7	9,5	10,6	26,00	90,20	51,90	2,30	7,90	4,60
4	CREC.002	12,6	1927	1927	13,2	10,7	11,3	28,20	100,20	58,40	2,20	8,00	4,60
4	CREC.002	13,6	1927	1927	13,9	11,3	12,5	30,80	113,00	66,90	2,30	8,30	4,90
4	CREC.002	14,6	1927	1927	14,4	12,4	13,7	33,70	127,50	76,80	2,30	8,70	5,30
4	CREC.002	17,4	1927	1927	15,6	14,2	16,3	39,60	158,80	98,50	2,30	9,10	5,70
4	CREC.019	10,6	1067	1010	13,2	8,4	10,2	15,30	55,20	32,40	1,40	5,20	3,10
4	CREC.019	11,6	1067	1010	13,8	8,9	11,0	16,90	63,40	38,00	1,50	5,50	3,30
4	CREC.019	12,6	1067	1010	14,5	9,7	11,8	18,50	71,20	43,30	1,50	5,70	3,40
4	CREC.019	13,6	1067	990	15,3	10,4	12,5	20,30	80,90	50,10	1,50	6,00	3,70
4	CREC.021	10,6	1096	978	13,3	7,9	10,1	14,50	54,30	32,70	1,40	5,10	3,10
4	CREC.021	11,6	1096	978	14,0	8,8	11,7	16,10	62,20	38,00	1,40	5,40	3,30
4	CREC.021	12,6	1096	978	14,0	9,6	12,2	17,90	71,70	44,70	1,40	5,70	3,50
4	CREC.021	13,6	1096	978	14,6	10,1	12,8	19,50	80,00	50,40	1,40	5,90	3,70
4	CREC.024	10,6	1223	1179	15,1	8,5	9,9	24,20	94,70	58,00	2,30	8,90	5,50
4	CREC.024	11,6	1223	1179	15,8	9,4	11,1	26,50	107,60	67,10	2,30	9,30	5,80
4	CREC.024	12,6	1223	1179	16,4	9,9	11,4	28,70	119,90	75,80	2,30	9,50	6,00
4	CREC.024	13,6	1223	1179	16,9	10,7	12,2	30,40	129,00	82,20	2,20	9,50	6,00
4	CREC.027	12,6	1167	1146	14,7	11,0	12,7	21,00	80,30	48,60	1,70	6,40	3,90
4	CREC.027	13,6	1167	1146	15,2	11,9	13,5	22,20	87,10	53,30	1,60	6,40	3,90
4	CREC.027	14,6	1167	1146	15,6	12,3	13,8	23,60	94,40	58,30	1,60	6,50	4,00
4	CREC.027	15,6	1167	1146	16,3	13,3	15,0	25,70	105,50	66,20	1,60	6,80	4,20
4	CREC.029	7,6	1069	1050	13,9	7,6	8,2	18,40	69,20	41,50	2,40	9,10	5,50
4	CREC.029	8,6	1069	1050	14,5	8,5	9,1	20,10	78,30	47,90	2,30	9,10	5,60
4	CREC.029	9,6	1069	1050	15,1	9,4	10,1	22,00	88,10	54,70	2,30	9,20	5,70
4	CREC.029	10,6	1069	1050	15,6	9,9	10,8	23,50	96,20	60,40	2,20	9,10	5,70
4	CREC.032	10,6	1073	996	12,5	7,5	9,7	15,30	54,50	31,80	1,40	5,10	3,00
4	CREC.032	11,6	1073	996	12,8	7,6	9,8	16,70	60,70	35,90	1,40	5,20	3,10
4	CREC.032	12,6	1073	996	13,4	9,0	11,0	18,40	69,40	41,70	1,50	5,50	3,30
4	CREC.032	13,6	1073	996	14,1	9,5	11,5	20,30	78,90	48,20	1,50	5,80	3,50
4	CREC.037	6,6	1296	1227	7,8	3,8	5,1	6,20	15,80	7,80	0,90	2,40	1,20
4	CREC.037	7,6	1296	1227	8,5	5,0	6,4	7,70	21,00	10,70	1,00	2,80	1,40
4	CREC.037	8,6	1296	1227	9,4	6,4	7,7	9,30	26,90	14,10	1,10	3,10	1,60
4	CREC.037	9,6	1296	1227	10,0	6,9	8,3	10,60	31,80	17,10	1,10	3,30	1,80
4	CREC.038	7,6	1231	1033	12,1	5,9	7,8	12,80	43,50	24,80	1,70	5,70	3,30
4	CREC.038	8,6	1231	1033	13,6	6,7	9,4	16,00	58,80	34,80	1,90	6,80	4,00
4	CREC.038	9,6	1231	1033	14,4	7,7	9,8	17,90	68,20	41,20	1,90	7,10	4,30
4	CREC.038	10,6	1231	1033	15,3	8,1	10,5	20,10	79,10	48,60	1,90	7,50	4,60
4	CREC.039	7,6	1134	972	9,7	4,8	6,1	7,40	21,40	11,20	1,00	2,80	1,50

Cuadro 1A. Continuación ...

Clase sitio	Parcela	Edad (años)	N1	N2	dap (cm)	h (m)	hdom (m)	-----Total-----			-----IMA-----		
								G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>3</sup> /ha)	VTsc (m <sup>3</sup> /ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>3</sup> /ha)	VTsc (m <sup>3</sup> /ha)
4	CREC.039	8,6	1134	972	11,0	5,9	6,8	9,60	30,20	16,50	1,10	3,50	1,90
4	CREC.039	9,6	1134	972	12,0	6,6	7,2	11,60	38,70	21,80	1,20	4,00	2,30
4	CREC.039	10,6	1134	972	13,0	7,5	8,5	13,20	46,20	26,70	1,20	4,40	2,50

N1 = número de árboles plantados por hectárea

N2 = número de árboles sobrevivientes por hectárea

dap = diámetro a 1,3 m

h = altura total

hdom = altura dominante

G = área basal por hectárea

VTcc = volumen total con corteza

VTsc = volumen total sin corteza

IMA = incremento medio anual

Cuadro 2A. Características fisiográficas y físicas de 38 parcelas permanentes de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Parcela	Elevación (msnm)	Posición Topograf.	Exposic. Sen(°)	Pen.	Pen.	Pen.	Curvatura	Profund. Efect.	Drenaje Interno
				Max.	Min.	Med.			
				1/2	----	1/2			
CREC.001	675	2	-0,1	16	14	15	1	80	4
CREC.002	660	2	-0,1	20	6	13	2	83	3
CREC.003	685	3	0,5	19	1	10	1	60	3
CREC.004	660	2	-0,4	22	9	15	2	70	4
CREC.005	665	2	0,5	21	6	13	4	95	5
CREC.006	710	1	0,5	7	7	7	4	45	5
CREC.007	750	2	-0,1	10	5	7	1	90	3
CREC.008	785	1	0,5	11	0	5	2	50	3
CREC.009	940	3	0,0	26	7	16	1	80	4
CREC.010	920	2	0,5	27	13	20	2	95	4
CREC.011	800	2	-0,1	31	26	28	2	80	5
CREC.012	790	3	0,4	18	7	12	1	95	3
CREC.013	650	3	-0,5	19	2	10	3	100	5
CREC.014	685	4	0,5	5	3	4	1	100	3
CREC.041	670	2	-0,5	18	4	11	3	86	5
CREC.042	730	1	0,0	11	4	7	2	100	5
CREC.015	630	4	-0,4	5	1	3	1	82	5
CREC.016	510	4	0,0	6	0	3	1	80	5
CREC.017	687	4	-0,5	7	3	5	1	100	4
CREC.018	680	4	0,0	6	3	4	4	100	4
CREC.019	690	1	-0,5	12	0	6	2	94	3
CREC.020	690	4	-0,5	11	11	11	2	100	5
CREC.021	795	1	-0,4	11	7	9	2	92	4
CREC.022	870	1	-0,3	10	10	10	1	100	3
CREC.023	1040	2	0,0	34	9	21	1	91	5
CREC.024	1050	1	0,2	11	6	8	1	96	2
CREC.025	930	3	-0,5	53	9	31	4	85	3
CREC.026	775	3	-0,5	21	12	16	1	100	2
CREC.027	720	2	-0,5	23	6	14	1	100	5
CREC.028	445	2	0,2	12	10	11	1	90	5
CREC.029	590	2	-0,5	15	1	8	1	33	6
CREC.030	640	3	-0,1	21	6	13	2	100	4
CREC.031	640	3	-0,5	15	9	12	1	72	4
CREC.032	610	1	-0,1	7	3	5	1	100	3
CREC.037	880	1	-0,1	32	7	19	2	75	6
CREC.038	980	2	0,4	21	12	16	4	88	5
CREC.039	1010	1	0,0	16	14	15	4	62	5
CREC.040	1060	2	-0,4	18	14	16	1	100	3

Posición topográfica: 1 = cima, 2 = pendiente superior, 3 = pendiente inferior, 4 = fondo plano. Curvatura : 1 = recta, 2 = cóncava, 3 = convexa, 4 = compleja.

