

Pino caribe

(Pinus caribaea)

**especie de árbol de uso múltiple
en América Central**



**Serie Técnica.
Informe Técnico No. 175**

Pino Caribe

***Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*
(Barret y Golfari), ESPECIE DE ARBOL DE
USO MULTIPLE EN AMERICA CENTRAL**

**Freddy Rojas
Edgar Ortíz**

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, 1991

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y 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.

MADELEÑA es un proyecto de investigación, capacitación y diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala con la coordinación regional del CATIE.

© 1990, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

ISBN 9977-57-104-X

634.9751

R741 Rojas, Freddy

Pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barret y Golfari) árbol de uso múltiple en América Central / Freddy Rojas, Edgar Ortiz. -- Turrialba, C.R. : CATIE, 1991.

78 p. ; 23 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 175)

ISBN 9977-57-104-X

1. *Pinus caribaea* - América Central
2. Árboles de uso múltiple - América Central
I. CATIE II. Título III. Serie

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACION	vii
AGRADECIMIENTO	viii
INTRODUCCION	1
1. BOTANICA Y ECOLOGIA	3
2. ESTABLECIMIENTO	15
3. MANEJO	31
BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE CUADROS

1. Subdivisión del <i>Pinus caribaea</i> (Morelet) en variedades, según Barret y Golfari (1962).	5
2. Bancos de semillas donde puede solicitarse semillas de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	17
3. Espaciamiento y área de crecimiento a asignar en <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , según el objetivo final de la plantación.	21
4. Programa de podas propuesto para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para producir trozas de 10 m de largo libres de nudos.	34
5. Niveles de densidad del rodal, medidos en términos del Índice de Espaciamiento (S%) e Índice de Densidad del Rodal (IDR), dentro de los cuales se debe mantener un rodal de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , según los objetivos de producción.	36

6. Sistema de ecuaciones para estimar el volumen de madera en árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, en Turrialba, Costa Rica. 44
7. Sistema de ecuaciones para estimar el diámetro de un fuste (di) a una altura dada, altura del fuste (hi) correspondiente a un diámetro dado y el volumen del fuste (V) entre dos alturas deseadas, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 46
8. Ambito de las variables utilizadas para generar los modelos de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica. 47
9. Sistema de ecuaciones para estimar el rendimiento actual y futuro de plantaciones no manejadas de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en Costa Rica. 47
- 10 Tabla de rendimiento para rodales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no manejados en Costa Rica. Densidad de plantación inicial 1100 árboles por ha. Índice de calidad de sitio IS=22. 48
- 11 Tabla de rendimiento para rodales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no manejados en Costa Rica. Densidad de plantación inicial 1600 árboles por ha. Índice de calidad de sitio IS= 22. 49
- 12 Tabla de rendimiento para rodales no aclarados de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Clase de Sitio II. 50
- 13 Propuesta de aclareo para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. 52

LISTA DE FIGURAS

1. Distribución geográfica de *Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* Barret y Golfari (1962). 6
2. Características morfológicas de las hojas y los órganos reproductivos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 7
3. Plántulas de seis meses de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Nótese la ausencia de hojas aciculares. 8
4. Arbol cola de zorro de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 9
5. Distintas etapas de cola de zorro en las ramas terminales y en las laterales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 10
6. Condiciones naturales de un rodal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostrando su configuración típica. 11
7. Regeneración natural de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. 17
8. Sistemas de producción de plántulas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: a. bolsa; b. raíz desnuda 19
9. Proceso de germinación de *Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* (Barret y Golfari). 22
10. Muestra de plántulas rechazadas de *Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* (Barret y Golfari) y rendimiento de plántulas con referencia a la densidad en el bancal. 27
11. Poda radical de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, pino en vivero. 27
12. Plantones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* que deben eliminarse al hacer la selección. 28

