PN-ABF-214

GUIA PARA EL MANEJO DE PLANTACIONES DE PINO CARIBE

EN LA YEGUADA, P

Wimam Vásquez
Rodolfo Sellazar

Serie Técnica
INFORME TECNICO No. 138

GUIA PARA EL MANEJO DE LAS PLANTACIONES DE PINO CARIBE EN LA YEGUADA, PANAMA

William Vásquez
Rodolfo Salazar

Publicación patrocinada por el
Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA)
CATIE-ROCAP 596-0117

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)
Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido
Area de Producción Forestal y Agroforestal
Turrialba, Costa Rica, 1989

2

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

© 1988, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

ISBN 9977-57-049-3

Portada: **Plantaciones de pino caribe en La Yeguada, Panamá, sobre un camino de acceso**

634.9751097287
V335G Vásquez, William
Guía para el manejo de las plantaciones de pino caribe en La Yeguada, Panamá / William Vásquez, Rodolfo Salazar. -- Turrialba, C.R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, 1988.
45 p. ; 28 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 138)

ISBN 9977-57-049-3

1. Pinos - Panamá - La Yeguada 2. Panamá - La Yeguada - Pinos I. Salazar, Rodolfo II. CATIE. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido III. Título IV. Serie

CONTENIDO

RESUMEN/SUMMARY 8

INTRODUCCION 9

1. DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SITIO 11

El índice de sitio y las clases de sitio 11
Ejemplo para estimar el índice de sitio con base en la altura dominante y la edad 14
Estimación del índice de sitio para áreas sin plantación 17
Ejemplo para estimar el índice de sitio con base en la posición topográfica y características del suelo 19

2. ESTIMACION Y PREDICCION DEL RENDIMIENTO 22

Tablas de rendimiento por clase de sitio 22
¿Cómo utilizar las tablas de rendimiento y cuáles son sus limitaciones? 23

3. MANEJO DE PLANTACIONES 25

Propuesta de aclareo por clase de sitio 25
Ejemplo de como realizar el aclareo 29
¿Cómo marcar los árboles a cortar? 31

BIBLIOGRAFIA 36

ANEXOS 39

Lista de Anexos

1. Tabla para determinar el índice de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* en La Yeguada, con base en altura dominante y edad 41
2. Tabla para determinar el índice de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* en La Yeguada, con base en la posición topográfica y el contenido de limo entre 30 y 50 cm 42
3. Areas potenciales para plantaciones de *Pinus caribaea* en Panamá 43
4. Resumen de las funciones de rendimiento para *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá 44
5. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I 45
6. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II 47
7. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III 49
8. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV 51
9. Ambitos de validez de las ecuaciones de rendimiento generadas para *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá 53

Lista de Figuras

1 Evolución de la altura dominante para *P. caribaea* var *hondurensis* en diferentes países 13

2 Curvas de altura dominante por clases de sitios para *P. caribaea* var *hondurensis* en La Yeguada, Panamá 14

3 Rodal de *Pinus caribaea* de 17 años de edad en la Clase de sitio I. La Yeguada, Panamá 15

4 Rodal de *Pinus caribaea* de 16 años de edad en la Clase de sitio IV. La Yeguada, Panamá 15

5 Determinación de la posición topográfica (PT) para *P. caribaea* var *hondurensis* en Reserva Forestal La Yeguada, Panamá 17

6 Crecimiento en área basal para *P. caribaea* var *hondurensis* en La Yeguada, Panamá 26

7 Sistema de marcación en cajas para la selección de los árboles a extraer 32

8 Selección de árboles a extraer en la ejecución del aclareo 32

9 Distribución del aclareo 33

10 Sentido de marcación del aclareo 33

11 Aclareo de orilla de rodal en zonas de viento fuerte 34

12 Influencia de la pendiente sobre la intensidad del aclareo 35

6'

Lista de Cuadros

1 Clases de sitio para *P. caribaea* var. *hondurensis* en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá 13

2 Propuesta de aclareo para *P. caribaea* var. *hondurensis* en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá 28

AGRADECIMIENTO

La toma de información en la actividad forestal es un proceso largo y costoso en el cual participan una gran cantidad de personas, sin cuyo esfuerzo no sería posible la publicación de trabajos como este.

Para el desarrollo del presente trabajo, se contó con la participación, desde 1978, del personal del entonces Departamento de Recursos Naturales Renovables (DRNR) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Turrialba, Costa Rica, técnicos del Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) de Panamá y del personal destacado en La Yeguada, Panamá.

Los autores dejan constancia de su reconocimiento a todas estas personas que, durante los últimos 10 años, en forma directa o indirecta, han colaborado en la instalación de las parcelas, mantenimiento, medición y grabación y análisis de los datos. Asimismo agradecen al Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple por el apoyo técnico y financiero para llevar a cabo esta publicación.

RESUMEN

La Reserva Forestal La Yeguada en Panamá fue creada en setiembre de 1960. Con un área total de 1615 ha plantadas hasta 1982, constituye una de las áreas de bosque artificial de pino más grandes de América Central. Este documento ofrece al técnico forestal una guía sencilla para clasificar la calidad de las tierras plantadas con pino, evaluar el rendimiento en volumen y ejecutar el manejo eficiente de las plantaciones de La Yeguada.

El presente trabajo se divide en tres partes, con un ejemplo práctico al final de cada una de ellas. En la primera, se describe la técnica para determinar la calidad de sitio en áreas con o sin bosque de pino, en la segunda parte se muestra cómo utilizar las tablas de rendimiento para estimar y predecir el rendimiento presente y futuro en volumen por clase de sitio, y en la última sección, se propone un sistema de aclareo por clase de sitio con un sistema de marcación práctico.

SUMMARY

The La Yeguada Forest Reserve in Panama was created in September 1960. By 1982 the 1615 ha of pine plantation had made it one the largest man made forests in Central America. This document offers the forest technician a simple guide for site classification, prediction of volumen yield and implement a management program for the pine plantations in the Reserve. This work was divided into three sections with a practical example at the end of each one. The first part shows how to determine the site class in areas with or without pine forests, the second part demonstrates how to use the yield tables to predict present and future yield for the site class of interest, and the last part proposes a practical thinning schedule.

INTRODUCCION

La cubierta forestal de Panamá disminuyó de un 70 por ciento en 1947, cuando se podía catalogar como uno de los países con mayor riqueza forestal, a un 50 por ciento en 1974. En 1980 la cubierta forestal se estimó entre 38 y 45 por ciento (29 000 a 35 000 km^2). La deforestación alcanza un total de 40 000 a 50 000 ha por año, debido principalmente al avance de la agricultura, lo que ocasiona importantes cambios en los balances hídricos de las principales cuencas y acelera la erosión de muchas tierras en Panamá (Boyer et al., 1980).

El 23 por ciento del territorio nacional (18 mil km^2) está ocupado por tierras deforestadas no aptas para la agricultura o el pastoreo, ubicadas la mayoría en la región del Pacífico Central y en parte de la Península de Azuero (Mayo Méndez, 1979; citado por Boyer et al.,1980). En estas áreas la reforestación parece ser una de las pocas opciones para utilizar y rehabilitar estos suelos degradados. El *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, entre otras especies, demostró buena adaptación y potencial para una extensa región al oeste de la Ciudad de Panamá. Esta especie es una de las más ampliamente plantadas en el trópico y subtrópico, abajo de los 900 msnm, debido a que se adapta bien a suelos degradados por el mal uso (FAO, 1980).

La reforestación en Panamá ha contribuido muy poco a aliviar el problema de la deforestación. Hasta 1979 solamente 4500 ha habían sido plantadas, la mayoría con *P. caribaea*; y el 25 por ciento en la Reserva Forestal La Yeguada (Lao, 1985). Esta reserva, ubicada en la provincia de Veraguas sobre la Cordillera Central de Panamá, fue creada en setiembre de 1960. Luego de probar varias especies (Howell, 1972), en 1967 se iniciaron las plantaciones con *P. caribaea* (la especie de crecimiento mayor) y hasta 1982 se habían plantado un total de 1615 ha, constituyendo una de las plantaciones más grandes de América Central (FAO, 1984).

Actualmente la edad de estas plantaciones oscila entre 2 y 20 años. El manejo recibido ha estado limitado a limpias anuales con una poda ocasional, con apoyo del sistema de alimentos por trabajo del Programa Mundial de Alimentos (PMA).

A pesar que el manejo recibido por las plantaciones hasta la fecha ha sido mínimo, el estado fitosanitario del bosque es bueno y la mortalidad por competencia entre árboles es baja (≤ 16%). Sin embargo, debido a que no se ha implementado ninguna estrategia de manejo, los árboles tienden a reducir el crecimiento, y es posible una pérdida de volumen debida a la mortalidad causada por competencia, plagas o enfermedades.

Para lograr el manejo eficiente de cualquier plantación, es necesario determinar las diferentes calidades de sitio sobre las cuales crece la especie de interés, para luego concentrar el manejo en los sitios más productivos. Así, los sitios menos productivos pueden ser corregidos, eliminados del sistema de producción, o disminuir la intensidad de manejo.

Este documento ofrece al técnico forestal: 1) una guía para clasificar la calidad de las tierras con o sin bosques de pino, 2) tablas de rendimiento de pino por clase de sitio, y 3) una propuesta de aclareo para manejar las plantaciones de pino en La Yeguada. Para facilitar el uso de los modelos desarrollados, al final de cada sección se ofrece un ejemplo numérico.

1. DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SITIO

Los métodos para clasificar la calidad de sitio se dividen en directos e indirectos. En los primeros, la calidad de sitio se estima en función de datos históricos de rendimiento, crecimiento en altura dominante o índice de sitio, o con base en datos de crecimiento entre los nudos del árbol. Los indirectos utilizan relaciones entre especies, características de la vegetación inferior o factores topográficos, edáficos y climáticos y se usan cuando no existe bosque de la especie de interés creciendo en el terreno a evaluar (Clutter et al, 1983).

En rodales coetáneos la altura dominante o máxima, que se define como la altura promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea, es considerada la mejor medida de la productividad del sitio; ya que para muchas especies forestales, dentro de ciertos límites de edad, la altura dominante es poco afectada por la densidad del rodal, y está estrechamente relacionada con la producción en volumen (Hagglund, 1981; Clutter et al., 1983).