Drenaje interno: 1 = sin drenaje, 2 = muy lento, 3 = lento, 4 = medio, 5 = rápido, 6 = muy rápido.

Cuadro 3A. Características físico-químicas de 0 a 5 y de 0 a 15 cm, para 16 y 22 parcelas permanentes de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Parcela	Prof. Inf. (cm)	Fecha	pH H <sub>2</sub> O	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----				-----ug/ml de suelo-----				Relaciones			-----Textura-----					
				Ca	Mg	K	Acidez interc.	CIE Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N (mg/g)	Ca/Mg	Mg/k	Arena	Limo	Arcilla	
CREC.001	5	181278	5,2	0,78	0,36	0,07	5,2	6,41	0,81	1	4,4	4,1	1,5	1,6	1,2	2,2	5,10	420	240	340
CREC.002	5	181278	4,9	0,52	0,32	0,06	6,0	6,89	0,87	1	5,0	4,6	2,4	1,3	1,2	1,7	5,20	460	260	280
CREC.003	5	181278	4,9	0,32	0,19	0,05	4,1	4,66	0,88	0	3,3	2,6	2,7	2,0	1,0	1,7	3,80	420	300	280
CREC.004	5	181278	5,1	0,43	0,20	0,04	3,7	4,37	0,85	1	7,7	6,5	2,7	2,6	0,9	2,1	5,00	340	380	280
CREC.005	5	181278	5,1	0,63	0,32	0,09	5,9	6,94	0,85	1	5,5	4,7	1,7	1,2	1,4	2,0	3,60	500	300	200
CREC.006	5	181278	5,0	0,38	0,23	0,08	5,4	6,09	0,89	1	4,1	3,8	2,5	1,7	1,7	1,6	2,90	540	300	160
CREC.007	5	181278	5,3	0,81	0,37	0,09	1,8	3,07	0,58	1	7,8	7,2	3,0	3,0	1,8	2,2	4,10	460	280	260
CREC.008	5	181278	5,1	0,23	0,10	0,03	2,9	3,26	0,89	1	3,8	2,7	3,8	0,8	0,8	2,3	3,30	440	280	280
CREC.009	5	181278	5,2	0,47	0,19	0,07	2,4	3,13	0,77	1	5,0	3,5	5,7	1,4	1,7	2,5	2,70	560	200	240
CREC.010	5	181278	5,0	0,37	0,18	0,05	2,3	2,90	0,79	1	4,7	3,6	4,3	1,7	1,4	2,0	3,60	520	200	280
CREC.011	5	181278	5,4	0,48	0,28	0,04	2,3	3,10	0,74	1	3,7	2,8	1,5	1,2	0,7	1,7	7,00	340	400	260
CREC.012	5	181278	5,2	0,45	0,24	0,04	2,8	3,53	0,79	0	5,0	4,1	2,3	1,0	1,2	1,9	6,00	520	200	280
CREC.013	5	181278	5,5	0,41	0,19	0,05	2,6	3,25	0,80	1	6,0	4,5	1,9	0,9	0,9	2,2	3,80	460	280	260
CREC.014	5	181278	4,8	0,29	0,13	0,04	2,6	3,06	0,85	1	52,2	51,8	2,0	3,3	1,6	2,2	3,20	440	200	360
CREC.041	5	120484	4,4	0,47	0,02	0,07	-	-	-	2	24,4	4,9	1,2	2,3	-	-	0,02	520	180	300
CREC.042	5	120484	4,3	0,02	0,62	0,09	-	-	-	3	69,2	17,6	0,2	1,5	-	-	6,90	620	220	160

Cuadro 3A. Continuación ...

Parcela	Prof. Inf. (cm)	Fecha	pH H <sub>2</sub> O	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----				-----ug/ml de suelo-----				Relaciones				-----Textura-----					
				Ca	Mg	K	Acidez Interc.	CIE Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N	Ca/Mg	Hg/k	Arena	Limo	Arcilla	H.O	
				(cmol/cmol)				(mg/g)				-cmol/cmol-				(mg/g)					
CREC.015	15	260384	5,6	3,00	0,70	0,27	1,0	-	2,8	94,1	14,1	1,5	2,3	-	4,2	2,6	580	280	140	40,2	
CREC.016	15	260384	4,8	2,80	0,83	0,22	3,2	-	4,2	126,2	15,2	2,2	2,1	-	3,4	3,8	560	200	240	44,2	
CREC.017	15	83	4,5	0,24	0,09	0,03	6,1	6,46	0,94	1,5	130,0	2,0	2,6	2,9	0,6	2,6	3,0	280	630	11,4	
CREC.018	15	83	4,3	0,16	0,07	0,03	1,8	2,06	0,87	2,5	181,0	96,0	1,6	2,7	1,2	2,2	2,3	200	710	24,8	
CREC.019	15	83	4,5	0,21	0,11	0,03	3,2	3,55	0,90	1,5	367,0	2,6	1,6	2,3	1,2	1,9	3,6	220	570	28,8	
CREC.020	15	83	4,4	0,22	0,10	0,03	4,1	4,45	0,92	1,5	223,0	51,0	1,8	4,6	1,0	2,2	3,3	220	710	20,1	
CREC.021	15	83	4,6	0,20	0,09	0,03	3,8	4,12	0,92	0,5	192,0	3,3	1,6	2,1	1,0	2,2	3,0	260	490	22,1	
CREC.022	15	83	4,5	0,18	0,08	0,03	3,3	3,59	0,91	0,5	292,0	2,6	1,3	1,6	1,0	2,2	2,6	240	550	21,4	
CREC.023	15	83	4,4	0,20	0,11	0,06	5,6	5,97	0,93	1,5	299,0	8,8	1,1	0,5	1,3	1,8	1,8	340	310	28,1	
CREC.024	15	83	4,9	0,27	0,14	0,07	2,3	2,78	0,83	4,5	479,0	6,7	1,6	1,9	1,5	1,9	2,0	190	510	34,2	
CREC.025	15	83	4,4	0,25	0,16	0,04	3,0	3,45	0,87	1,5	275,0	9,2	1,2	0,6	1,2	1,5	4,0	330	350	24,8	
CREC.026	15	83	4,5	0,24	0,10	0,03	3,3	3,67	0,90	0,0	215,0	2,1	1,2	1,3	0,8	2,4	3,3	250	280	470	18,1
CREC.027	15	83	4,6	0,23	0,11	0,03	7,7	8,08	0,95	0,0	209,0	5,6	1,5	4,5	0,8	2,0	5,5	140	340	520	16,1
CREC.028	15	83	4,7	0,23	0,14	0,03	1,5	1,90	0,79	1,5	318,0	1,2	1,1	1,5	1,0	1,6	4,6	260	340	400	21,4
CREC.029	15	83	4,4	0,46	0,38	0,09	6,9	7,83	0,88	0,5	237,0	3,5	0,7	1,0	0,9	1,2	4,2	240	300	300	16,8
CREC.030	15	83	4,5	0,22	0,15	0,04	5,2	5,61	0,93	0,5	119,0	3,0	1,5	2,2	0,7	1,4	3,7	160	400	440	14,7
CREC.031	15	83	4,5	0,26	0,18	0,60	5,0	5,50	0,91	1,5	282,0	9,0	1,9	2,4	1,5	1,4	3,0	260	460	460	31,5
CREC.032	15	83	4,5	0,25	0,18	0,07	4,5	5,00	0,90	1,5	288,0	4,2	1,4	1,7	1,4	1,3	2,5	200	400	400	26,8
CREC.037	15	83	4,6	0,22	0,11	0,02	2,9	3,25	0,89	2,0	120,0	7,8	1,3	0,9	0,8	2,0	55,0	300	320	15,4	
CREC.038	15	83	4,8	0,16	0,12	0,05	3,1	3,43	0,90	2,0	341,0	2,2	1,1	0,8	1,5	1,3	24,0	420	340	30,2	
CREC.039	15	83	4,4	0,21	0,14	0,06	3,0	3,41	0,88	2,0	302,0	3,2	1,1	0,6	1,9	1,5	23,3	360	340	36,9	
CREC.040	15	83	4,4	0,17	0,10	0,06	3,2	3,53	0,91	2,5	735,0	0,8	1,2	0,9	2,5	1,7	16,7	100	400	500	47,6



Cuadro 4A. Características físico-químicas de 5 a 20 y de 15 a 30 cm, para 16 y 22 parcelas permanentes de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal la Yeguada, Panamá.