- 13 Ensayo de raleos de 11 años de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Turrialba, Costa Rica, mostrando el raleo fuerte para maximizar el crecimiento individual por árbol.36
- 14 Selección y distribución correcta de los árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, en la ejecución de un aclareo.37
- 15 Crecimiento en altura dominante para diferentes índices de sitio (IS) para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica.42

PRESENTACION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, junto con las instituciones forestales de América Central, desarrolla, desde 1980, investigación silvicultural con especies de crecimiento rápido y propósito múltiple, con el objetivo de conocer el comportamiento y posibilidades de las mismas en la Región, para incorporarlas a los sistemas de finca de los pequeños y medianos agricultores. El Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA) está promoviendo esta incorporación como una de las estrategias para mejorar la economía de los sistemas de finca de los pequeños y medianos agricultores de la región centroamericana. El propósito del Proyecto es aumentar los ingresos y mejorar el bienestar de las familias rurales, así como contribuir a la disminución del deterioro ambiental en América Central y Panamá, mediante un incremento significativo del cultivo de árboles de propósito múltiple, para la utilización en la propia finca y para la venta de productos forestales en los mercados locales.

El incremento del cultivo de estas especies dependerá del conocimiento que se tenga, a todo nivel, de la importancia de las mismas, de las formas de cultivo, de los métodos de manejo silvicultural de las plantaciones y de las combinaciones agroforestales establecidas con ellas. Consciente de la necesidad de este conocimiento, el Proyecto MADELEÑA inició la preparación de "Guías Silviculturales" para el cultivo de las especies seleccionadas. Este documento presenta las experiencias y conocimientos que hasta la fecha se tienen en América Central sobre el cultivo de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

El CATIE cumple así con el compromiso institucional de poner al servicio de los países miembros los conocimientos generados por la investigación, contribuyendo de esta manera al desarrollo agropecuario acelerado y sostenido de la Región y al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de menores recursos. El proyecto MADELEÑA pone a disposición de los agricultores, técnicos en extensión, técnicos forestales, autoridades del sector y reforestadores, la presente guía para la producción y uso de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en América Central.

Rodolfo Salazar
Líder Proyecto
MADELEÑA

AGRADECIMIENTO

En primera instancia el Proyecto MADELEÑA agradece a Edgar Ortiz y Freddy Rojas, Consultores del Proyecto Madeleña, por la recopilación de información y redacción de esta guía. La investigación silvicultural que permitió la redacción de la presente guía, es el producto de la participación de muchas instituciones y personas en América Central. En este sentido se reconoce la participación de las instituciones forestales nacionales: Dirección General Forestal (DGF), de Costa Rica; el Centro Nacional de Recursos Naturales (CENREN), de El Salvador; la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) (antiguo Instituto Nacional Forestal) de Guatemala, la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR) de Honduras; la Dirección de Recursos Naturales y del Ambiente (DIRENA) de Nicaragua y el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENARE) de Panamá. También se reconoce la labor de los técnicos nacionales en cada país, así como a los agricultores e instituciones que con su trabajo y dedicación permitieron establecer los ensayos y darle seguimiento para obtener la información presentada en esta guía. Es importante aclarar que esta información es el compendio de la experiencia de todos los técnicos y personal de apoyo de los Proyectos LEÑA y MADELEÑA, durante más de nueve años de investigación. A todos ellos el Proyecto deja constancia de su agradecimiento.

Proyecto MADELEÑA

CATIE

INTRODUCCION

EL Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, junto con las instituciones nacionales encargadas de administrar los recursos forestales de los países de América Central*, desde 1980 ha desarrollado investigación sobre la silvicultura, manejo y producción de especies de árboles de crecimiento rápido y uso múltiple (AUM).

Desde 1986, a través del Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple, más conocido como (MADELEÑA), se han incrementado las actividades de manejo de las especies de AUM, para entregar a los técnicos nacionales, servicios de extensión forestal y agrícola, estudiantes, docentes de universidades y escuelas técnicas, así como a los agricultores, guías técnicas para estimular el cultivo y manejo de estas especies.