El objetivo del índice de sitio, definido como la altura dominante de un rodal a una edad base, es comparar dicha altura dominante entre diferentes rodales a la misma edad (a mayor altura dominante mejor calidad de sitio), para clasificar los sitios según su calidad.

El índice de sitio y las clases de sitio

Para desarrollar la técnica de clasificación de sitios y la ecuación de rendimiento, fueron utilizadas 38 parcelas permanentes, establecidas desde 1978 en la reserva. La metodología para desarrollar la técnica de clasificación de sitios y las tablas de rendimiento es detallada por Vásquez (1987).

El primer paso para estimar la calidad de sitio en las plantaciones de La Yeguada fue observar el desarrollo de la altura dominante con respecto a la edad. Para conocer esta relación se desarrolló la ecuación (1) que permitió definir la curva promedio de evolución en altura dominante para dichas plantaciones.

$$\text{Ln}(\text{hdom}) = 10{,}2958 - 10{,}1558/E^{0{,}1103} \qquad (1)$$

$$R^2 = 63\%$$

donde:

Ln = logaritmo natural base e

hdom = altura dominante en metros

E = edad del rodal en años

R^2 = coeficiente de determinación

La Figura 1 muestra la evolución promedio en altura dominante, obtenida con base en la ecuación (1). Este modelo fue utilizado para desarrollar la ecuación (2); con el cual se obtiene el índice de sitio a la edad base seleccionada (15 años), la más próxima al turno de rotación y alcanzada por la mayoría de parcelas. Con la ecuación (2) se estimó el índice de sitio para cada parcela.

$$Ln(IS) = Ln(hdom) + 10{,}1558\,(E^{-0{,}1103} - 15^{-0{,}1103}) \qquad (2)$$

donde:

Ln	=	logaritmo natural base e
IS	=	índice de sitio a la edad base de 15 años en metros
hdom	=	altura dominante en metros
E	=	edad del rodal en años

El índice de sitio a esta edad base, estimado con la ecuación (2), varió desde 11,4 hasta 27,1 m lo que correspondería a un incremento medio anual en altura dominante que va desde 0,75 hasta 1,81 m/año, del peor al mejor sitio respectivamente. Para esta especie en Costa Rica y Venezuela, Ortega (1986) y Tobar (1976) informaron de incrementos medios anuales en altura dominante de 1,5 y 1,6 m/año, en los sitios menos productivos y de 2,4 y 2,0 m/año en los más productivos, a la edad de ocho y nueve años, respectivamente, los cuales son comparativamente superiores a los de La Yeguada.

Los incrementos bajos en altura dominante en La Yeguada y la comparación de la curva de evolución promedio para esta altura, con la de diferentes países donde esta especie se ha plantado como exótica (Fig. 1), muestra la productividad baja de los sitios en la reserva.

Aunque el índice de sitio es adecuado para definir la calidad de un terreno, es usual agrupar varios índices de calidad similar y formar clases de sitio. Estas clases de sitio facilitan la clasificación de las plantaciones para el manejo.

Como el ámbito de índices de sitio desarrollados varió de 11,4 a 27,1 m se decidió agruparlos en cuatro clases de sitio usando una amplitud de clase de 3 m (Cuadro 1).

La poca extensión de las plantaciones en la reserva y la gran variación de sitios en distancias cortas, debida a las condiciones topográficas, sugieren que el número de clases de sitio a definir sean pocas, ya que 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 mayor de clases.

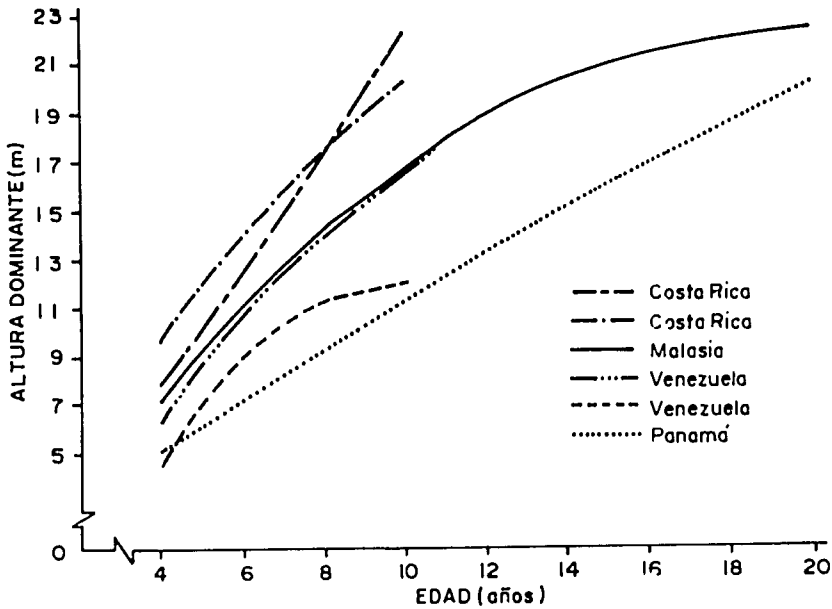


Figura I. Evolución de la altura dominante para P. caribaea var. hondurensis en diferentes países

Cuadro 1. Clases de sitio para *P. caribaea* var. *hondurensis* en La Reserva Forestal La Yeguada, Panamá

Clase de Sitio	Indice de sitio (m)
I	≥ 21,0
II	18 - 20,9
III	15 - 17,9
IV	≤ 14,9

Indice de sitio = altura dominante a los 15 años

Sin embargo, la existencia de dos parcelas con índice de sitio de 26 y 27 m en la clase de sitio I, deja evidencia de que existe una clase de sitio mejor, la cual por falta de un número suficiente de parcelas permanentes no fue posible considerar.

Para hacer una estimación más precisa de la altura dominante, para cada clase de sitio fue ajustada una ecuación. En la Figura 2 se presentan las curvas de altura dominante en función de la edad. Cada curva representa el valor de la altura dominante promedio a diferentes edades.

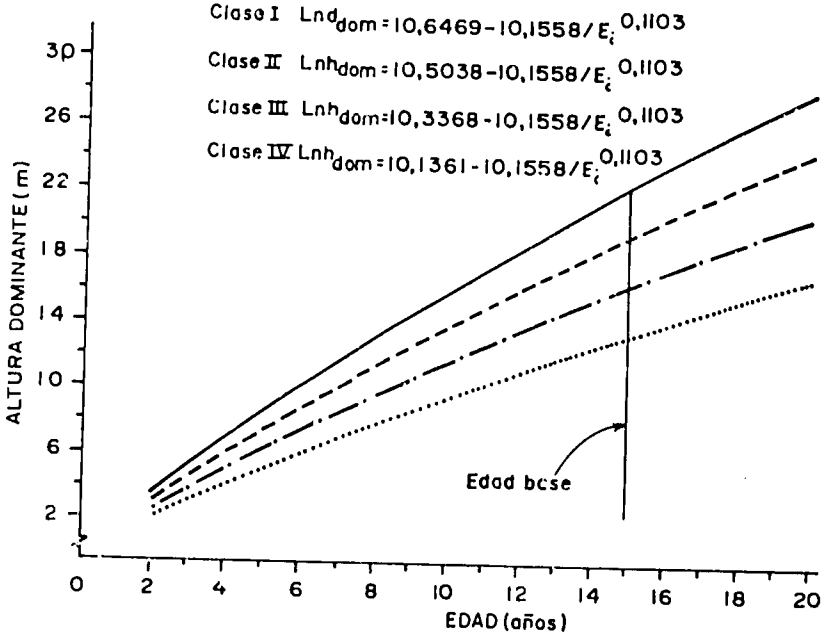


Figura 2. Curvas de altura dominante por clases de sitios para P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, Panamá

Para mostrar las diferencias entre las clases de sitio definidas, las fotografías de las Figuras 3 y 4 muestran rodales representativos de las clases de sitio I y IV. Ambos rodales son de igual edad (16 a 17 años) y en ellos se observa la diferencia en tamaño de los árboles y la densidad del rodal.

Ejemplo para estimar el índice de sitio con base en la altura dominante y la edad

Si se necesita estimar la clase de sitio de un rodal de pino, como primer paso se ubica en la plantación un área con condiciones topográficas y crecimiento homogéneo y por medición se obtiene la altura dominante promedio de ese rodal. Suponiendo que el rodal fue plantado a 3 m x 3 m y tiene un área aproximada de 4600 m^2, para estimar la altura dominante se debe medir la altura de aproximadamente 46 árboles dominantes (uno por cada 100 m^2), los cuales deberán estar bien distribuidos en toda el área y ser individuos sanos y sin defectos. A continuación se determina la edad lo más exactamente posible ya que ésta es

Figura 3. Rodal de *Pinus caribaea* de 17 años de edad en la Clase de sitio I. La Yeguada, Panamá

Figura 4. Rodal de *Pinus caribaea* de 16 años de edad en la Clase de sitio IV. La Yeguada, Panamá

indispensable para calcular el índice de sitio. Para este ejemplo, dado que se conoce el mes de plantación, la edad del rodal es 16 años y 6 meses, es decir 16,5 años. En caso que solo se conozca el año de plantación, la edad del rodal será un número entero. Cuando no se disponga de registros y otros medios para determinar la edad, el conteo de anillos sobre un disco de madera obtenido de un árbol dominante puede ayudar.

Como resultado de la medición se obtuvo una altura dominante promedio de 20,5 m. Para obtener el índice de sitio de este rodal, se sustituyen estos valores en la ecuación (2):

$$Ln\ (IS) = Ln\ (20,5) + 10,2958 * (16,5^{-0,1103} - 15^{-0,1103})$$

Sacando logaritmo y elevando a potencia:

$$Ln\ (IS) = 3,020425 + (-0,0798677)$$

Sumando y obteniendo el valor de la función exponencial se obtiene:

$$Ln\ (IS) = 2,94056$$
$$IS = 18,9\ m$$

Para facilitar el cálculo del índice de sitio a través de esta ecuación, también se puede hacer uso de la tabla del Anexo 1.

Este índice de sitio de 18,9 m se interpreta como la altura dominante del rodal a los 15 años de edad. Con este índice y haciendo uso de los valores límites del Cuadro 1, se concluye que el rodal en estudio pertenece a la clase de sitio II.

Si la plantación presenta rodales con diferentes condiciones de crecimiento así como diferentes edades, se repite el proceso anterior para cada una de estas condiciones y de esta forma se logra determinar a qué clase de sitio pertenece cada área o condición del bosque.