Parcela Inf. (cm)	Prof. Fecha	pH H <sub>2</sub> O	---cmol <sup>+</sup> /l de suelo---				---µg/ml de suelo---				-Relaciones-				Textura					
			Ca	Mg	K	Acidez Interc.	CIE	Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N		Ca/Mg	Mg/P	Arena Limo Arcilla		
			(cmol/cmol)				(cmol/cmol)				(mg/g)-cmol/cmol-				(mg/g)					
CREC.001	20	181278	5,2	0,51	0,20	0,05	7,4	8,16	0,91	0	5,1	4,5	1,3	1,4	0,7	2,5	4,0	460	320	220
CREC.002	20	181278	5,0	0,30	0,13	0,04	6,2	6,67	0,93	0	3,4	3,1	2,0	1,0	0,5	2,3	3,2	440	320	240
CREC.003	20	181278	5,1	0,30	0,18	0,04	4,3	4,82	0,89	1	3,5	3,2	2,5	1,2	0,5	1,7	4,5	460	280	260
CREC.004	20	181278	5,2	0,22	0,11	0,03	3,6	3,96	0,91	0	8,3	7,3	1,8	1,5	0,5	2,0	3,7	340	440	220
CREC.005	20	181278	5,2	0,39	0,15	0,08	5,9	6,52	0,90	1	4,0	2,8	2,1	1,1	0,8	2,6	1,9	420	300	280
CREC.006	20	181278	5,1	0,33	0,20	0,06	5,2	5,79	0,90	1	6,1	5,1	2,6	1,3	1,1	1,6	3,3	540	340	120
CREC.007	20	181278	5,4	0,49	0,19	0,06	2,3	3,04	0,76	1	8,8	8,0	3,1	3,3	0,9	2,6	3,2	420	220	360
CREC.008	20	181278	5,2	0,24	0,05	0,02	3,2	3,51	0,91	0	3,4	2,2	3,1	0,6	0,4	4,8	2,5	440	320	240
CREC.009	20	181278	5,2	0,29	0,10	0,04	2,7	3,13	0,86	1	3,4	2,2	3,9	1,1	0,6	2,9	2,5	440	220	340
CREC.010	20	181278	5,1	0,32	0,12	0,03	2,6	3,07	0,84	1	4,1	3,2	3,9	1,9	0,5	2,7	4,7	500	260	240
CREC.011	20	181278	5,5	0,73	0,27	0,04	1,9	2,94	0,65	1	4,7	4,0	1,4	1,7	0,5	2,7	6,3	440	220	340
CREC.012	20	181278	5,4	0,27	0,10	0,03	3,0	3,40	0,88	1	3,5	3,1	2,7	0,7	0,6	2,7	3,3	400	260	340
CREC.013	20	181278	5,0	0,27	0,12	0,04	2,7	3,13	0,86	1	4,1	3,0	1,6	1,0	0,6	2,2	3,0	460	280	260
CREC.014	20	181278	4,8	0,27	0,14	0,03	2,1	2,54	0,83	1	48,8	48,9	1,3	2,4	1,0	1,9	4,7	440	240	320
CREC.041	20	120484	4,7	0,42	0,07	0,04	-	-	-	2	19,2	2,6	0,5	1,4	-	-	1,7	500	200	300
CREC.042	20	120484	4,5	0,22	0,70	0,06	-	-	-	3	17,0	9,5	0,4	1,1	-	-	11,7	620	240	140

Cuadro 4A. Continuación . . .

Parcela Inf. (cm)	Prof. cm	Fecha H <sub>2</sub> O	pH	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----				-----ug/ml de suelo-----				-----Relaciones-----				-----Textura-----					
				Ca	Mg	K	Acidez Interc.	CIE	Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N	Ca/Mg	Mg/P	Arena	Limo	Arcilla	M.O
				(cmol/cmol)				(mg/g)				(mg/g)				(mg/g)					
CREC.015	30	260384	5,3	1,93	0,54	0,15	2,0	-	-	1,5	77,9	5,4	1,4	1,6	-	3,6	3,6	460	260	280	30,2
CREC.016	30	260384	4,7	1,40	0,38	0,15	6,1	-	-	1,5	99,3	5,4	2,4	2,6	-	3,7	2,5	520	180	300	30,8
CREC.017	30	83	4,4	0,20	0,11	0,02	7,8	8,13	0,96	0,5	23,7	2,1	1,7	2,3	0,4	1,8	5,5	070	320	610	05,4
CREC.018	30	83	4,6	0,19	0,07	0,02	1,2	1,47	0,82	0,5	33,0	36,0	1,6	2,1	0,7	2,5	3,5	050	180	770	12,7
CREC.019	30	83	4,5	0,20	0,09	0,02	3,4	3,71	0,92	1,5	95,0	1,3	1,5	2,2	0,5	2,2	4,5	150	240	610	12,1
CREC.020	30	83	4,7	0,25	0,13	0,02	3,4	3,80	0,89	1,5	106,0	44,0	1,4	5,2	0,7	1,9	6,5	050	220	730	13,4
CREC.021	30	83	4,8	0,17	0,09	0,02	4,4	4,67	0,94	0,0	38,4	1,5	1,4	2,4	0,4	1,8	9,0	230	280	490	06,7
CREC.022	30	83	4,7	0,17	0,08	0,02	3,4	3,67	0,93	0,5	72,0	3,4	1,3	1,5	0,5	2,1	4,0	150	240	610	11,4
CREC.023	30	83	4,7	0,19	0,08	0,05	6,2	6,52	0,95	0,5	141,0	6,8	1,1	0,4	0,6	2,3	1,6	330	360	310	12,1
CREC.024	30	83	5,2	0,25	0,13	0,05	4,7	5,13	0,92	0,0	26,8	4,8	1,5	0,7	0,3	1,9	2,6	380	380	410	04,7
CREC.025	30	83	4,5	0,19	0,10	0,02	2,9	3,21	0,90	0,5	197,0	2,8	1,0	0,6	1,0	1,9	5,0	270	320	410	22,8
CREC.026	30	83	4,8	0,26	0,13	0,01	3,7	4,10	0,90	0,0	84,0	0,7	0,9	1,2	0,4	2,0	13,0	320	320	470	08,0
CREC.027	30	83	4,8	0,25	0,12	0,02	7,4	7,79	0,95	0,0	62,0	2,4	1,4	4,1	0,3	2,0	6,0	180	360	460	06,0
CREC.028	30	83	4,9	0,19	0,09	0,02	1,4	1,70	0,82	0,0	42,6	0,1	1,1	1,3	0,4	2,1	4,5	240	420	420	08,0
CREC.029	30	83	4,7	0,37	0,24	0,08	5,4	6,09	0,89	0,5	64,0	1,3	1,2	0,7	0,4	1,5	3,0	260	480	260	06,7
CREC.030	30	83	4,8	0,11	0,09	0,02	4,9	5,12	0,96	0,5	46,0	6,9	1,3	2,4	0,3	1,2	4,5	200	400	400	06,7
CREC.031	30	83	4,6	0,19	0,11	0,04	5,5	5,84	0,94	1,5	103,0	22,0	1,6	2,0	0,5	1,7	2,7	260	300	440	11,4
CREC.032	30	83	4,7	0,25	0,16	0,06	5,6	6,07	0,93	0,0	91,0	2,8	0,9	1,3	0,5	1,5	2,6	140	480	380	12,1
CREC.037	30	83	4,7	0,18	0,10	0,10	3,0	3,38	0,89	2,5	21,6	6,1	1,3	0,8	0,4	1,8	10,0	300	420	280	06,7
CREC.038	30	83	4,6	0,23	0,12	0,03	3,8	4,18	0,91	0,5	113,0	2,0	0,7	1,6	0,5	1,9	40,0	240	400	360	11,4
CREC.039	30	83	4,7	0,27	0,15	0,07	3,0	3,49	0,86	2,0	157,0	3,5	1,1	0,4	1,1	1,8	21,4	240	400	360	22,8
CREC.040	30	83	4,5	0,16	0,09	0,05	2,6	2,90	0,90	3,5	482,0	0,3	1,2	1,1	2,0	1,7	18,0	080	340	580	39,5