El objetivo de estas guías es dar a conocer a los interesados de América Central en particular y el resto de la región tropical, a través de las instituciones nacionales y los servicios de extensión, en forma sencilla, clara y aplicable, la tecnología generada en torno al cultivo de cada una de las especies seleccionadas, para incorporar los árboles de uso múltiple a los sistemas de producción de las fincas de pequeños y medianos agricultores, así como de las comunidades rurales, de tal manera que contribuyan a elevar el nivel de vida de estos pobladores y a detener el deterioro ambiental de la Región. Dichas guías permitirán, al extensionista, conducir el proceso de establecimiento de las especies en las fincas; al técnico forestal, identificar los sitios promisorios y los factores limitantes para el establecimiento de la especie y a los planificadores, orientar sus decisiones sobre planes y proyectos de desarrollo forestal, mediante la estimación de los rendimientos potenciales de las especies.

Este documento presenta los conocimientos que, hasta la fecha, se tienen en América Central sobre el cultivo de la especie *Pinus caribaea*. Es el producto de la investigación realizada desde 1980 por el CATIE y las instituciones forestales nacionales de la región centroamericana, durante el desarrollo de los Proyectos Leña y Fuentes Alternas de Energía (LEÑA) y Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA).

* Para los efectos de esta guía, América Central corresponde a los territorios de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, países miembros del CATIE en la región centroamericana.

Probablemente el "pino caribeño de Honduras" (*Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* (Barret y Golfari), es el pino tropical más extensamente plantado en el mundo tropical y subtropical. Es una especie que se adapta bien a gran variedad de sitios, especialmente degradados con condiciones limitantes para otras especies; se puede establecer en bloques puros o en combinaciones agroforestales y la madera puede ser utilizada tanto en la producción de pulpa para papel, como en otros usos más tradicionales como madera para aserrar, leña y postes para redes eléctricas y telefónicas.

1. BOTANICA Y ECOLOGIA

Pinus caribaea var. *hondurensis* es el pino caribeño de más amplia distribución geográfica; por sus características ha sido el más utilizado en el desarrollo de proyectos de producción forestal.

Es una especie que crece naturalmente en el litoral atlántico del istmo centroamericano, desde el sur de México y Belice, hasta el norte de Nicaragua. La especie se adapta a gran variedad de suelos, crece bien en suelos pobres, pero no soporta suelos con drenaje deficiente y poco profundos. En su región de origen crece en terrenos con elevaciones inferiores a 800 msnm, en climas libres de heladas y con una marcada estación seca. En los sitios de introducción, en donde no existe una estación seca definida, se da una mayor incidencia de "cola de zorro", este crecimiento anormal es mayor cuando se utiliza semilla de Poptum (Guatemala) y de fuentes semilleras de tierras costeras de Honduras.

Los estudios de procedencias han identificado diferencias importantes en el crecimiento y rendimiento de la especie.

En Costa Rica y en otras partes del mundo *Pinus tecunumanii* ha dado mejores resultados que *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por lo que debe considerarse esta especie como posible sustituto del Pino Caribe.

La madera de pino caribe es de color amarillo y de gran versatilidad en su uso.

Nombre científico: *Pinus caribaea* (Morelet) Sinónimos: *Pinus hondurensis* (Look) y *Pinus bajamensis* (Griseb).

Nombres comunes: La especie *Pinus caribaea*, se conoce comúnmente como: Pitch pine (Belice, Nicaragua y Honduras), Yellow pine (Belice), White pine (Belice), Pino de la costa (Honduras), Ocote blanco (Guatemala), Pino caribe (Costa Rica), Pino caribeño de Honduras (América Latina), Caribbean pine (países de habla inglesa).

Descripción de la especie

Por muchos años existió gran confusión en cuanto a la sistemática del pino caribe. Sin embargo, Barret y Golfari (1962) dieron solución al problema, subdividiendo la especie en tres variedades, cada una de las cuales posee un ámbito de distribución y características fenológicas muy propias. El Cuadro 1 presenta un resumen de estas características.