No importa si el rodal que se considera es más joven o más viejo que la edad base; conociendo la altura dominante y la edad se puede calcular el índice de sitio o altura dominante a los 15 años.

Una vez determinadas las clases de sitio, se debe elaborar un mapa de clases de sitio de la plantación. Este mapa permite hacer una planificación de los trabajos de mantenimiento y manejo que cada clase de sitio requiera, como por ejemplo, mantenimiento y fertilización en las clases más pobres, aclareos y podas en las clases mejores.

Aunque las diferencias pequeñas entre sitios en los contenidos de Mn, Zn y Cu no parecen importantes desde el punto de vista práctico, sí fueron determinantes en la estimación del índice del sitio. La calidad de sitio varía en forma proporcional positiva para todas las variables (mejores sitios aquellos con mayor disponibilidad de Mn y Cu) con excepción del contenido de Zn que influye en forma negativa (a mayor disponibilidad de Zn más bajo el índice de sitio).

El Anexo 9 presenta los valores máximos y mínimos de las variables utilizadas en las ecuaciones (3), (4) y (5). Extrapolaciones fuera de estos límites pueden ser riesgosas.

Ejemplo para estimar el índice de sitio con base en la posición topográfica y características del suelo

La ecuación (3) se debe utilizar cuando se quiere una estimación rápida pero poco precisa del índice de sitio, mientras que las ecuaciones (4) y (5), deberán utilizarse cuando se dispone de tiempo y dinero para enviar muestras de suelo al laboratorio más cercano, donde determinen el pH, los contenidos de Mn, Zn y Cu de 0 a 5 cm y/o el contenido de limo entre 30 y 50 cm. Las ecuaciones (3), (4) y (5) no incluyen la clase de sitio I debido al poco número de parcelas con que se contó en esta clase.

Haciendo uso de la posición topográfica (Fig. 5) y la ecuación (3), el técnico forestal puede determinar que la clase de sitio es IV para los terrenos ubicados en la cima (PT = 1, IS = 14), III para los ubicados en la pendiente superior (PT = 2, IS = 16,2) y II para los terrenos ubicados en la pendiente inferior o fondo (PT = 3 y 4, IS = 18,3 y 20,5).

De las ecuaciones (4) y (5) anteriores, la ecuación (4) parece la más fácil de aplicar pues con solo conocer dos variables de un terreno homogéneo, es posible determinar el índice de sitio con precisión.

Si se necesita estimar el índice de sitio de un terreno a reforestar con pino, haciendo uso de la ecuación (4) se aplica el procedimiento siguiente:

1) Seleccionar un terreno homogéneo en cuanto a condiciones topográficas que puedan afectar el índice de sitio.

2) Definir la posición topográfica de esta área (Fig. 5).

3) Tomar cinco muestras de suelo de entre 30 y 50 cm de profundidad de cada área de terreno homogénea ya definida; estas muestras se mezclan para obtener una muestra compuesta y determinar el porcentaje de limo. Para una descripción rápida de la textura se puede utilizar la determinación al tacto.

Proyecto Para Mex

4) Con los datos anteriores se utiliza la ecuación (4) para calcular el índice de sitio.

Por ejemplo, si el sitio de interés se encuentra en la pendiente inferior, PT = 3, y el contenido de limo entre 30 y 50 cm según la determinación es de 20 por ciento; sustituyendo en la ecuación (4):

$$IS = 15{,}574 + 1{,}844 * PT - 0{,}124 * Limo50$$

Sustituyendo se tiene:

$$IS = 15{,}574 + 1{,}844 * 3 - 0{,}124 * 20$$
$$IS = 15{,}574 + 3{,}062$$
$$IS = 18{,}6 \text{ m}$$

Así se estima que en ese sitio el pino podrá alcanzar una altura dominante de 18,6 m a los 15 años de edad. De acuerdo con los límites de clase de sitio del Cuadro 1 esta área clasifica dentro de la clase de sitio II.

Para facilitar el cálculo del índice de sitio, el Anexo 2 presenta los índices tabulados, los cuales deben ser comparados con los del Cuadro 1, para obtener la clase de sitio.

Si requiere de cálculos más precisos, se usa la ecuación (5). En este caso se utiliza el mismo sistema de muestreo para determinar el pH, los contenidos de Mn, Cu y Zn hasta 5 cm de profundidad y el drenaje interno. Estos valores se sustituyen en la ecuación (5) y se obtiene el índice de sitio.

En resumen, las plantaciones en la Reserva Forestal La Yeguada pueden catalogarse como poco productivas al compararlas con otras plantaciones en otros países. Sin embargo, es la especie que se ha adaptado mejor a estos suelos degradados.

Para determinar índices de sitio de terrenos con o sin bosque de pino, el primer paso es definir áreas lo más homogénea posible en cuanto a condiciones topográficas y de crecimiento. Con datos de altura dominante y edad, o de posición topográfica, contenido de limo entre 30 y 50 cm de profundidad de suelo, pH, o contenido de Mn, Zn y Cu hasta 5 cm de profundidad del suelo, es posible calcular el índice de sitio aplicando las ecuaciones (2), (3), (4) y (5), y la clase de sitio utilizando los datos del Cuadro 1.

Con base en la evaluación de ensayos realizada por FAO (1980) existe una amplia disponibilidad de tierras degradadas debido a la presión agropecuaria y uso del fuego en las zonas de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-P) y de bosque húmedo tropical (bh-T) al oeste de la ciudad de Panamá hasta la frontera con Costa Rica, que ofrecen las mejores posibilidades de uso óptimo con esta especie, con bajos costos de plantación y mantenimiento.

En el Anexo 3 se observa el área potencialmente disponible para plantaciones de esta especie al oeste de la ciudad de Panamá, el cual fue elaborado con base en el mapa ecológico presentado en el informe de FAO (1980). En la zona de vida bmh-P se disponen de 15 200 Km^2 donde las ecuaciones (3), (4) y (5) son válidas y en la zona de vida bh-T se disponen de 24 530 Km^2, siempre al oeste de la ciudad de Panamá, donde estas ecuaciones podrían utilizarse en forma preliminar para clasificar la calidad de estos suelos para pino, áreas recomendadas por FAO (1980).

2. ESTIMACION Y PREDICCION DEL RENDIMIENTO

Hasta aquí han sido desarrollados los índices y las clases de sitio para determinar el potencial de crecimiento de la especie. Ahora es necesario cuantificar el rendimiento de la especie en términos de volumen.

El crecimiento y rendimiento de un bosque puede ser calculado con tres niveles de detalle: rodal completo, clase diamétrica y árbol individual (Alder, 1980; Meldahl, 1986).

Para las plantaciones de La Yeguada se utilizó el sistema de clases diamétricas, pues combina las ventajas del sistema de cálculo a nivel de rodal, que es relativamente simple, con información sobre la distribución del volumen por clase diamétrica, que es una ventaja de los sistemas a nivel de árbol individual. Bajo este procedimiento el tiempo requerido para procesar los datos es poco (Munro, 1974 citado por Mowrer, 1986; Burk y Burkhart, 1984).

En los sistemas de análisis a nivel de clase diamétrica, se utilizan funciones de distribución para predecir el número de árboles en cada clase diamétrica. La distribución de los diámetros para todas las clases diamétricas se debe ajustar al modelo de distribución seleccionado. Para el presente estudio se utilizó la función de distribución Weibull (Bailey y Dell, 1973).

Tablas de rendimiento por clase de sitio

Las tablas de rendimiento por clase de sitio presentes en los Anexos 5 al 8, son el resultado de aplicar el modelo de rendimiento a nivel de clase diamétrica, modelo que consiste en una serie de más de 15 ecuaciones cuyo detalle se muestra en el Anexo 4.

Las tablas de rendimiento por clase de sitio fueron generadas para rodales no aclarados con una densidad inicial promedio de 1100 árboles por hectárea. En la parte superior se presenta el detalle del rendimiento a nivel de rodal y el detalle a nivel de clase diamétrica en la parte inferior.

Para facilitar el uso de estas tablas se ha desarrollado el siguiente ejemplo:

¿Cómo utilizar las tablas de rendimiento y cuáles son sus limitaciones?

Para estimar el volumen total de un rodal no aclarado de pino utilizando las tablas de rendimiento (Anexos 5 al 8), el primer paso es determinar la clase de sitio a la que pertenece este rodal, mediante los procedimientos detallados en la sección 2.

A manera de ejemplo, si se tiene un rodal homogéneo cuya altura dominante es de 8,5 m a los 6 años de edad, aplicando la ecuación (2) se estima que el índice de sitio de este rodal es de 19 m y corresponde a la clase de sitio II. En la tabla de rendimiento del Anexo 6, que corresponde a esta clase de sitio, se observa que a esta edad, el rodal tiene una altura dominante de 8,8 m; un diámetro cuadrático promedio (dg) de 14,1 cm, un área basal (G) de 16,02 m^2/ha, un volumen total con corteza (VTcc) de 76,19 m^3/ha y un volumen comercial sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior (Vsc10) de 29,17 m^3/ha. Si desea corroborar los datos de la tabla, se puede medir el dap a una muestra de árboles y estimar el G/ha y el dg.

Hasta aquí se ha estimado el rendimiento por hectárea a nivel de rodal. La sección inferior de la tabla para el mismo rodal a la edad de 6 años ayuda a calcular la distribución del volumen total por clase diamétrica y/o por tipo de producto. Por ejemplo, si se desea estimar el volumen de madera aserrable en trozas con diámetros superiores a 18 cm, se busca el diámetro inmediatamente superior en la línea correspondiente al dap, en esta columna se va hasta la línea de volumen sin corteza (Vsc10/ha) y se suman estos volúmenes (5,53 + 2,10 + 0,44 m^3/ha), el resultado es 8,07 m^3/ha.

Si se quiere estimar el volumen y número aproximado de postes por hectárea con diámetro menor entre 10 y 14 cm, ubíquese entre los dap 11 y 13 cm y sume los volúmenes sin corteza (Vsc10/ha) (1,57 + 4,01 m^3). El resultado es un volumen de 5,58 m^3/ha, el cual está distribuido en 384 árb/ha (161 + 223 árb/ha) con alturas totales que van de 9,2 a 10,4 m. Suponiendo que el rodal del ejemplo tiene una altura promedio de 9,7 m*, en promedio será posible obtener 4 postes de 2,1 m de largo por árbol; es decir, 1536 postes por hectárea.