Cuadro 5A. Características físico-químicas de 20 a 40 y de 30 a 50 cm, para 16 y 22 parcelas de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Parcela Inf. (cm)	Prof. Fecha	pH H <sub>2</sub> O	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----				-----µg/ml de suelo-----				-Relaciones-			-----Textura-----						
			Ca	Mg	K	Acidez Interc.	CIE	Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N (mg/g)	Ca/Mg (mg/g)	Mg/P (cmol/cmol)	Arena	Limo Arcilla (mg/g)		
CREC.001	40	181278	5,1	0,68	0,49	0,03	7,7	8,9	0,86	0	8,2	8,2	1,4	1,8	0,5	1,4	16,3	400	280	320
CREC.002	40	181278	5,1	0,25	0,14	0,04	5,2	5,6	0,92	0	4,3	3,8	2,2	0,5	0,3	1,8	3,5	440	320	240
CREC.003	40	181278	5,1	0,31	0,20	0,04	4,1	4,7	0,88	1	4,2	3,6	2,7	0,9	0,3	1,5	5,0	420	300	280
CREC.004	40	181278	5,3	0,24	0,11	0,03	3,5	3,9	0,90	1	8,8	7,6	2,0	1,4	0,4	2,2	3,7	340	640	020
CREC.005	40	181278	5,3	0,46	0,12	0,09	6,8	7,5	0,91	1	4,6	3,7	2,1	1,0	0,6	3,8	1,3	420	300	280
CREC.006	40	181278	5,2	0,27	0,14	0,05	5,8	6,3	0,92	1	3,1	1,9	1,9	1,0	0,8	1,9	2,8	580	340	080
CREC.007	40	181278	5,5	0,36	0,11	0,06	3,1	3,6	0,85	1	4,5	3,4	3,5	3,7	0,6	3,2	1,8	440	180	380
CREC.008	40	181278	5,2	0,17	0,04	0,02	3,2	3,4	0,93	0	4,3	2,8	3,5	0,4	0,3	4,2	2,0	460	320	220
CREC.009	40	181278	5,2	0,23	0,07	0,03	3,2	3,5	0,91	1	2,4	1,4	4,0	0,9	0,5	3,3	2,3	460	200	340
CREC.010	40	181278	5,2	0,26	0,10	0,02	2,7	3,1	0,88	0	3,4	2,6	3,7	1,6	0,4	2,6	5,0	460	300	240
CREC.011	40	181278	5,5	0,32	0,16	0,03	2,2	2,9	0,77	1	7,3	6,5	1,6	1,2	0,4	2,9	5,3	520	220	260
CREC.012	40	181278	5,4	0,40	0,17	0,03	3,8	4,4	0,86	1	10,0	9,2	2,4	0,9	0,5	2,3	5,7	440	260	300
CREC.013	40	181278	5,2	0,30	0,12	0,03	2,4	2,9	0,84	1	3,1	2,5	1,4	0,7	0,5	2,5	4,0	540	180	280
CREC.014	40	181278	4,9	0,33	0,15	0,02	1,7	2,2	0,77	1	39,5	40,7	1,4	2,0	0,7	2,2	1,7	360	180	460
CREC.041	40	120484	4,6	0,42	0,07	0,04	-	-	-	2	13,3	2,4	0,2	1,3	-	-	1,7	420	260	320
CREC.042	40	120484	4,5	0,05	0,70	0,06	-	-	-	3	15,5	10,7	0,2	1,3	-	-	11,7	600	300	100

Cuadro 5A. Continuación ...

Parcela	Prof. Inf. (cm)	Fecha	pH H <sub>2</sub> O	-----cmol <sup>+</sup> /l de suelo-----				-----ug/ml de suelo-----				-----Relaciones-----				-----Textura-----					
				Ca	Mg	K	Acidez Interc.	CIE	Sat. Acid.	P	Fe	Mn	Zn	Cu	N (mg/g)	Ca/Mg (mg/g)	Hg/P (cmol/cmol)	Arena	Limo Arcilla (mg/g)	M.O (mg/g)	
CREC.015	50	260384	5,4	0,79	0,30	0,26	3,1	-	-	0,8	30,1	4,	1,4	1,2	-	2,6	1,2	540	160	300	18,8
CREC.016	50	260384	4,6	0,90	0,24	0,15	6,5	-	-	0,5	33,2	9,	2,3	2,1	-	3,7	1,6	520	160	320	20,1
CREC.017	50	83	4,7	0,25	0,16	0,02	9,0	9,43	0,95	0,5	28,4	6,	1,7	2,4	0,3	1,5	8,0	110	280	610	03,4
CREC.018	50	83	4,8	0,20	0,07	0,01	0,8	1,08	0,74	0,5	22,7	36,	1,4	2,5	0,5	2,8	7,0	090	180	730	10,1
CREC.019	50	83	4,9	0,23	0,08	0,01	3,9	4,22	0,92	1,5	88,0	1,	1,7	2,4	0,5	2,8	8,0	150	240	610	10,7
CREC.020	50	83	4,9	0,18	0,09	0,02	3,7	3,99	0,93	0,0	32,6	38,	1,7	5,3	0,4	2,0	4,5	070	220	710	08,7
CREC.021	50	83	4,8	0,15	0,05	0,01	4,2	4,41	0,95	0,5	28,2	1,	1,3	1,9	0,3	3,0	5,0	230	280	490	06,0
CREC.022	50	83	4,9	0,20	0,07	0,02	3,2	4,19	0,93	0,5	37,1	3,	1,6	2,0	0,4	2,8	3,5	170	260	570	09,4
CREC.023	50	83	4,6	0,19	0,08	0,06	6,7	7,03	0,95	0,5	78,0	7,	1,0	0,4	0,4	2,3	1,3	370	340	290	06,0
CREC.024	50	83	5,0	0,27	0,15	0,03	5,2	5,65	0,92	0,0	25,2	6,	1,2	0,5	0,2	1,8	5,0	170	380	450	03,4
CREC.025	50	83	4,7	0,23	0,10	0,02	3,3	3,65	0,90	0,0	92,0	3,	1,1	0,4	0,7	2,3	5,0	290	320	390	14,1
CREC.026	50	83	4,9	0,24	0,10	0,01	3,6	3,95	0,91	0,0	115,0	1,	1,5	1,7	0,3	2,4	10,0	210	320	470	06,7
CREC.027	50	83	4,9	0,21	0,13	0,03	8,5	8,87	0,96	0,0	45,3	0,	1,5	4,5	0,3	1,6	4,3	200	360	440	05,4
CREC.028	50	83	4,7	0,20	0,11	0,03	1,4	1,74	0,80	0,0	26,7	0,	0,7	1,4	0,3	1,8	3,6	260	360	380	06,0
CREC.029	50	83	4,9	0,45	0,33	0,08	6,4	7,26	0,88	1,5	69,0	2,	1,1	0,9	0,4	1,3	4,1	200	440	360	05,4
CREC.030	50	83	4,8	0,16	0,10	0,02	5,6	5,88	0,95	0,0	26,4	5,	2,0	2,4	0,1	1,6	5,0	240	400	360	03,4
CREC.031	50	83	4,7	0,12	0,09	0,03	5,7	5,94	0,96	0,0	38,2	23,	1,2	1,6	0,4	1,3	3,0	280	340	380	04,7
CREC.032	50	83	4,7	0,34	0,15	0,08	6,0	6,57	0,91	0,0	33,1	2,	1,0	1,0	0,4	2,6	1,8	160	460	380	08,0
CREC.037	50	83	4,8	0,13	0,07	0,02	3,4	3,62	0,94	2,5	17,5	4,	1,2	1,0	0,2	4,7	35,0	320	400	280	04,7
CREC.038	50	83	4,8	0,21	0,14	0,04	4,1	4,49	0,91	2,0	41,6	5,	1,0	0,8	0,4	1,5	35,0	260	400	340	10,1
CREC.039	50	83	5,0	0,18	0,11	0,07	4,2	4,56	0,92	2,0	39,4	2,	1,1	0,2	0,7	1,6	157,7	280	380	340	14,1
CREC.040	50	83	4,7	0,21	0,13	0,05	1,7	2,19	0,78	1,0	277,0	4,	1,3	0,9	1,4	1,6	26,0	080	340	580	28,5

Cuadro 6A. Ambitos tentativos de la fertilidad del suelo (Mínimo y Máximo), para el crecimiento aceptable de pinos y eucaliptos.\*

Elemento o Caracter.	Unidad	Método	-----Pinos---		--Eucalip--		
			Min.	Max.	Min.	Max.	
Acidez	pH	1:1 H <sub>2</sub> O	4,5	6,5	5,2	7,2	
Satur. Al	cmol/cmol CIC	-	-	0,6	-	0,5	
Fosforo	ug/ml	Mehlich III	Viveros y huertos semilleros				
			25	200	25	200	
Calcio	cmol <sup>+</sup> /l	"	Bosques				
			4	200	5	200	
	Viveros y huertos semilleros						
	1,0	-	2,0	-			
kg/ha	"	"	Bosques				
			0,2	-	0,4	-	
	Viveros y huertos semilleros						
	400	-	800	-			
Magnesio	cmol <sup>+</sup> /l	"	Bosques				
			80	-	160	-	
	Viveros y huertos semilleros						
	0,25	-	0,3	-			
kg/ha	"	"	Bosques				
			0,2	-	0,2	-	
	Viveros y huertos semilleros						
	50	-	60	-			
Potasio	cmol <sup>+</sup> /l	"	Bosques				
			40	-	40	-	
			Viveros				
	0,2	-	0,25	-			
	kg/ha	"	"	Huertos semilleros			
				0,1	-	0,15	-
Bosques							
0,05	-	0,10	-				
Manganeso	ug/ml	"	Viveros				
			150	-	200	-	
			Huertos				
			80	-	100	-	
Zinc	ug/ml	"	Bosques				
			40	-	50	-	
Cobre	ug/ml	"	5	200¿	5	200¿	
			1,5	-	1,5	-	
Boro	ug/ml	Agua Caliente	1,0	100	1,0	100	
			0,3	5¿	0,5	5¿	

\* Fuente: Davey (1985), citado por Lao (1985).