El *Pinus caribaea* var. *hondurensis* es la variedad de más amplia distribución geográfica (Figura 1), es también una de las especies forestales de gran potencial económico para la producción forestal en el área centroamericana.

El árbol puede alcanzar hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro. Presenta corteza grisácea cuando joven; rugosa, resquebrajada en surcos longitudinales y de color oscuro en árboles adultos. Las hojas son aciculares de 1,0 a 1,5 mm de espesor y 13 a 33 cm de largo, con dos a cinco canales resiníferos internos. Estas vienen agrupadas en fascículos de tres agujas y en ocasiones excepcionales dos o cuatro. Las vainas de los fascículos son de 10 a 16 mm de largo, de color castaño claro a parduzco y nunca oscuras o negras. Las flores masculinas son amentos cilíndricos de 25 a 45 mm de largo. Los conos no son persistentes y son de forma oblonga, asimétricos de seis a 14 cm de largo, de 2,8 a 4,5 cm de ancho, cuando están cerrados y de 6 a 7,5 cm cuando están abiertos (Figura 2). En su área de distribución natural los conos alcanzan su madurez entre junio y julio, en sitios costaneros y de julio a agosto en las tierras altas del interior. Las semillas son angostamente ovoides de 6,5 mm de largo y 3,5 mm de ancho con 2 mm de grosor, su color varía de pardo claro a castaño y hasta negruzco. Las semillas poseen una ala membranosa que se desprende fácilmente y los embriones poseen de cinco a nueve cotiledones. Se estima un total de 50 000 a 60 000 semillas por kilogramo.

A nivel comercial, el cultivo de la especie ha revelado que las plantas jóvenes del pino caribe, no presentan hojas agrupadas en fascículos hasta los ocho o 10 meses de edad (Figura 3). Asimismo, estas plantas se caracterizan por presentar numerosos brotes adventicios en la base del tronco, los cuales perduran hasta los tres o cuatro años.

Cuadro 1. Subdivisión del *Pinus caribaea* (Morelet) en variedades, según Barret y Golfari (1962).

Característica	Variedad		
	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>
Hojas	con 3 agujas, raro 4 por fascículo	con 3 agujas a veces 4 ó 5 por fascículo	con 2 y 3 agujas por fascículo
Tamaño de conos	5 a 10 cm	6 a 14 cm	4 a 12 cm
Semilla	semillas con ala adherente	semillas con ala articulada y se desprende fácil- mente	semilla con ala articulada raramente adnata
Habitat	Isla de Pinos y Pinar del Río, oeste de Cuba	Vertiente atlántica de Belice, Guatemala Honduras y Nicaragua	Islas Bahama, Grand Bahama, Great Abaco, Andros, Caicos, New Providence
Altitud (msnm)	45 a 355	0 a 850	0 a 30
Temp. media (°C)	24,5 a 25,5	20,0 a 27,0	25,0 a 27,0
Clima	Sub-húmedo	Sub-húmedo Per-húmedo	Sub-húmedo
Precip. (mm/año)	1200 - 1600	950 - 3500	750 - 1300
Meses secos al año	6	de 2 a 6	de 6 a 7
Suelos	ácidos (pH 4,5 a 6)	ácidos (pH 4,0 a 6,5)	ácidos (pH 7,5 a 8,5)

Fuente: Barret y Golfari (1962).