Además de utilizar la tabla como una simple herramienta para conocer el volumen total o el volumen por tipo de producto, se puede estimar el rendimiento futuro cada dos años hasta los 18 años de edad. Así por ejemplo, en la misma plantación anterior sin manejo, a los 18 años (Anexo 6), este rodal tendrá 1023 árboles con un diámetro promedio aproximado de 25,1 cm y 242,4 m^3/ha de volumen comercial.

---

* Estos cálculos están hechos con base en la altura total. Para estimaciones más precisas considere que el diámetro a 10 cm se obtiene a una altura menor.

Es posible hacer el mismo tipo de estimaciones para un terreno sin bosque, cuya clase de sitio haya sido estimada mediante las ecuaciones (3), (4) ó (5). Se puede estimar el rendimiento esperado de un rodal no aclarado en cualquiera de las clases de sitio ya definidas y para un período que en la mayoría de los casos va de 6 a 18 años.

Otro uso que es posible dar a estas tablas de rendimiento es en la elaboración de inventarios forestales. El procedimiento en este caso es realizar el inventario forestal una vez y comparar los resultados con las tablas de rendimiento para ver en cuanto sobreestiman el volumen por clase de sitio. Sucesivos inventarios pueden evitarse de esta manera.

Entre las limitaciones más importantes de estas tablas, que el técnico debe considerar, está el ámbito de validez en edad de las mismas. Fuera de estos límites las estimaciones se convierten en extrapolaciones y no tienen validez estadística. Al pie de cada tabla están indicados los ámbitos de validez y aunque se brindan datos para otros años, estos deben ser considerados como simple ilustración. El Anexo 9 resume los ámbitos de validez de las ecuaciones de rendimiento del Anexo 4.

Es muy importante aclarar que las tablas de rendimiento que se presentan en este documento son aplicables exclusivamente a los rodales no aclarados de *P. caribaea* var. *hondurensis*, de La Reserva Forestal La Yeguada.

Si se tiene un rodal con edad diferente a las consideradas en las tablas deberá hacerse una interpolación para estimar los valores de volumen a nivel de rodal y/o clase diamétrica.

A pesar de que en el desarrollo del modelo se consideraron densidades de plantación de 890 a 2600 árboles por hectárea, la variación del rendimiento no fue proporcional, por lo que se sugiere usar las tablas para plantaciones con densidad inicial entre 900 y 1300 árboles por hectárea.

Para recapitular lo anterior se puede decir que, el crecimiento y rendimiento de un bosque puede ser estimado con tres niveles de detalle: el rodal completo, la clase diamétrica y el árbol individual.

Una vez determinada la clase de sitio a través del índice de sitio para terrenos con o sin plantación, es posible utilizar las tablas de rendimiento (Anexos 5 al 8) para rodales no aclarados, con las cuales se puede estimar no solo el volumen y la estructura actual del bosque, sino el volumen y la estructura futura del mismo.

El ámbito de validez para las edades utilizadas en el desarrollo de éstas tablas de rendimiento, es una de las limitaciones más importantes que debe tenerse en cuenta, y debe considerarse que son aplicables exclusivamente a rodales no aclarados.

3. MANEJO DE PLANTACIONES

Hasta ahora se ha indicado como determinar el índice de sitio y cómo estimar los volúmenes totales y los productos de rodales no aclarados de pino en La Yeguada.

Para maximizar los rendimientos de estas plantaciones es necesario someterlas a un manejo silvicultural apropiado por lo que es necesario desarrollar una estrategia que permita manejar las plantaciones, establecidas en diferentes clases de sitio.

Para desarrollar esta estrategia o propuesta de aclareo, fue necesario resolver dos problemas principales: 1) cómo estimar el crecimiento de un rodal aclarado con base en datos de rodales no aclarados y 2) cuándo es el momento más adecuado para intervenir (aclarar) las plantaciones.

Para resolver el segundo problema se utilizó la hipótesis de Moller (1957), citado por Vincent (1985), que especifica que hay un área basal limitante o mínima, por debajo de la cual el rodal no aprovecha el potencial del sitio, y un área basal máxima después de la cual el crecimiento del rodal comienza a disminuir. La idea es tratar de mantener el área basal del rodal que se va a manejar entre estas dos áreas basales, donde el crecimiento se mantiene constante y se aproxima a un máximo.

El área basal limitante o mínima está definida por el punto de máximo incremento corriente anual. El área basal máxima fue definida provisionalmente en 54, 50 y 47 m^2/ha para las clases I, II y III, respectivamente, con base en áreas basales máximas alcanzadas por diferentes parcelas no aclaradas en cada una de estas clases de sitio en La Yeguada.

Propuesta de aclareo por clase de sitio

Para definir el momento en el cual debe ser intervenido el rodal, es necesario conocer primero a qué edad se obtiene el máximo incremento corriente anual en área basal de cada clase de sitio. Para conocer este incremento se graficó el crecimiento en área basal por clase de sitio (Fig. 6a-6d) utilizando los datos de los Anexos 5 al 8.

En las Figuras 6a, 6b y 6c se observa que el máximo incremento corriente anual se alcanza alrededor de los 12 años, para las clases de sitio I, II y III. Para la clase de sitio IV (Fig. 6d) que es la más pobre, aún a los 18 años de edad no se ha alcanzado el máximo incremento corriente anual por lo que no se sugiere ninguna intervención.

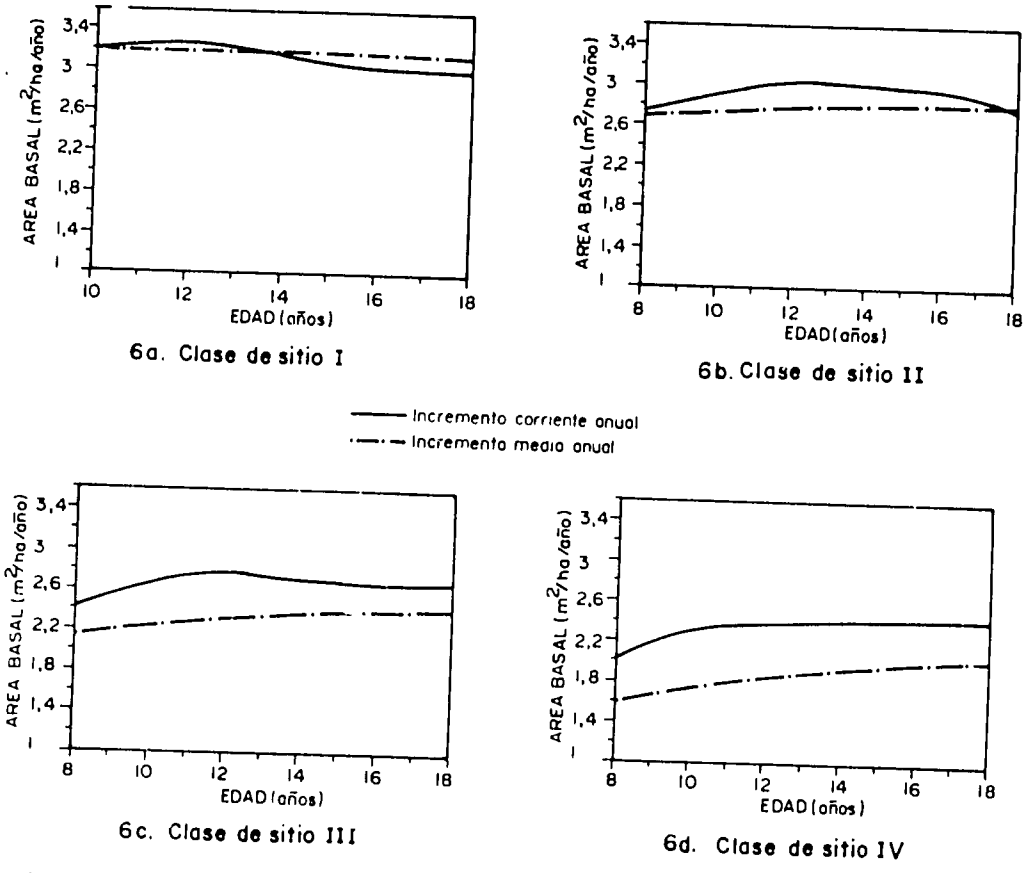


Figura 6. Crecimiento en área basal para P. caribaea var. hondurensis en La Yeguada, Panamá

Con base en estas curvas de crecimiento en área basal se recomienda efectuar el primer aclareo después que el incremento corriente anual empieza a decrecer. El objetivo de aplicar el aclareo en el momento oportuno es mantener una tasa de crecimiento adecuada. En la decisión de intervenir las plantaciones es necesario considerar también la demanda de los productos y su calidad.

Una vez identificado el momento del primer aclareo hay que definir la intensidad de la intervención. Para las tres clases de sitio más altas, la intensidad del primer aclareo se fijó en 25 por ciento del área basal por hectárea. En la clase de sitio I esto significó bajar el área basal de 44,62 m^2/ha (Anexo 5) a 33,47 m^2/ha (Cuadro 2); de 45,12 (Anexo 6) a 33,82 en la clase de sitio II, y de 44,17 (Anexo 6) a 33,13 m^2/ha en la clase de sitio III, para edades de 14, 16 y 18 años, respectivamente. Con base en el índice de Hart (S%)* se estimó el número de árboles a dejar en pie por clase de sitio (S% = 20). El diámetro cuadrático (dg), que se refiere al diámetro del árbol de área basal promedio, se estimó con base en el área basal y en el número de árboles a dejar.

El volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior (Vsc10) se estimó utilizando las ecuaciones desarrolladas por Ugalde (1981) para las plantaciones de La Yeguada y considerando el número de árboles a dejar en pie.

El segundo aclareo se planificó menos fuerte, con una intensidad del 20 por ciento del área basal en pie, para no provocar un impacto demasiado fuerte en el rodal. Esta segunda intervención se programó a los 20, 22 y 24 años para las clases de sitio I, II, III, bajando las áreas basales a 41,6; 38,2 y 33,6 m^2/ha, respectivamente (Cuadro 2).

Con base en los aclareos anteriores, para la cosecha final quedará un total de 308, 353 y 408 árboles/ha para cada clase de sitio, a los 24, 26 y 28 años (Cuadro 2).