Cuadro7A. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características fisiográficas, para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Vars.	EL.	PT.	EXP.	P.MAX.	P.MIN.	P.MED.	CUR.	PROF.	DR.
IS	-0,40***	0,65***	-0,16	-0,22*	-0,16	-0,24**	-0,03	0,18	0,22
EL.	1,00	-0,33***	0,13	0,45***	0,43***	0,51***	0,15	0,09	-0,21*
PT.		1,00	-0,14	-0,07	-0,17	-0,12	0,13	0,23*	0,00
EXP.			1,00	-0,08	-0,01	-0,08	0,17	-0,16	-0,08
P.MAX.				1,00	0,43***	0,93***	0,23**	-0,03	0,08
P.MIN.					1,00	0,74***	0,10	0,09	0,06
P.MED.						1,00	0,21*	0,01	0,09
CUR.							1,00	-0,12	0,29***
PROF.								1,00	-0,25***
DR.									1,00

\* = significativo al 5 %

\*\* = significativo al 1 %

\*\*\* = significativo al 0,1 %

Cuadro 8A. Resumen del análisis de regresión por pasos para estimar los parámetros de la función Weibull con relación a las características del rodal.

Clase sitio	Parám. Weibull	Tamaño Muestra	Fc	Desv. Est.	R <sup>2</sup> (%)	Coefficientes	Variables
Todos							
Tres parámetros:							
	Ln A	67	2,28*	0,62	19	-15,6052 -0,0028ns 0,0791** 6,2801* -5,5948** -0,0181* -0,0020*	Intercepto N2 hdom Ln N2 Ln hdom N2/Edad Edad*hdom
	Ln B	67	24,41**	0,17	71	10,5107 +0,0011* -0,0227** -2,5192** 2,5978*** 0,0038ns 0,0006*	Intercepto N2 hdom Ln N2 Ln hdom N2/Edad Edad * hdom
	C	67	5,46**	0,90	21	-21,1246 -0,0737** 6,7190*** 0,0014ns	Intercepto hdom Ln hdom Edad * hdom
Dos parámetros:							
	B	91	191,4***	14,02	90	371,7160 0,4573* -85,5124*** 67,8752* 0,2415*	Intercepto hdom Ln N2 Ln hdom N2/Edad
	C	91	4,28**	0,70	13	-19,6516 -0,0033** 3,8603* 0,0056ns	Intercepto N2 Ln N2 N2/Edad

Cuadro 8A. Continuación ...

Clase Sitio	Parám. Weibull	Tamaño Muestra	Fc	Desv. Est.	R <sup>2</sup> (%)	Coefficientes	Variables
I							
Tres parámetros:							
	A	6	-	-	-	-	Ninguna (P≤5 %)
	B	6	42,25**	8,85	91	243,0053 -0,0390**	Intercepto N2
	C	6	6,50ns	0,21	62	3,2611 0,00037ns	Intercepto N2
Dos parámetros:							
	Ln B	6	2296,60***	0,0071	99	5,5466 0,0169** 0,00073* -0,00034*	Intercepto Edad hdom N2
	C	6	1825,44***	0,0120	99	19,5471 -0,1108*** -0,01819***	Intercepto Edad N2
II							
Tres parámetros:							
	A	23	32,04***	10,14	60	74,1256 -0,0226***	Intercepto N2
	Ln B	23	22,11***	0,12	78	25,1959 0,00195*** 0,76811*** -3,46380***	Intercepto N2 Ln Edad Ln N2
	C	23	8,01***	0,11	64	14,8233 -0,01279ns 1,8766ns 0,00196*** -3,29493***	Intercepto hdom Ln hdom N2 Ln N2



## Cuadro 8A. Continuación ...

Clase Sitio	Parám. Weibull	Tamaño Muestra	Fc	Desv. Est.	R <sup>2</sup> (%)	Coefficientes	Variables
II							
Dos parámetros:							
	Ln B	17	932,55***	0,0106	99	17,6153	Intercepto
						-0,05609***	Edad
						0,00544***	hdom
						0,00106***	N2
						0,50944***	Ln Edad
						-2,12291***	Ln N2
	C	17	452,21***	0,0428	99	122,55347	Intercepto
						-1,44810***	Edad
						-5,32940***	Ln hdom
						0,01155***	N2
						8,28309***	Ln Edad
						-15,67211***	Ln N2
						-0,02545***	N2/Edad
						0,00274**	Edad*hdom
III							
Tres parámetros:							
	Ln A	27	11,74***	0,52	49	489,05669	Intercepto
						0,07861*	N2
						-81,82278*	Ln N2
	Ln B	27	38,81***	0,08	87	-104,10785	Intercepto
						-0,00594**	hdom
						-0,01673**	N2
						1,22891**	Ln Edad
						17,89285**	Ln N2
	Ln C	27	17,73***	0,13	84	-38,47189	Intercepto
						-2,16337**	Edad
						-0,07337**	hdom
						-0,00787*	N2
						28,07017**	Ln Edad
						0,07652**	N2/Edad
						0,00476*	Edad*hdom
Dos parámetros:							
	B	43	56,11***	13,79	74	42,82989	Intercepto
						91,14912***	Ln hdom
						-42,67044***	Ln N2
	C	43	12,11***	0,56	62	-78,94506	Intercepto
						0,55082**	Edad
						-2,33347*	Ln hdom
						-0,01050***	N2
						14,70769***	Ln N2
						-0,00199*	Edad*hdom

## Cuadro 8A. Continuación ...

Clase Sitio	Parám. Weibull	Tamaño Muestra	Fc	Desv. Est.	R <sup>2</sup> (%)	Coefficientes	Variables
IV							
Tres parámetros:							
A	11	37,09***	5,05	96	2342,11674	Intercepto	
					92,73319***	Edad	
					14,34547**	hdom	
					-869,54144**	Ln hdom	
					-0,68506***	Edad*hdom	
B	11	77,68***	6,11	98	-2064,38803	Intercepto	
					-71,01914**	Edad	
					-11,66968*	hdom	
					766,64054*	Ln hdom	
					-0,02079*	N2	
					0,55478**	Edad*hdom	
C	11	16,29**	0,24	96	-208,83922	Intercepto	
					1,38189*	Edad	
					3,97677*	Ln hdom	
					-0,01684*	N2	
					-36,66272**	Ln Edad	
					42,79158*	Ln N2	
					-0,16319**	N2/Edad	
Dos parámetros:							
Ln B	25	27,99***	0,05	90	-58,26502	Intercepto	
					-0,16409***	hdom	
					14,43868***	Ln hdom	
					-0,00227**	N2	
					-3,71262***	Ln Edad	
					3,04043**	Ln N2	
					0,00303***	Edad*hdom	
C	25	6,01**	0,35	61	109,63504	Intercepto	
					1,19690*	Edad	
					0,47039*	hdom	
					-33,43938*	Ln hdom	
					0,00089***	N2	
					-0,01200*	Edad*hdom	

N1 = número de árboles plantados por hectárea

N2 = número de árboles supervivientes por hectárea

hdom = altura dominante en decímetros

Ln = logaritmo natural

\* = significativo al 5 %

\*\* = significativo al 1 %

\*\*\* = significativo al 0,1 %

Cuadro 9A. Ambitos de validéz de las ecuaciones de rendimiento generadas para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Variable dependiente	Modelo Nº	Variable(s) independiente(s)	Mínimo	Máximo
Ln (hdom)	13	Edad (años)	5	20
Ln (IS)	14 y 15	Edad (años)	5	20
		hdom (m)	7	32
Ln (hdom)	16	Edad (años)	10	20
Ln (hdom)	17 a 19	Edad (años)	6	18
IS	20	PT	1	4
IS	21	DR	1	6
		pH5	4,3	5,5
		Mn5 (ug/ml)	2,6	51,8
		Zn5 (ug/ml)	0,2	5,7
		Cu5 (ug/ml)	0,8	3,3
IS	22	PT	1	4
		Limo50 (%)	16	54
Ln (h)	23	dap (cm)	8	50
Ln (h)	24	dap (cm)	7	37
Ln (h)	25	dap (cm)	4	35
Ln (h)	26	dap (cm)	4	28
N2	27	N1	890	2605
N2	28	N1	890	2500
N2	29	N1	1067	1927
N2	30	N1	931	2540
N2	31	N1	1067	1927
X24 y X93	32 y 33	Ln (E)	1,61	2,89
		Ln (N2)	6,60	7,85
		Ln (hdom)	1,96	3,45
		N2 / E	40,77	511,60

hdom = altura dominante, h = altura total, Ln = logaritmo natural

PT = posición topográfica en 1 = cima, 2 = pendiente superior, 3 = pendiente inferior, 4 = fondo plano

DR = drenaje interno en 1 = sin drenaje, 2 = muy lento, 3 = lento, 4 = promedio, 5 = rápido, 6 = muy rápido

pH5 = acidez hasta 5 cm. Mn5 = contenido de Mn hasta 5 cm

Zn5 = contenido de Zn hasta 5 cm, Cu5 = contenido de Cu hasta 5 cm. Limo50 = contenido de limo entre 30 y 50 cm

dap = diámetro con corteza a 1,3 m del suelo. N2 = número de arboles supervivientes. N1 = número de arboles plantados

X24 y X93 = percentiles 24 y 93 de la distribución diamétrica

Cuadro 10A. Tabla de rendimiento para rodales para aclareados de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I.