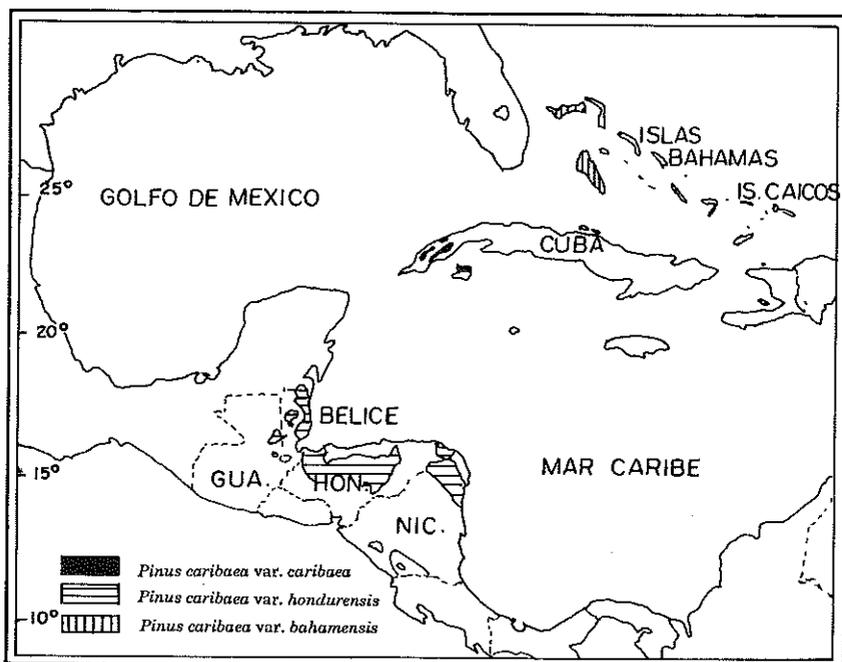


Figura 1. Distribución geográfica de *Pinus caribaea* (Morelet.) var. *hondurensis*. Barret y Golfari (1962).

En plántulas de esta especie se presenta una característica llamada "cola de zorro", la cual consiste en un crecimiento anormal del tallo sin ramificaciones en largos de hasta 10 m (Figuras 4 y 5). Este comportamiento atípico ha sido observado en sitios fuera de su ámbito de distribución natural (Sud-Africa, Trinidad y Tobago, Guyana Británica, Colombia, Brasil, Costa Rica y Panamá) y principalmente, en semilla procedente de Guatemala y Belice. También se ha observado que fuera de su área de distribución natural la especie no produce semilla abundante, como se ha observado en Venezuela y Costa Rica.

Distribución natural

El *P. caribaea* var. *hondurensis* se encuentra en forma natural en numerosos rodales discontinuos y fragmentados desde los 18 grados (Orange Walk, Belice), hasta los 12 grados de latitud norte (Bluefield, Nicaragua), en la vertiente atlántica del istmo centroamericano, desde el nivel del mar en las llanuras costeras, hasta las tierras del interior con elevación máxima de 850 msnm en Honduras y Belice (Figura 6).