Este esquema de aclareo es similar al de Miller (1969), quien para la misma especie en Trinidad y Tobago en sitios mejores, 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, respectivamente. Cuando el área basal alcanza 32 m^2/ha propone eliminar el 28 por ciento en el primer aclareo, para luego bajar a un 20 por ciento en la segunda intervención.

La tardanza necesaria para intervenir por primera vez las plantaciones en La Yeguada, se debe a la baja calidad de los sitios (Fig. 1) y a la baja densidad inicial de plantación.

---

* Indice de Hart (S%) = $\sqrt{\frac{10000}{N2}} \times \frac{100}{hdom}$

Cuadro 2. Propuesta de aclareo para *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá

	Material en pie después del aclareo							Material aclarado					Incremento Total	
1 Edad (años)	2 N/ha	3 hdom (m)	4 S%	5 H (m)	6 Dg (cm)	7 G (m2)	8 Vsc10 (m3)	9 N/ha	10 H (m)	11 Dg (cm)	12 G (m2)	13 Vsc10 (m3)	14 G (m2)	15 Vsc10 (m3)
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
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
24	308	32,9	17	30,4	47,6	54,74	365,60						76,47	445,84
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
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
26	353	30,4	18	24,6	43,2	51,74	255,61						73,14	319,47
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
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
28	430	27,2	18	20,3	37,6	47,86	194,29						68,45	245,50

N/ha = número de árboles por hectárea
hdom = altura dominante
S% = índice de Hart
h = altura total promedio
Dg = diámetro a 1,3 m del árbol de área basal media
G = área basal por hectárea
Vsc10 = volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

El sistema de manejo propuesto (Cuadro 2) aún no ha sido validado con parcelas aclaradas, por lo que debe considerarse como provisional.

En rodales donde la edad del primer aclareo ha sido postergada al menos un año y se da una fuerte competencia, es preferible reducir la intensidad del primer aclareo a menos de un 25 por ciento del área basal, para evitar un efecto negativo sobre los árboles remanentes.

Este es el caso de algunos rodales en La Yeguada, cuya edad ya ha sobrepasado el límite del primer aclareo y la mayoría ya están alcanzando las edades de intervención propuestas. Esto indica que es de alta prioridad planificar la ejecución del primer aclareo.

Ejemplo de como realizar el aclareo

Como se indicó anteriormente, antes de planificar el aclareo es necesario determinar la clase de sitio del rodal que va a ser aclarado. Retornando al ejemplo dado en la sección 2, de un rodal con un área de 4600 m^2, una altura dominante de 20,5 m y 16,5 años de edad, se determinó que pertenecía a la clase de sitio II.

Luego de determinar la clase de sitio y utilizando la propuesta de aclareo del Cuadro 2, ubíquese en la clase de sitio II para determinar la época y la intensidad del aclareo a realizar. Para esta clase de sitio se sugiere el primer aclareo a los 16 años, que es la edad actual del rodal, por lo que se debe aclarar de inmediato.

Para esta edad, según la tabla del Anexo 6 (parte superior), el rodal tendrá aproximadamente 45,12 m^2/ha de área basal; valor que puede verificarse midiendo una parcela temporal en el mismo rodal. Ubicado ahora en el Cuadro 2 sobre la línea de 16 años en la columna 12, se indica que el área basal a cortar (G) es de 11,28 m^2/ha, esto corresponde a un 25 por ciento del área basal total. Por regla de tres se calcula el área basal que deberá eliminar del rodal.

Cálculo del área basal a extraer:

$Ge = (Ar * Gc) / 10\,000$

$Ge = (4600 * 11{,}28) / 10\,000$

$Ge = 5{,}2\ m^2$

donde:

Ge	= Area basal del rodal a extraer en m^2
Gc	= área basal a extraer por hectárea (Cuadro 2)
Ar	= área del rodal en m^2
10 000	= área de una hectárea en m^2

El volumen comercial o volumen sin corteza hasta 10 cm, de este primer aclareo se estima también por regla de tres.

Volumen comercial a extraer:

Vsc10e = (Ar * Vsc10c) / 10 000

Vsc10e = (4600 * 30,87) / 10 000

Vsc10e = 16,96 m^3

donde:

Vsc10e = volumen sin corteza hasta 10 cm extraido

Vsc10c = volumen sin corteza hasta 10 cm extraido por ha (Cuadro 2)

Una forma más práctica para indicar la intensidad del aclareo, es calcular el número de árboles a cortar.

Cálculo del número de árboles a cortar:

Ne = (Ar * Nc) / 10 000

Ne = (4600 * 434) / 10 000

Ne = 200 árboles

donde:

Ne = número de árboles a cortar sin considerar la mortalidad

Nc = número de árboles cortados por hectárea (Cuadro 4)

Si para el caso del ejemplo se tiene que fueron plantados 512 árboles en el área de 4600 m^2 y si se estima un siete por ciento de mortalidad hasta los 5 años, deberán quedar en pie 466 árboles. Ahora, si se estimó la intensidad del primer aclareo en 43%, deberán cortarse 200 árboles.

Con base en el Cuadro 2 (columna 1): el segundo aclareo deberá efectuarse a los 22 años, momento en el cual hay que cortar el 40 por ciento de los árboles (columna 9/columna 2 * 100) esto corresponde al 20 por ciento del área basal. Siguiendo los mismos cálculos del primer aclareo, de los 266 árboles en pie deberán eliminarse 106 para dejar 160 para la cosecha final. El turno de rotación para estos 160 árboles es de 26 años, punto en el cual se espera que los árboles tengan un diámetro cuadrático promedio (dg) de 43,2 cm (columna 6) con una altura total promedio de 24,6 m (columna 5), y darán un volumen sin corteza hasta 10 cm de 255,6 m^3/ha (columna 8), ó 118 m^3 para este rodal de 4600 m^2.

El tipo de aclareo que se recomienda para estas plantaciones es un aclareo por lo bajo, tratando de favorecer a los árboles más vigorosos y de mejor forma.

¿Cómo marcar los árboles a cortar?

Un aspecto práctico de mucha importancia es el sistema de marcación a utilizar y la intensidad con que deben aclararse áreas especiales como orillas de rodal, orillas de ríos y riachuelos, y áreas cercanas a nacimientos de agua, por ejemplo.

Dependiendo del número de árboles a extraer, el técnico deberá decidir si marca los árboles a dejar (marca positiva) o los árboles a cortar (marca negativa). En adelante se considerará solamente la marcación de los árboles a cortar.

Un sistema útil que ayuda a distribuir los árboles a extraer en forma homogénea dentro de la plantación, es el sistema conocido como "cajas". Como se observa en la Figura 7 una caja puede estar constituida desde 4 (2 x 2) hasta 9 (3 x 3) árboles o más, de tal manera que el técnico utiliza estos grupos de árboles para marcar según la proporción del número de árboles a eliminar. Entre mayor sea el tamaño de las cajas más difícil resultará visualizar los árboles a marcar, pero la proporción de árboles a eliminar será más variada. Así por ejemplo, con una caja de 4 árboles solo será posible eliminar un 25, 50 ó 75 por ciento de los árboles. En la práctica la caja de 9 árboles parece el tamaño más adecuado para visualizar y brinda una gran variedad de intensidades de aclareo (Briscoe, 1984).

Los árboles a extraer (Fig. 8) deben seguir el siguiente orden de prioridad: 1) árboles muertos o enfermos, 2) árboles con daños mecánicos causados por fenómenos naturales (viento, tormentas, etc), animales o insectos, 3) árboles con defectos como sinuosidad, torcedura basal, cola de zorro o bifurcaciones, 4) árboles suprimidos e intermedios que aparecen claramente dominados y 5) considerar la distribución de los árboles a eliminar, de manera que no se abran espacios muy grandes en la plantación. Las Figuras 9a y 9b son ejemplos de una distribución apropiada y una distribución mala.

Para utilizar este sistema en el ejemplo anterior, del total de árboles a eliminar (43%), deberán marcarse cuatro de cada nueve árboles, considerando los árboles muertos dentro de los cuatro árboles a marcar para mantener la distribución.

Por facilidad se sugiere orientar el sentido de marcación de izquierda a derecha y viceversa, sobre las curvas de nivel, de frente a la pendiente y a los caminos, tal como se muestra en la Figura 10.

Las marcas de los árboles a extraer deben colocarse en una sola dirección, utilizándose como norma una marca a la altura de los ojos y otra en la base del árbol de frente a la pendiente y a los caminos. Esta última marca servirá para controlar si solo los árboles marcados fueron eliminados.

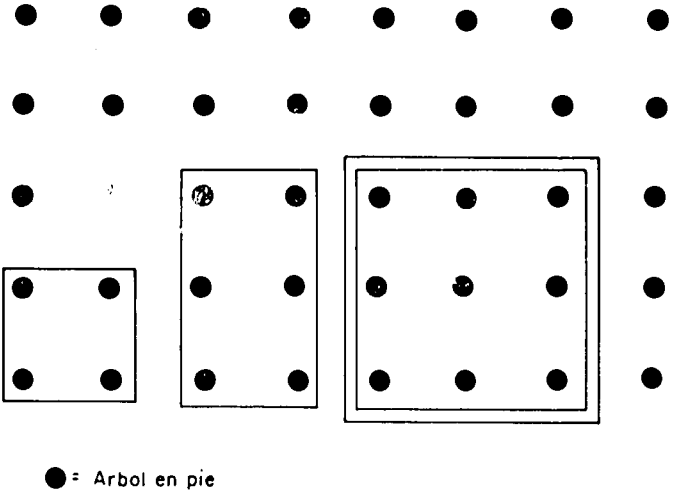


Figura 7. Sistema de marcación en cajas para la selección de los árboles a extraer