Edad (años)	N/ha	hdom (m)	dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc (m <sup>3</sup> /ha)	Vsc10 (m <sup>3</sup> /ha)	IMAG (m <sup>2</sup> /ha)	ICAG (m <sup>2</sup> /ha)	INAVTcc (m <sup>3</sup> /ha)	ICAVTcc (m <sup>3</sup> /ha)	IDR	S% Hart	Parámetros Weibull C	Parámetros Weibull B
0	1100													
6	1023	10,1	15,6	19,45	129,63	62,19	3,24		21,61		465	30,96	4,698711	165,0777
8	1023	13,1	17,8	25,39	178,63	124,18	3,17	2,97	22,33	24,50	580	23,87	4,845116	188,5526
10	1023	15,9	19,9	31,77	234,49	145,22	3,18	3,19	23,45	27,93	699	19,66	4,840193	210,8327
12	1023	18,6	21,8	38,27	293,93	200,83	3,19	3,25	24,49	29,72	814	16,81	4,792692	231,4237
14	1023	21,2	23,6	44,62	354,38	263,26	3,19	3,17	25,31	30,22	929	14,75	4,736347	250,1171
16	1023	23,7	25,1	50,64	413,54	329,21	3,17	3,01	25,85	29,58	1030	13,19	4,681612	267,0397
18	1023	26,1	26,5	56,63	473,61	400,59	3,15	3,00	26,31	30,03	1128	11,98	4,631429	282,3898
20	1023	28,5	28	62,82	536,83	480,00	3,14	3,09	26,84	31,61	1236	10,97	4,586888	296,7461

Nota: El ámbito de validez es de 10 a 18 años.

Distribución de la masa por edad y clase diamétrica (dap = punto medio de clase):

DISTRIBUCION AÑO 6

dap(cm)	≤7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
N/ha	33	59	112	173	214	204	141	65	19	3
h (dm)	98,7	114,3	128,6	141,8	154,3	166	177,2	187,9	198,2	208,1
G/ha	0,10	0,38	1,06	2,30	3,78	4,63	4,00	2,25	0,79	0,15
VTcc/ha	0,45	1,93	5,96	13,81	24,17	31,2	28,24	16,59	6,05	1,17
Vsc10/ha	0,08	0,47	1,80	4,96	10,11	14,89	15,16	9,90	3,97	0,84

DISTRIBUCION AÑO 8

dap(cm)	≤7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
N/ha	16	30	62	107	156	191	190	147	83	32	8	1
h (dm)	98,7	114,3	128,6	141,8	154,3	166	177,2	187,9	198,2	208,1	217,7	227
G/ha	0,05	0,19	0,59	1,42	2,76	4,34	5,39	5,09	3,45	1,57	0,46	0,07
VTcc/ha	0,21	0,98	3,30	8,54	17,62	29,21	38,05	37,52	26,41	12,46	3,75	0,56
Vsc10/ha	0,04	0,24	0,99	3,07	7,37	13,94	20,43	22,40	17,36	8,95	2,92	0,47

DISTRIBUCION AÑO 10

dap(cm)	≤7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
N/ha	9	18	37	67	105	144	171	172	142	92	45	16	4	1
G/ha	0,03	0,11	0,35	0,89	1,86	3,27	4,85	5,96	5,90	4,52	2,58	1,06	0,30	0,09
VTcc/ha	0,12	0,59	1,97	5,35	11,86	22,02	34,24	43,90	45,18	35,82	21,11	8,93	2,62	0,76
Vsc10/ha	0,02	0,14	0,59	1,92	4,96	10,51	18,39	26,21	29,70	25,72	16,45	7,50	2,37	0,74

## Cuadro 10A. Continuación

DISTRIBUCION AÑO 12																			
dap(cm)	19	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35					
N/ha	18	25	45	72	105	136	156	156	133	94	53	23	7	2					
G/ha	0,08	0,24	0,60	1,27	2,38	3,86	5,40	6,48	6,53	5,38	3,50	1,74	0,60	0,19					
VTcc/ha	0,39	1,33	3,59	8,13	16,06	27,24	39,81	49,64	51,79	44,10	29,57	15,08	5,34	1,76					
Vsc10/ha	0,10	0,40	1,29	3,40	7,67	14,63	23,77	32,63	37,18	34,35	24,84	13,60	5,15	1,80					
DISTRIBUCION AÑO 14																			
dap(cm)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39				
N/ha	31	32	53	78	106	130	144	142	122	90	55	27	10	3	1				
G/ha	0,17	0,42	0,94	1,77	3,01	4,50	5,98	6,97	6,99	5,94	4,15	2,31	0,96	0,32	0,12				
VTcc/ha	0,96	2,55	5,99	11,93	21,23	33,18	45,82	55,29	57,24	50,21	36,07	20,60	8,80	3,02	1,14				
Vsc10/ha	0,29	0,92	2,50	5,69	11,40	19,81	30,12	39,70	44,58	42,18	32,52	19,85	9,02	3,28	1,32				
DISTRIBUCION AÑO 16																			
dap(cm)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41			
N/ha	25	25	40	60	84	107	126	134	130	111	83	53	28	12	4	1			
G/ha	0,13	0,33	0,71	1,86	2,38	3,71	5,24	6,58	7,44	7,33	6,26	4,53	2,69	1,29	0,48	0,13			
VTcc/ha	0,75	2,00	4,52	9,18	16,82	27,31	40,09	52,18	61,00	61,92	54,44	40,45	24,64	12,08	4,58	1,29			
Vsc10/ha	0,22	0,72	1,89	4,38	9,03	16,30	26,35	37,46	47,51	52,02	49,08	38,96	25,26	13,14	5,26	1,56			
DISTRIBUCION AÑO 18																			
dap(cm)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43		
N/ha	19	20	32	48	68	89	108	122	126	119	101	75	49	27	13	5	1		
G/ha	0,10	0,27	0,57	1,09	1,93	3,08	4,49	5,99	7,21	7,86	7,62	6,41	4,71	2,90	1,55	0,66	0,15		
VTcc/ha	0,59	1,60	3,61	7,34	13,62	22,71	34,36	47,50	59,12	66,39	66,24	57,23	43,12	27,19	14,87	6,46	1,45		
Vsc10/ha	0,18	0,57	1,51	3,50	7,31	13,56	22,59	34,11	46,05	55,77	59,72	55,13	44,21	29,56	17,10	7,82	1,85		
DISTRIBUCION AÑO 20																			
dap(cm)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	
N/ha	16	16	26	40	56	75	93	108	117	118	109	91	68	45	26	13	5	2	
G/ha	0,09	0,21	0,46	0,91	1,59	2,60	3,86	5,30	6,70	7,79	8,23	7,78	6,54	4,84	3,11	1,72	0,73	0,32	
VTcc/ha	0,48	1,28	2,94	6,12	11,21	19,14	29,59	42,05	54,90	65,83	71,49	69,44	59,85	45,31	29,74	16,79	7,25	3,24	
Vsc10/ha	0,14	0,46	1,23	2,92	6,02	11,43	19,45	30,19	42,76	55,30	64,45	66,89	61,35	49,27	34,19	20,34	9,24	4,33	

Cuadro 11A. Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II.

Edad (años)	N/ha	hdom (m)	dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc ---(m <sup>3</sup> /ha)---	Vsc10 ---(m <sup>3</sup> /ha)---	IHAG ---(m <sup>2</sup> /ha)---	ICAG ---(m <sup>2</sup> /ha)---	IMAVTcc ---(m <sup>3</sup> /ha)---	ICAVTcc ---(m <sup>3</sup> /ha)---	IDR	S* Hart	Parámetros Weibull C	B
0	1100													
6	1023	8,8	14,1	16,02	76,19	29,17	2,67		12,7		393	35,53	4,658769	150,0292
8	1023	11,4	16,3	21,45	110,23	71,35	2,68	2,72	13,78	17,02	501	27,43	4,821130	173,3734
10	1023	13,8	18,4	27,23	149,54	76,29	2,72	2,89	14,95	19,65	613	22,66	4,818147	195,3640
12	1023	16,2	20,4	33,33	193,85	110,99	2,78	3,05	16,15	22,16	728	19,3	4,770377	216,3367
14	1023	18,4	22,1	39,16	238,42	149,75	2,8	2,91	17,03	22,28	833	16,99	4,712084	234,6470
16	1023	20,6	23,7	45,12	286,06	194,97	2,82	2,98	17,88	23,82	936	15,18	4,656458	251,7289
18	1023	22,7	25,1	50,71	332,69	242,49	2,82	2,8	18,48	23,31	1030	13,77	4,605503	267,1450
20	1023	24,7	26,5	56,38	380,92	294,89	2,82	2,84	19,05	24,12	1128	12,66	4,559662	281,1148

Nota: El ámbito de validez es de 6 a 18 años.