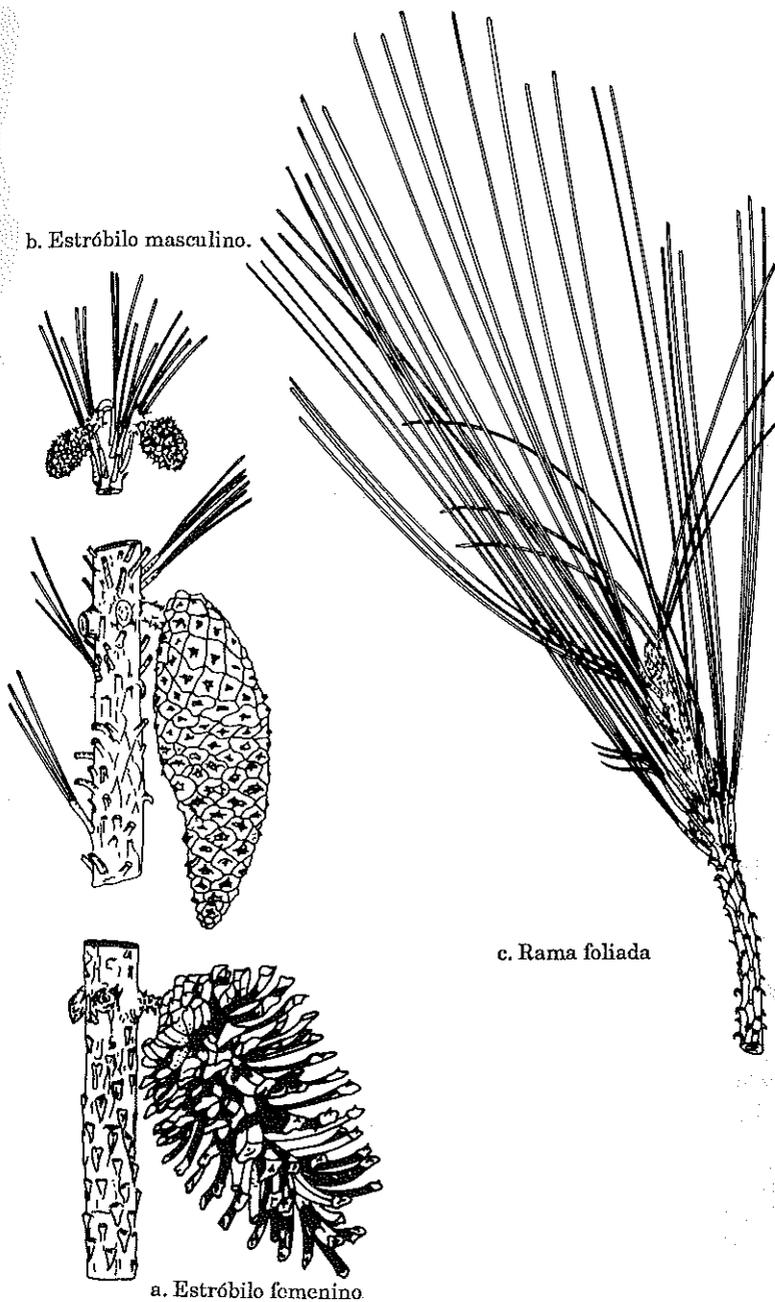


Figura 2. Características morfológicas de las hojas y los órganos reproductivos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