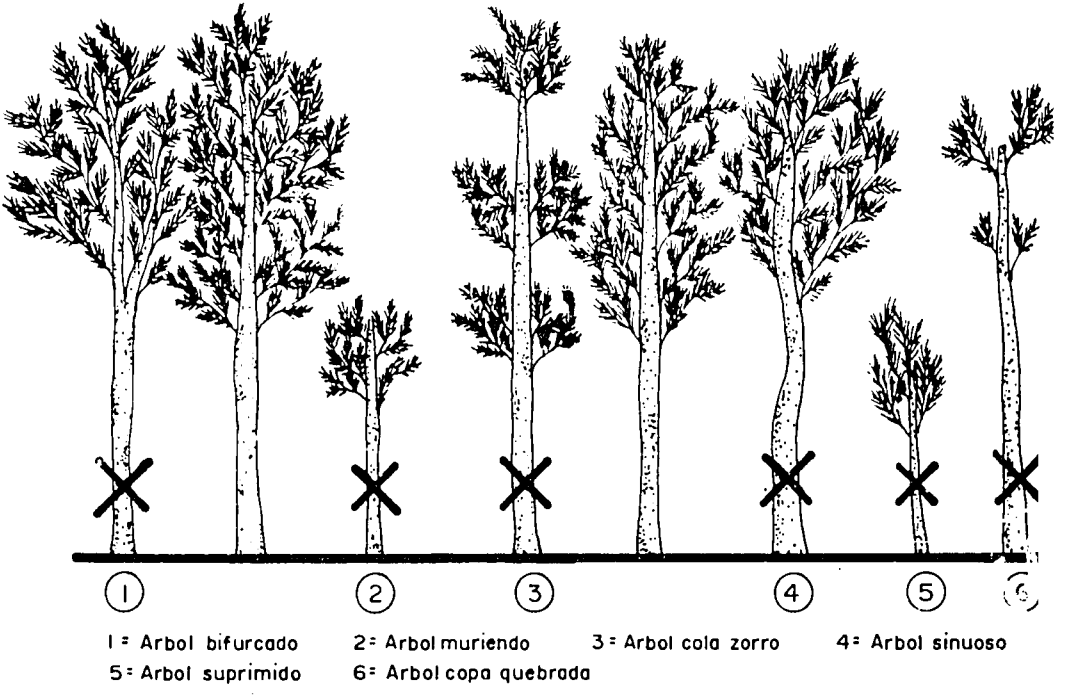
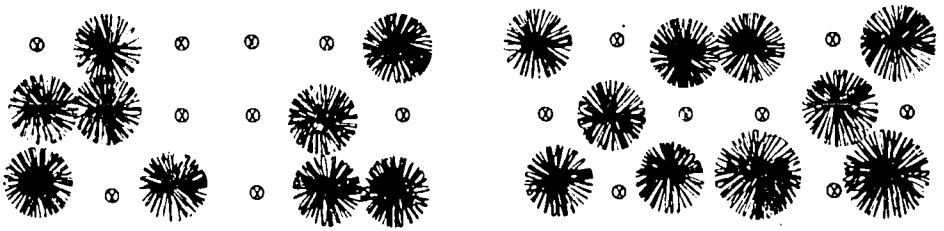
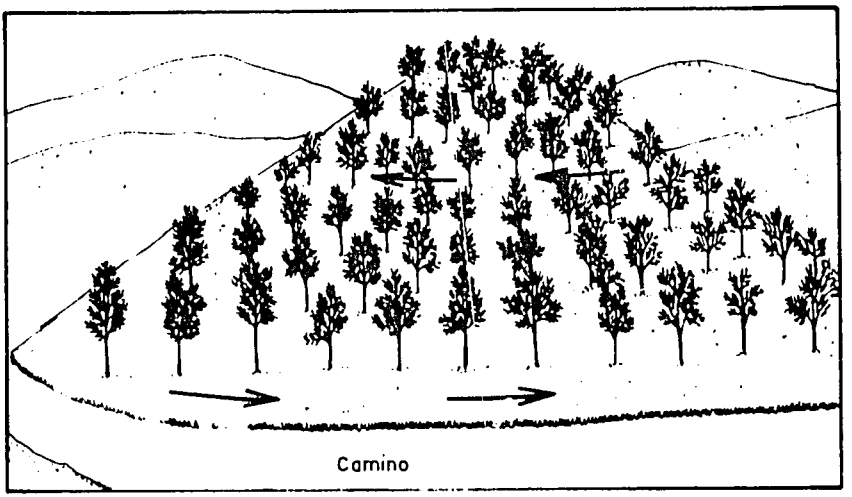


Figura 8. Selección de árboles a extraer en la ejecución del aclareo



9a. Distribución inadecuada 9b. Distribución adecuada

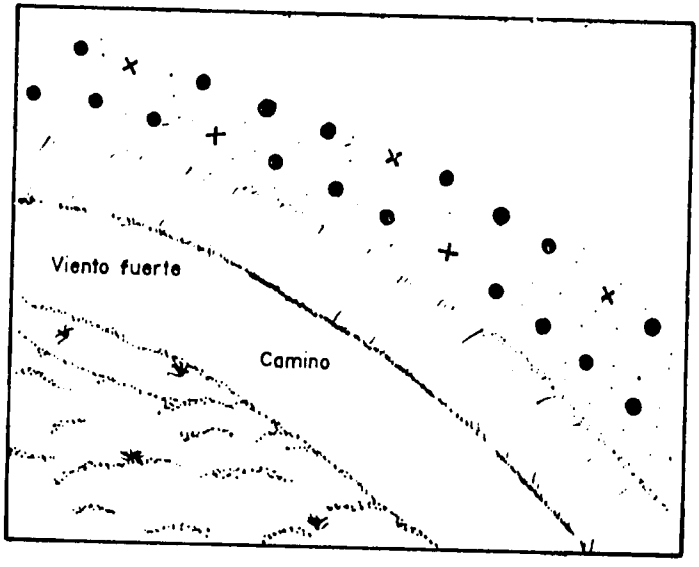
Figura 9. Distribución del aclareo



→ = Sentido de marcación

Figura 10. Sentido de marcación del aclareo

Antes de entrar al rodal a aclarar, el técnico debe consultar la dirección de los vientos predominantes. Sobre esta orilla es conveniente disminuir la intensidad del aclareo y eliminar en las dos primeras hileras uno de cada cuatro árboles lo que corresponde a un 25 por ciento. La idea es proteger el rodal remanente de los vientos fuertes que puedan dañarlo (Fig. 11). Para lograr esto, el borde no debe ofrecer mucha resistencia al viento.

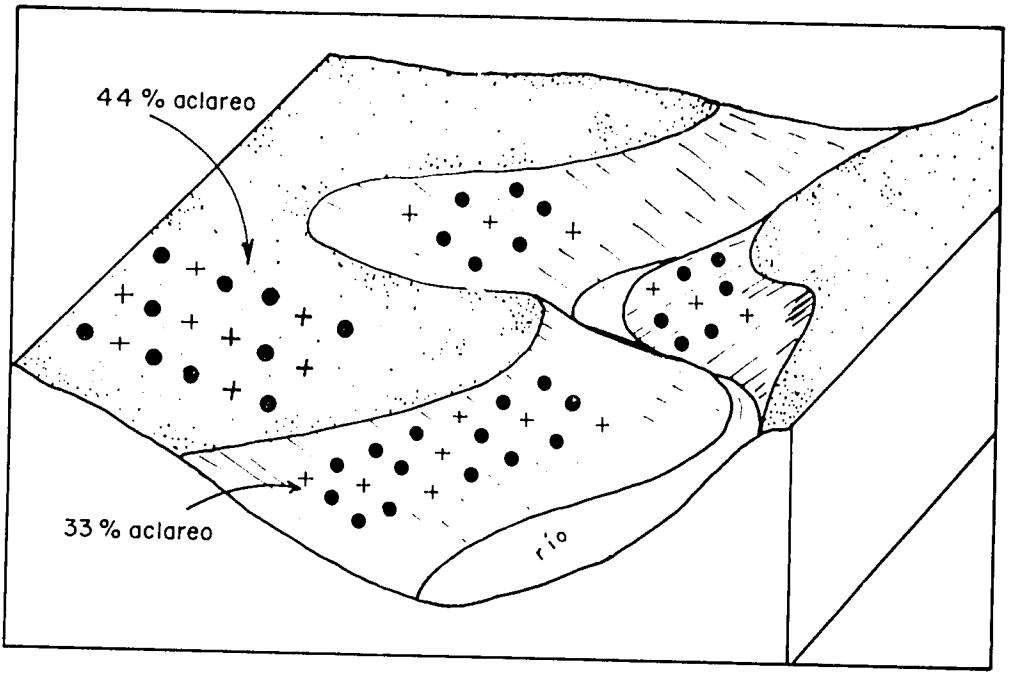


X= Arbol a extraer
● =Arbol en pie

Figura 11 Aclareo de orilla de rodal en zonas de viento fuerte

La misma precaución debe tenerse en las orillas de los ríos y riachuelos, o cerca de los nacimientos de agua, aquí el objetivo es conservar la calidad de las aguas. La intensidad del aclareo en estos lugares, variará en función inversa a la pendiente (mayor intensidad a menor pendiente) (Fig. 12).

A manera de resumen se puede decir que el aclareo con base al crecimiento en área basal consiste en tratar de mantener el rodal a aclarar entre el área basal limitante y área basal máxima, entre las cuales el crecimiento es constante. El área basal limitante está definida por el punto donde el incremento corriente anual es máximo, y el área basal máxima se fijó provisionalmente para las plantaciones de La Yeguada en 54, 50 y 47 m^2/ha para las clases de sitio I, II y III, respectivamente.



X= Arboles a extraer
●= Arboles en pie

Figura 12. Influencia de la pendiente sobre la intensidad del aclareo

El sistema de aclareo propuesto debe ser considerado como provisional, debido a que fue necesario extrapolar datos fuera del ámbito de edad de las parcelas medidas, y porque fue planificado con base en hipótesis.

Luego de determinar la clase de sitio, el técnico podrá recomendar la época, la intensidad y el tipo de aclareo, utilizando los datos del Cuadro 2.

En la marcación de los árboles a eliminar, debe considerarse la distribución, la categoría o posición sociológica del árbol y la intensidad, la cual deberá ser menor en áreas especiales como orillas de rodal, ríos, arroyos y nacimientos de agua. El sistema de cajas es útil en la distribución del aclareo; la caja de nueve parece la más práctica.

Considerando la situación de las plantaciones en La Yeguada, existen áreas que ya debieron ser aclaradas y otras que deben aclararse muy pronto.

BIBLIOGRAFIA

ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Predicción del rendimiento. Estudio FAO: Montes 22/2.

BAILEY, R.L; DELL, T.R. 1973. Quantifying diameter distributions whith the Weibull function. Forest Science (EE.UU.) 19:97-104.