Distribución de la masa por edad y clase diamétrica (dap = punto medio de clase):

#### DISTRIBUCION AÑO 6

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23
N/ha	53	90	161	223	230	166	76	20	3
h (dm)	66,2	79,4	91,8	103,5	114,7	125,6	136,1	146,3	156,2
G/ha	0,15	0,57	1,53	2,96	4,06	3,77	2,15	0,69	0,12
VTcc/ha	0,46	2,03	6,08	12,91	19,2	19,11	11,63	3,96	0,75
Vsc10/ha	0,07	0,42	1,57	4,01	7,00	8,02	5,53	2,10	0,44

#### DISTRIBUCION AÑO 8

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
N/ha	24	45	90	147	197	210	169	96	35	8	1
h (dm)	66,2	79,4	91,8	103,5	114,7	125,6	136,1	146,3	156,2	165,9	175,3
G/ha	0,07	0,29	0,86	1,95	3,48	4,77	4,79	3,33	1,45	0,39	0,06
VTcc/ha	0,21	1,02	3,40	8,51	16,45	24,17	25,86	18,99	8,74	2,47	0,38
Vsc10/ha	0,03	0,21	0,88	2,64	6,00	10,14	12,29	10,09	5,14	1,60	0,27

#### DISTRIBUCION AÑO 10

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
N/ha	13	26	53	93	139	177	188	160	105	50	16	3
G/ha	0,04	0,17	0,5	1,23	2,46	4,02	5,33	5,54	4,36	2,45	0,92	0,20
VTcc/ha	0,12	0,59	2,00	5,38	11,61	20,37	28,77	31,64	26,21	15,45	6,02	1,36
Vsc10/ha	0,02	0,12	0,52	1,67	4,23	8,55	13,67	16,82	15,43	9,99	4,24	1,03

Cuadro 11A. Continuación...

DISTRIBUCION AFO 12																			
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33						
N/ha	26	34	61	95	132	161	168	148	106	59	25	7	1						
G/ha	0,11	0,32	0,81	1,68	3,00	4,56	5,82	6,15	5,20	3,38	1,65	0,53	0,09						
VTcc/ha	0,38	1,28	3,53	7,93	15,19	24,64	33,23	36,94	32,76	22,20	11,30	3,75	0,63						
Vsc10/ha	0,08	0,33	1,10	2,89	6,37	11,71	17,67	21,75	21,18	15,64	8,62	3,09	0,55						
DISTRIBUCION AFO 14																			
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35					
N/ha	18	24	43	69	100	129	150	153	134	99	60	29	10	3					
G/ha	0,08	0,23	0,57	1,22	2,27	3,66	5,20	6,36	6,58	5,67	3,96	2,19	0,86	0,29					
VTcc/ha	0,27	0,91	2,49	5,76	11,51	19,74	29,67	38,19	41,42	37,25	27,11	15,55	6,29	2,19					
Vsc10/ha	0,06	0,23	0,77	2,10	4,83	9,38	15,77	22,48	26,77	26,24	20,70	12,79	5,55	2,07					
DISTRIBUCION AFO 16																			
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39				
N/ha	32	32	52	77	103	127	140	139	122	92	58	30	13	4	1				
G/ha	0,17	0,42	0,92	1,75	2,92	4,40	5,82	6,82	6,99	6,08	4,38	2,57	1,25	0,43	0,12				
VTcc/ha	0,68	1,85	4,34	8,86	15,76	25,12	34,95	42,96	45,90	41,57	31,09	18,87	9,51	3,37	0,97				
Vsc10/ha	0,18	0,58	1,58	3,72	7,49	13,35	20,57	27,77	32,34	31,74	25,58	16,65	8,86	3,38	1,03				
DISTRIBUCION AFO 18																			
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41			
N/ha	25	26	41	61	84	106	124	132	128	110	83	54	29	13	5	1			
G/ha	0,13	0,35	0,72	1,38	2,38	3,67	5,15	6,48	7,33	7,27	6,26	4,62	2,79	1,40	0,60	0,13			
VTcc/ha	0,53	1,51	3,42	7,02	12,86	20,96	30,95	40,80	48,16	49,71	44,49	33,97	21,21	10,96	4,83	1,10			
Vsc10/ha	0,14	0,47	1,25	2,95	6,11	11,15	18,22	26,37	33,93	37,95	36,60	29,97	19,99	10,99	5,13	1,23			
DISTRIBUCION AFO 20																			
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43		
N/ha	21	21	34	50	70	90	109	121	125	117	98	74	48	27	13	5	2		
G/ha	0,11	0,28	0,60	1,13	1,98	3,12	4,53	5,94	7,16	7,73	7,40	6,33	4,62	2,90	1,55	0,66	0,29		
VTcc/ha	0,45	1,22	2,84	5,75	10,71	17,80	27,21	37,40	47,03	52,87	52,53	46,55	35,11	22,76	12,55	5,49	2,48		
Vsc10/ha	0,12	0,38	1,03	2,41	5,09	9,46	16,02	24,18	33,14	40,36	43,22	41,07	33,09	22,83	13,35	6,17	2,94		

Cuadro 12A. Tabla de rendimiento para rodales no aclareados de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III.

Edad (años)	N/ha	hdom (m)	dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc ---(m <sup>3</sup> /ha)---	Vsc10 ---(m <sup>3</sup> /ha)---	IMAG ---(m <sup>2</sup> /ha/año)---	ICAG ---(m <sup>2</sup> /ha/año)---	INAVTcc ---(m <sup>3</sup> /ha/año)---	ICAVTcc	IDR	S% Hart	Parámetros Weibull C	B
0	1100													
6	1023	7,4	12,3	12,24	45,13	13,81	2,04		7,52		313	42,25	4,596849	131,1037
8	1023	9,6	14,6	17,05	69,63	43,18	2,13	2,41	8,7	12,25	417	32,57	4,785394	154,6064
10	1023	11,7	16,7	22,41	99,92	42,93	2,24	2,68	9,99	15,15	521	26,72	4,787920	177,3363
12	1023	13,7	18,7	27,97	134,03	65,59	2,33	2,78	11,17	17,06	630	22,82	4,739081	198,0314
14	1023	15,6	20,4	33,40	169,79	92,28	2,39	2,72	12,13	17,88	728	20,04	4,679812	216,6176
16	1023	17,4	22,0	38,76	206,86	122,96	2,42	2,68	12,93	18,54	826	17,97	4,622209	233,2898
18	1023	19,2	23,4	44,17	246,00	157,86	2,45	2,71	13,67	19,57	916	16,28	4,570654	248,8539
20	1023	20,9	24,7	49,08	283,17	193,71	2,45	2,45	14,16	18,59	1003	14,96	4,524257	262,8661

Nota: El ámbito de validez es de 6 a 18 años.

Distribución de la masa por edad y clase diamétrica (dap = punto medio de clase):

DISTRIBUCION AÑO 6

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21
N/ha	100	156	241	261	180	70	13	1
h (dm)	52,6	64,4	75,7	86,6	97,1	107,4	117,5	127,3
G/ha	0,28	0,99	2,29	3,46	3,18	1,59	0,37	0,03
VTcc/ha	0,68	2,85	7,48	12,60	12,68	6,87	1,71	0,17
Vsc10/ha	0,10	0,53	1,76	3,60	4,28	2,68	0,76	0,08

DISTRIBUCION AÑO 8

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23
N/ha	43	77	144	211	234	186	96	29	4
h (dm)	52,6	64,4	75,7	86,6	97,1	107,4	117,5	127,3	137
G/ha	0,12	0,49	1,37	2,80	4,14	4,22	2,72	1,00	0,17
VTcc/ha	0,30	1,40	4,47	10,19	16,49	18,25	12,65	4,98	0,87
Vsc10/ha	0,04	0,26	1,05	2,91	5,56	7,12	5,62	2,48	0,48

DISTRIBUCION AÑO 10

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
N/ha	23	41	82	136	186	206	177	111	47	12	2
G/ha	0,07	0,26	0,78	1,81	3,29	4,68	5,02	3,84	1,95	0,59	0,11
VTcc/ha	0,16	0,75	2,54	6,57	13,10	20,21	23,32	19,05	10,26	3,27	0,67
Vsc10/ha	0,02	0,14	0,60	1,88	4,42	7,89	10,35	9,50	5,69	1,99	0,45



Cuadro 12A. Continuación ...