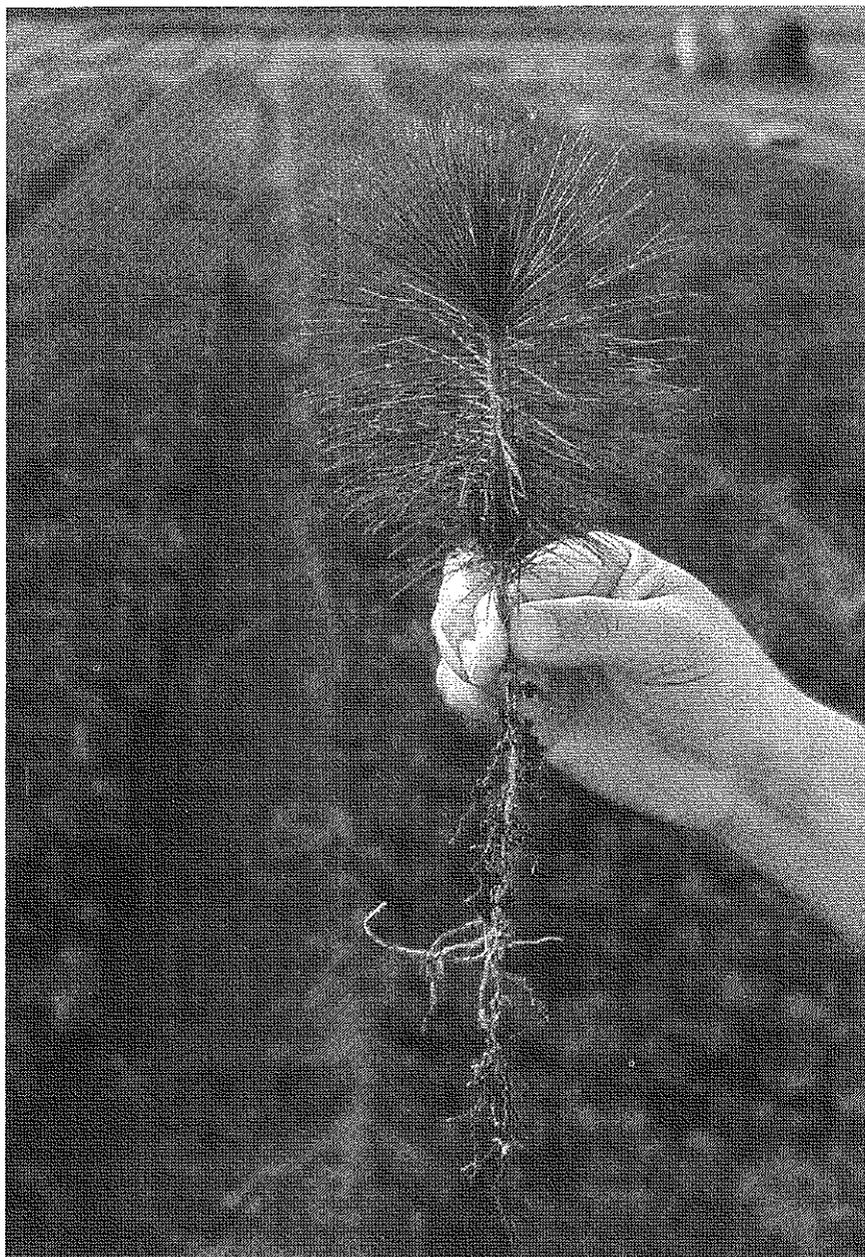


Figura 3. Plántulas de seis meses de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Nótese la ausencia de hojas aciculares.



Figura 4. Arbol cola de zorro de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

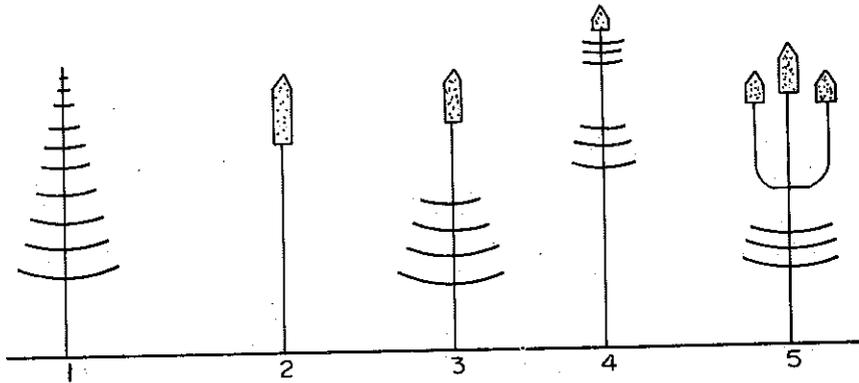


Figura 5. Distintas etapas de cola de zorro en las ramas terminales y en las laterales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

1. Desarrollo normal de líder y de ramas
2. Cola de zorro sin ramas laterales, sólo manojos densos de fascículas de hojas aciculares en el extremo del tallo
3. Cola de zorro que se encuentra con frecuencia, ramaje normal cerca de la base del árbol
4. Cola de zorro que fluctúa entre crecimiento normal y el de cola de zorro
5. Cola de zorro en las guías terminales y laterales

Fuente: Musálem (1973).

En el área de distribución natural existen grandes variaciones climáticas, pero sin heladas. En la región del litoral, la temperatura media anual varía entre 24 y 27,2 °C, con una precipitación de hasta 3500 mm anuales y una estación seca de dos a tres meses. En las regiones del interior la temperatura fluctúa entre 20 y 24 °C, la precipitación media anual es de 950 mm con una estación seca marcada que se extiende hasta por seis meses. Los incendios son probables en los meses con menos de 100 mm de precipitación, normalmente de febrero a mayo en el norte y de marzo a abril en el sur (Wolffsohn 1983).