BOYER, F.; DUBOIS, R.; HARSTSHORN, G.; HECKADON, S.; OSSIO, E.; ZADROGA, F.; SCHUERHOLTZ, G. 1980. Panamá, condiciones del medio ambiente y de los recursos naturales; Informe final del estudio de campo a nivel de reconocimiento. Ed. por M.S. Chakroff. Washington, International Science and Technology Institute. 264 p.

BRISCOE, C.B. 1984. Perspectivas personales para plantaciones. El Chasqui Nº5/6: 17 - 21.

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.

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.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1984. Plan de manejo de las plantaciones de la Reserva Forestal La Yeguada. Documento de trabajo No. 13. 168 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1980. Evaluación de ensayos y selección de especies para reforestaciones en Panamá. Documento de Trabajo No. 9. 130 p.

HAGGLUND, B. 1981. Evaluation of forest site productivity. Forestry Abstracts (G.B.) 42(11):515-527.

HOWEL, H.J. 1972. Reforestación. Panamá, FAO; SF/PANG. Informe Técnico 11. 125 p.

LAO M., E.A. 1985. Site evaluation of caribbean pine plantations in Panamá. Mag.Sc. Thesis. North Carolina State University. 117 p.

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, Goverment Printery. 10 p.

MOWRER, H.T. 1986. ASPNORM: a normal diameter distribution growth and yield model for Aspen in the Central Rocky Mountains. 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.

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.

UGALDE ARIAS, L.A 1981. Tablas de volumen para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 7 p

VASQUEZ C, 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.

VINCENT, L.W. 1985. La ecuación 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.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla para determinar el índice de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* en La Yeguada, con base en altura dominante y edad

Anexo 1. Tabla para determinar el índice de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* en La Yeguada, con base en altura dominante y edad

Edad (años)	Altura dominante (m) 7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	18,5	21,1	23,8	26,4	29,0																			
6	15,6	17,8	20,1	22,3	24,5	26,7	29,0																	
7	13,6	15,5	17,4	19,4	21,3	23,2	25,2	27,1	29,0															
8	12,0	13,7	15,5	17,2	18,9	20,6	22,3	24,0	25,8	27,5	29,2													
9	10,8	12,4	13,9	15,5	17,0	18,6	20,1	21,7	23,2	24,8	26,3	27,9	29,4											
10		11,3	12,7	14,1	15,5	16,9	18,3	19,8	21,2	22,6	24,0	25,4	26,8	28,2	29,6						I			
11		10,4	11,7	13,0	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8	22,1	23,4	24,7	26,0	27,3	28,6	29,9							
12			10,9	12,1	13,3	14,5	15,7	16,9	18,1	19,3	20,5	21,7	22,9	24,1	25,3	26,5	27,7	29,0						
13			10,1	11,3	12,4	13,5	14,7	15,8	16,9	18,0	19,2	20,3	21,4	22,5	23,7	24,8	25,9	27,1	28,2	29,3				
14				10,6	11,7	12,7	13,8	14,8	15,9	16,9	18,0	19,1	20,1	21,2	22,2	23,3	24,2	25,4	26,5	27,5	28,6	29,7		
15				10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,6	29,9	
16					10,4	11,4	12,3	13,3	14,2	15,2	16,1	17,1	18,0	19	19,9	20,9	21,8	22,8	23,7	24,6	25,6	26,5	27,5	28,4
17							10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17,1	18,0	18,9	19,8	20,7	21,6	22,5	23,4	24,4	25,3	26,2
18			IV					10,3	11,2	12,1	12,9	13,8	14,6	15,5	16,4	17,2	18,1	18,9	19,8	20,7	21,5	22,4	23,2	24,1
19										10,7	11,5	12,4	13,2	14	14,8	15,7	16,5	17,3	18,1	18,9	19,8	20,6	21,4	22,2
20											10,3	11,1	11,9	12,6	13,4	14,2	15,0	15,8	16,6	17,4	18,2	19,0	19,8	20,5
																			III			II		

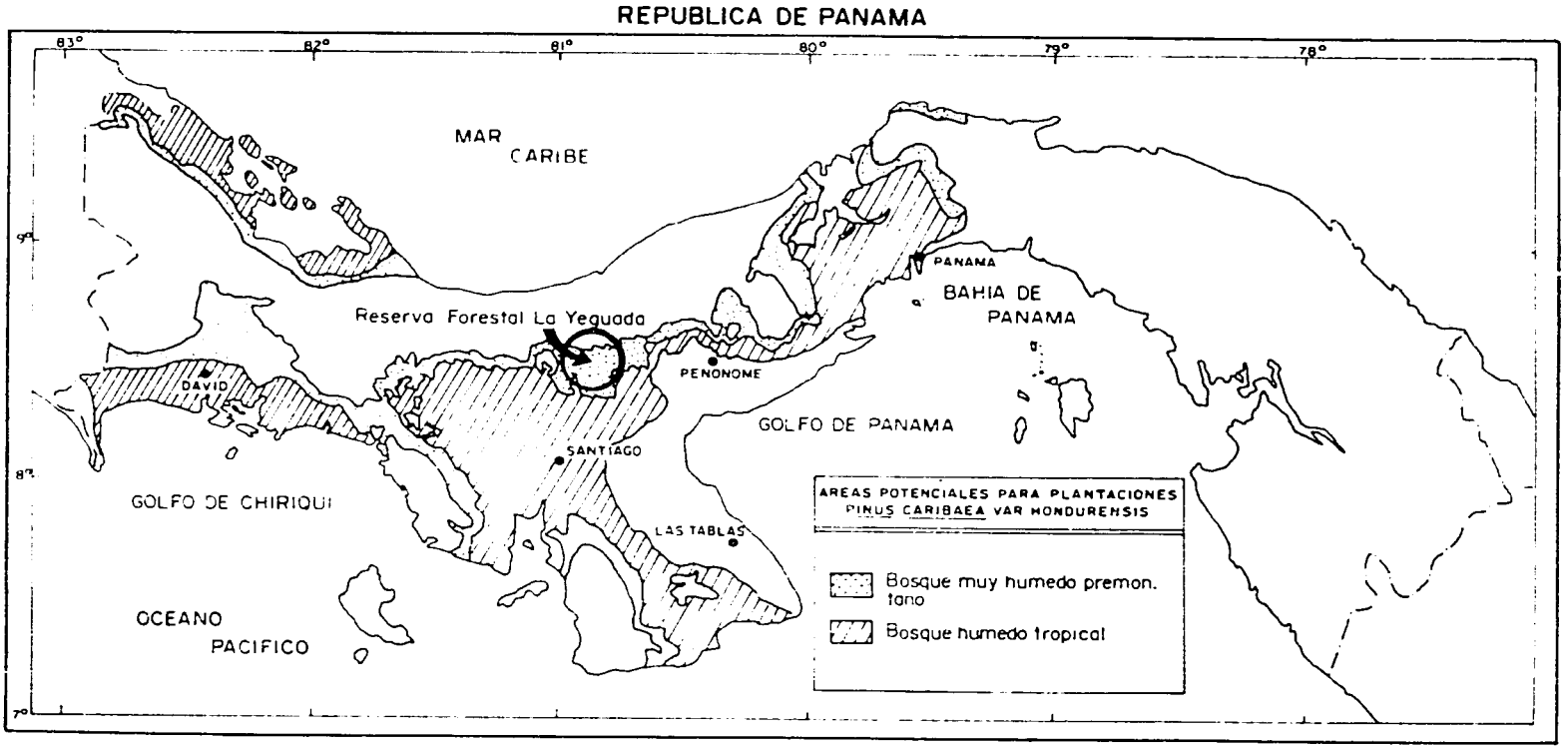
Anexo 2. Tabla para determinar el índice de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* en La Yeguada, con base en la posición topográfica y el contenido de limo entre 30 y 50 cm

% limo	Posición topográfica 1	2	3	4
16	15,4	17,3	19,1	21,0
18	15,2	17,0	18,9	20,7
20	14,9	16,8	18,6	20,5
22	14,7	16,5	18,4	20,2
24	14,5	16,3	18,1	20,0
26	14,2	16,0	17,9	19,7
28	14,0	15,8	17,6	19,5
30	13,7	15,6	17,4	19,2
32	13,5	15,3	17,2	19,0
34	13,2	15,1	16,9	18,7
36	13,0	14,8	16,7	18,5
38	12,7	14,6	16,4	18,3
40	12,5	14,3	16,2	18,0
42	12,2	14,1	15,9	17,8
44	12,0	13,8	15,7	17,5
46	11,7	13,6	15,4	17,3
48	11,5	13,3	15,2	17,0
50	11,2	13,1	14,9	16,8
52	11,0	12,8	14,7	16,5
54	10,7	12,6	14,4	16,3

IV III II

Posición topográfica:

1 = cima, 2 = pendiente superior, 3 = pendiente inferior y 4 = fondo plano



Fuente: Adaptado de FAO (1980)

Anexo 3. Areas potenciales para plantaciones de *Pinus caribaea* en Panamá

Anexo 4. Resumen de las funciones de rendimiento para *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá

Variable	Clase sitio	Ecuación
IS (m)	Todos	$Ln(IS) = Ln(hdom) + 10,1558/(E^{0,1103} - 150,1103)$
IS (m)	Todos	IS = - 27,953 + 0,593 * DR + 8,202 * pH5 + 0,059 * Mn5 - 0,438 * Zn5 + 0,784 * Cu5
IS (m)	Todos	IS = 15,574 + 1,8442 * PT - 0,124 * Limo50
Hdom (dm)	I	$Ln(hdom) = 10,6469 - 10,1558/E^{0,1103}$
	II	$Ln(hdom) = 10,5038 - 10,1558/E^{0,1103}$
	III	$Ln(hdom) = 10,3368 - 10,1558/E^{0,1103}$
	IV	$Ln(hdom) = 10,1361 - 10,1558/E^{0,1103}$
N2	Todos	N2 = 0,93 * N1
H (dm)	I	Ln(h) = 2,100710 + 0,586328 Ln(dap)
	II	Ln(h) = 1,129360 + 0,721143 Ln(dap)
	III	Ln(h) = 0,547199 + 0,804098 Ln(dap)
	IV	Ln(h) = 0,287111 + 0,838229 Ln(dap)
VTcc (m^3)	Todos	Ln(V) = 1,826 Ln(dap) + 1,019 Ln(h) - 9,914
VTsc (m^3)	Todos	Ln(V) = 1,933 Ln(dap) + 1,301 Ln(h) - 11,366
Vsc10 (m^3)	Todos	Ln(V) = 2,613 Ln(dap) + 1,432 Ln(h) - 14,184
X24 (mm)	Todos	X24 = 312,6593 + 47,6240 Ln(E) - 105,5383 Ln(N2) + 84,8921 Ln (hdom(dm)) + 0,3931 (N2/E)
X93 (mm)	Todos	X93 = 568,1867 + 116,1820 Ln(E) - 193,9300 Ln(N2) + 132,0964 Ln (hdom (dm)) + 0,9461 (N2/E)
Parámetros Weibull	Todos	c = Ln (Ln(0,07) / Ln(0,76) / Ln(X93/X24) b = X24 / (-Ln(0,76) $^{(1/c)}$