DISTRIBUCION AÑO 12															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31			
N/ha	40	52	89	132	169	183	162	112	58	21	5	1			
G/ha	0,17	0,49	1,18	2,33	3,84	5,19	5,61	4,65	2,85	1,20	0,33	0,08			
VTcc/ha	0,47	1,61	4,30	9,30	16,58	24,11	27,80	24,46	15,79	7,01	2,02	0,48			
Vsc10/ha	0,09	0,38	1,23	3,14	6,47	10,71	13,86	13,55	9,64	4,67	1,46	0,38			
DISTRIBUCION AÑO 14															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33		
N/ha	26	35	62	96	131	158	165	146	106	61	26	8	2		
G/ha	0,11	0,33	0,82	1,70	2,97	4,48	5,71	6,07	5,20	3,49	1,72	0,60	0,17		
VTcc/ha	0,31	1,09	2,99	6,76	12,85	20,82	28,32	31,89	28,86	20,35	10,49	3,85	1,13		
Vsc10/ha	0,06	0,26	0,86	2,28	5,02	9,24	14,12	17,67	17,61	13,58	7,60	3,01	0,96		
DISTRIBUCION AÑO 16															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
N/ha	20	26	46	72	102	130	149	150	131	96	58	28	10	3	1
G/ha	0,08	0,25	0,61	1,27	2,32	3,69	5,16	6,23	6,43	5,50	3,83	2,11	0,86	0,29	0,11
VTcc/ha	0,24	0,81	2,22	5,07	10,01	17,13	25,57	32,76	35,67	32,03	23,39	13,47	5,67	1,99	0,77
Vsc10/ha	0,04	0,19	0,64	1,71	3,91	7,60	12,75	18,15	21,77	21,37	16,96	10,55	4,78	1,79	0,74
DISTRIBUCION AÑO 18															
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
N/ha	35	35	56	81	107	129	141	137	117	87	54	28	11	4	1
G/ha	0,19	0,46	0,99	1,84	3,03	4,47	5,86	6,72	6,70	5,75	4,08	2,39	1,06	0,43	0,12
VTcc/ha	0,62	1,69	3,95	7,95	14,10	22,14	30,79	37,30	39,04	35,09	25,98	15,89	7,29	3,07	0,88
Vsc10/ha	0,15	0,48	1,33	3,10	6,26	11,04	17,06	22,77	26,04	25,44	20,35	13,38	6,57	2,95	0,90
DISTRIBUCION AÑO 20															
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
N/ha	28	28	45	66	89	111	127	132	125	104	76	48	25	11	4
G/ha	0,15	0,37	0,80	1,50	2,52	3,84	5,28	6,48	7,16	6,87	5,74	4,11	2,41	1,18	0,48
VTcc/ha	0,50	1,35	3,17	6,48	11,73	19,05	27,74	35,94	41,71	41,94	36,57	27,24	16,58	8,45	3,53
Vsc10/ha	0,12	0,39	1,07	2,53	5,21	9,50	15,37	21,93	27,82	30,41	28,64	22,93	14,94	8,12	3,61

Cuadro 13A. Tabla de rendimiento para rodales no aciaredos de Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV.

Edad (años)	N/ha	hdom (m)	dg (cm)	G (m <sup>2</sup> /ha)	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	IMAVTcc	ICAVTcc	IDR	% Hart	Parámetros Weibull
					---(m <sup>3</sup> /ha)---	---(m <sup>3</sup> /ha)---	---(m <sup>2</sup> /ha/año)---		---(m <sup>3</sup> /ha/año)---				C B
0	1100												
6	1023	6,1	10,4	8,63	25,71	6,18	1,44		4,29	8,59	236	51,25	4,505677 110,0002
8	1023	7,9	12,6	12,67	42,88	26,07	1,58	2,02	5,36		326	39,58	4,733615 133,3214
10	1023	9,6	14,7	17,31	65,09	23,23	1,73	2,32	6,51	11,11	421	32,57	4,743164 155,7320
12	1023	11,2	16,6	22,06	90,12	37,15	1,84	2,38	7,51	12,52	516	27,92	4,693565 176,0268
14	1023	12,7	18,3	26,88	117,55	54,59	1,92	2,41	8,4	13,71	608	24,62	4,632019 194,1543
16	1023	14,2	19,9	31,78	147,23	75,51	1,99	2,45	9,2	14,84	699	22,02	4,573884 211,0913
18	1023	15,7	21,4	36,69	178,67	99,96	2,04	2,45	9,93	15,72	789	19,91	4,522197 226,8699
20	1023	17,1	22,7	41,29	209,31	125,64	2,06	2,30	10,47	15,32	871	18,28	4,475520 240,9438

Nota: El ámbito de validez es de 6 a 18 años.

Distribución de la masa por edad y clase diamétrica (dap = punto medio de clase):

DISTRIBUCION AÑO 6

dap(cm)	≤ 7	9	11	13	15	17
N/ha	216	273	301	180	48	4
h (dm)	46,9	57,9	68,5	78,8	88,9	98,7
G/ha	0,58	1,74	2,86	2,39	0,85	0,09
VTcc/ha	1,27	4,47	8,44	7,89	3,09	0,36
Vsc10/ha	0,17	0,79	1,90	2,16	1,00	0,14

DISTRIBUCION AÑO 8

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21
N/ha	87	144	234	267	195	79	15	1
h (dm)	46,9	57,9	68,5	78,8	88,9	98,7	108,3	117,8
G/ha	0,25	0,92	2,22	3,54	3,45	1,79	0,43	0,03
VTcc/ha	0,53	2,36	6,56	11,71	12,56	7,11	1,82	0,16
Vsc10/ha	0,07	0,42	1,48	3,21	4,07	2,67	0,78	0,08

DISTRIBUCION AÑO 10

dap(cm)	57	9	11	13	15	17	19	21	23
N/ha	42	75	140	206	231	188	102	33	6
G/ha	0,12	0,48	1,33	2,73	4,08	4,27	2,89	1,14	0,25
VTcc/ha	0,26	1,23	3,92	9,03	14,88	16,93	12,37	5,23	1,21
Vsc10/ha	0,03	0,22	0,88	2,47	4,82	6,35	5,29	2,52	0,65

## Cuadro 13A. Continuación ...

DISTRIBUCION AÑO 12															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27					
N/ha	70	87	140	187	203	171	106	45	12	2					
G/ha	0,29	0,83	1,86	3,30	4,61	4,85	3,67	1,87	0,59	0,11					
VTcc/ha	0,74	2,44	6,14	12,04	18,28	20,73	16,81	9,11	3,04	0,62					
Vsc10/ha	0,13	0,55	1,68	3,90	6,86	8,86	8,08	4,88	1,79	0,40					
DISTRIBUCION AÑO 14															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31			
N/ha	47	58	97	141	174	181	153	101	49	17	4	1			
G/ha	0,19	0,55	1,29	2,49	3,95	5,13	5,30	4,20	2,41	0,97	0,26	0,08			
VTcc/ha	0,49	1,63	4,25	9,08	15,67	21,95	24,26	20,45	12,41	5,29	1,51	0,45			
Vsc10/ha	0,09	0,37	1,16	2,94	5,88	9,38	11,67	10,95	7,32	3,42	1,06	0,34			
DISTRIBUCION AÑO 16															
dap(cm)	59	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33		
N/ha	33	41	71	106	141	163	163	136	93	50	20	6	1		
G/ha	0,13	0,39	0,94	1,87	3,20	4,62	5,65	5,65	4,57	2,86	1,32	0,45	0,09		
VTcc/ha	0,34	1,15	3,11	6,83	12,69	19,76	25,85	27,54	23,55	15,56	7,53	2,70	0,53		
Vsc10/ha	0,06	0,26	0,85	2,21	4,76	8,45	12,43	14,74	13,90	10,06	5,29	2,05	0,44		
DISTRIBUCION AÑO 18															
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35		
N/ha	56	53	82	112	139	153	147	121	84	47	21	7	2		
G/ha	0,29	0,70	1,45	2,54	3,94	5,30	6,11	5,94	4,81	3,10	1,59	0,60	0,19		
VTcc/ha	0,87	2,32	5,28	10,08	16,85	24,26	29,77	30,63	26,14	17,70	9,46	3,73	1,25		
Vsc10/ha	0,20	0,64	1,71	3,78	7,21	11,67	15,93	18,09	16,90	12,44	7,19	3,05	1,09		
DISTRIBUCION AÑO 20															
dap(cm)	511	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	
N/ha	43	42	65	92	118	137	143	132	107	73	42	19	7	2	
G/ha	0,23	0,56	1,15	2,09	3,35	4,75	5,94	6,48	6,13	4,82	3,17	1,63	0,67	0,22	
VTcc/ha	0,67	1,84	4,19	8,28	14,31	21,73	28,96	33,42	33,30	27,50	18,92	10,12	4,37	1,45	
Vsc10/ha	0,15	0,50	1,36	3,11	6,12	10,45	15,50	19,73	21,52	19,32	14,38	8,28	3,83	1,35	