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 1,3 m
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 función de distribución Weibull

Anexo 5. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio I

Edad (años)	N/ha	hdom (m)	dg (cm)	G (m^2/ha)	VTcc (m^3/ha)	Vsc10 (m^3/ha)	IMAG (m^2/ha/año)	ICAG (m^2/ha/año)	IMAVTcc (m^3/ha/año)	ICAVTcc (m^3/ha/año)	S% Hart
0	1100										
6	1023	10,1	15,6	19,45	129,63	62,19	3,24		21,61		30,96
8	1023	13,1	17,8	25,39	178,63	124,18	3,17	2,97	22,33	24,50	23,87
10	1023	15,9	19,9	31,77	234,49	145,22	3,18	3,19	23,45	27,93	19,66
12	1023	18,6	21,8	38,27	293,93	200,83	3,19	3,25	24,49	29,72	16,81
14	1023	21,2	23,6	44,62	354,38	263,26	3,19	3,17	25,31	30,22	14,75
16	1023	23,7	25,1	50,64	413,54	329,21	3,17	3,01	25,85	29,58	13,19
18	1023	26,1	26,5	56,63	473,61	400,59	3,15	3,00	26,31	30,03	11,98
20	1023	28,5	28	62,82	536,83	480,00	3,14	3,09	26,84	31,61	10,97

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

DISTRIBUCION AÑO 12

dap (cm)	9	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	14[illegible]	142	122	90	55	27	10	3	1
G/ha	0,17	0,42	0,94	1,77	3,01	4,50	5,[illegible]8	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	1,36	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	51	
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

Anexo 6. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio II

Edad	N/ha	hdom	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	IMAVTcc	ICAVTcc	S% Hart
(años)		(m)	(cm)	(m^2/ha)	(m^3/ha)		(m^2/ha/año)		(m^3/ha/año)		
0	1100										
6	1023	8,8	14,1	16,02	76,10	29,17	2,67	12,70	35,53		
8	1023	11,4	16,3	21,45	110,23	71,35	2,68	2,72	13,78	17,02	27,43
10	1023	13,8	18,4	27,23	149,54	76,29	2,72	2,89	14,95	19,65	22,66
12	1023	16,2	20,4	33,33	193,85	110,99	2,78	3,05	16,15	22,16	19,30
14	1023	18,4	22,1	39,16	238,42	149,75	2,80	2,91	17,03	22,28	16,99
16	1023	20,6	23,7	45,12	286,06	194,97	2,82	2,98	17,88	23,82	15,18
18	1023	22,7	25,1	50,71	332,69	242,49	2,82	2,80	18,48	23,31	13,77
20	1023	24,7	26,5	56,38	380,92	294,89	2,82	2,84	19,05	24,12	12,66

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	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)	7	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	[illegible]	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)	7	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

DISTRIBUCION AÑO 12

dap(cm)	9	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	5,62	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 AÑO 14

dap(cm)	9	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 AÑO 16

dap(cm)	11	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	8,96	3,38	1,03

DISTRIBUCION AÑO 18

dap(cm)	11	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 AÑO 20

dap(cm)	11	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

Anexo 7. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio III

Edad	N/ha	hdom	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	IMAVTcc	ICAVTcc	S% Hart
(años)		(m)	(cm)	(m^2/ha)	(m^3/ha)		(m^2/ha/año)		(m^3/ha/año)		
0	1100										
6	1023	7,4	12,3	12,24	45,13	13,81	2,04	7,52	42,25		
8	1023	9,6	14,6	17,05	69,63	43,18	2,13	2,41	8,70	12,25	32,57
10	1023	11,7	16,7	22,41	99,92	42,93	2,24	2,68	9,99	15,15	26,72
12	1023	13,7	18,7	27,97	134,03	65,59	2,33	2,78	11,17	17,06	22,52
14	1023	15,6	20,4	33,40	169,79	92,28	2,38	2,72	12,13	17,88	20,04
16	1023	17,4	22,0	38,76	206,86	122,96	2,42	2,68	12,93	18,54	17,97
18	1023	19,2	23,4	44,17	246,00	157,86	2,45	2,71	13,67	19,57	16,28
20	1023	20,9	24,7	49,08	283,17	193,71	2,45	2,45	14,16	18,59	14,96

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	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
VT cc/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	0,09

DISTRIBUCION AÑOS 8

dap(cm)	7	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	75,5	86,6	97,1	107,4	117,5	127,7	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)	7	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	1,68	4,42	7,89	10,35	9,50	5,69	1,99	0,45

DISTRIBUCION AÑO 12

dap(cm)	9	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)	9	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)	9	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)	11	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)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41
N/ha	28	28	45	66	89	111	127	132	125	104	76	48	25	11	4	1
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	0,13
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	1,01
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	1,09

Anexo 8. Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. Clase de sitio IV

Edad	N/ha	hdom	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	IMAVTcc	ICAVTcc	S% Hart
(años)		(m)	(cm)	(m^2/ha)	(m^3/ha)		(m^2/ha/año)		(m^3/ha/año)		
0	1100										
6	1023	6,1	10,4	8,63	25,71	6,18	1,44	4,29	51,25		
8	1023	7,9	12,6	12,67	42,88	26,07	1,58	2,02	5,36	8,59	39,58
10	1023	9,6	14,7	17,31	65,09	23,23	1,73	2,32	6,51	11,11	32,57
12	1023	11,2	16,6	22,06	90,12	37,15	1,84	2,38	7,51	12,52	27,92
14	1023	12,7	18,3	26,88	117,55	54,59	1,92	2,41	8,40	13,71	24,62
16	1023	14,2	19,9	31,78	147,23	75,51	1,99	2,45	9,20	14,84	22,02
18	1023	15,7	21,4	36,69	178,67	99,96	2,04	2,45	9,93	15,72	19,91
20	1023	17,1	22,7	41,29	209,31	125,64	2,06	2,30	10,47	15,32	18,28

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)	7	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)	7	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

DISTRIBUCION AÑO 12

dap(cm)	9	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)	9	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)	9	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	
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)	11	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)	11	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

Anexo 9. Ambitos de validez de las ecuaciones de rendimiento generadas para *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá

Variable dependiente	Clase de sitio	Variable(s) independiente(s)	Mínimo	Máximo
Ln (hdom)	Todos	Edad (años)	5	20
Ln (IS)	Todos	Edad (años)	5	20
		hdom (m)	7	32
Ln (hdom)	I	Edad (años)	10	20
Ln (hdom)	I,III,IV	Edad (años)	6	18
IS	Todos	PT	1	4
IS	Todos	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	Todos	PT	1	4
		LIMO50 (mg/g)	160	540
Ln (h)	I	dap (mm)	8	50
Ln (h)	II	dap (mm)	7	37
Ln (h)	III	dap (mm)	4	35
Ln (h)	IV	dap (mm)	4	28
N2	Todos	N1	890	2605
X24 y X93	Todos	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 on 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 5cm. Limo50 = contenido de limo entre 30 y 50 cm
dap = diámetro con corteza a 1,3 m del suelo. N2 = número de árboles supervivientes. N1 = número de árboles plantados
X24 y X93 = percentiles 24 y 93 de la distribución diamétrica

Publicación del Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA)
CATIE/ROCAP 596-0117, editado por INFORAT.

Editor : Emilio Hidalgo de Caviedes

Montaje Artes Finales : Xinia Vega

Foto de Portada : F. Solano

Levantado de Texto : Rita Aguilar con Impresora Laserwriter Plus, Proyecto MADELEÑA

Impreso en los talleres gráficos de GRAFITEC SA

Edición de 500 ejemplares

Se terminó de imprimir en el mes de enero de 1989

PERSONAL TECNICO DEL PROYECTO MADELEÑA

JEFATURA	
RONNIE DE CAMINO	COORDINADOR REGIONAL
HERNAN RODRIGUEZ	ADMINISTRACION
CARLOS NAVARRO	ASISTENTE TECNICO
SILVICULTURA	
MIGUEL MUSALEM	SILVICULTOR PRINCIPAL
DAVID HUGHELL	MODELACION
VALENTIN JIMENEZ	SILVICULTURA
HECTOR A. MARTINEZ	SILVICULTURA
RODOLFO SALAZAR	BIOMETRISTA
LUIS UGALDE	MANEJO DE INFORMACION
SOCIOECONOMIA	
THOMAS MCKENZIE	ECONOMISTA PRINCIPAL
DEAN CURRENT	SOCIOECONOMIA
HECTOR CHAVARRIA	MATERIALES DE ENTRENAMIENTO
MANUEL GOMEZ	ECONOMIA
LEYLA GONZALEZ	SOCIOLOGIA
STANLEY HECKADON	SOCIOLOGIA
CARLOS REICHE	ECONOMIA
CARLOS RIVAS	EXTENSION
EDICION	
EMILIO HIDALGO DE C.	EDITOR
XINIA ROBLES	DOCUMENTALISTA
PAISES	
GUATEMALA	
CARLOS FIGUEROA	COORDINADOR - SILVICULTURA
EBERTO DE LEON	ECONOMIA
HONDURAS	
ROLANDO ORDOÑEZ	COORDINADOR - SILVICULTURA
JUAN F. PASTORA	ECONOMIA
EL SALVADOR	
HUGO ZAMBRANA	COORDINADOR - SILVICULTURA
MODESTO JUAREZ	ECONOMIA
COSTA RICA	
WALTER PICADO	COORDINADOR - SILVICULTURA
CARLOS LUIS DIAZ	ECONOMIA
PANAMA	
BLAS MORAN	COORDINADOR - SILVICULTURA
RAFAEL TIRADO	ECONOMIA