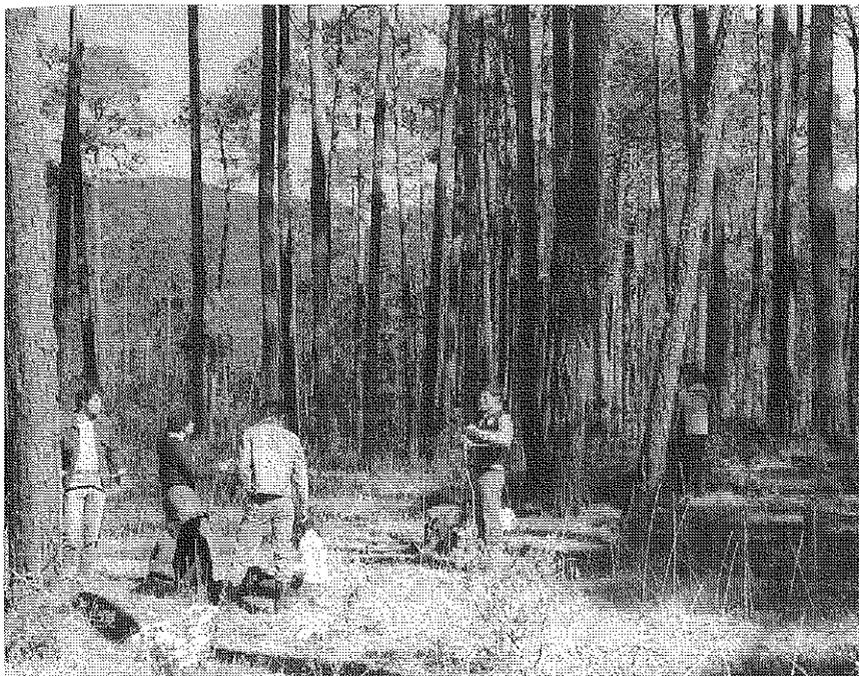


Figura 6. Condiciones naturales de un rodal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostrando su configuración típica.

P. caribaea muestra buen crecimiento en climas húmedos de las regiones tropicales; sin embargo, en sitios sin una época seca marcada los árboles tienden a formar "cola de zorro".

El pino necesita de la ocurrencia de fuego para que se establezca naturalmente. En sitios donde no se permite la ocurrencia de fuego, los pinares son sustituidos por especies latifoliadas (Wolffsohn, 1983). La especie crece sobre suelos latosólicos, formados a partir de diferentes rocas madre (granitos, areniscas, andesitas, y dolomitas). El drenaje de estos sitios varía de bueno en las regiones del interior, hasta deficiente en las llanuras costeras. La reacción de los suelos es ácida y varía entre 6,5 (El Zamorano, Honduras) y 4,3 (Puerto Cabezas, Nicaragua).

Crece en suelos poco fértiles, latosoles y podsoles-pardoamarillos. No crece naturalmente en suelos con drenaje defectuoso, como sitios bajos y planos, con depresión o con una capa dura e impermeable.

Esta especie crece óptimamente en suelos con buen drenaje interno y con profundidades de un metro o más. No aparece naturalmente en suelos básicos y tampoco tolera suelos poco profundos y con mal drenaje (Wolffsohn, 1983).

Sin embargo, puede crecer moderadamente en suelos poco profundos o en suelos saturados durante seis meses al año; en estas condiciones, la especie produce muchas raíces laterales que se extienden fuera del radio de la copa. En condiciones naturales el dosel de copas no se cierra; tal condición se presenta únicamente en los mejores sitios.

En su ámbito de distribución natural, no se presentan heladas y la calidad de la madera es mejor en sitios con una época seca marcada. En sitios sin un período seco definido, la incidencia de árboles con cola de zorro es mayor.

Factores limitantes

En su distribución natural, los pinares de mayor crecimiento están ubicados por debajo de los 900 m de elevación, 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), ambos citados por Vásquez y Salazar (1989), indican que en su ámbito natural, esta especie no tolera suelos pobremente aireados, o suelos con poca profundidad y mal drenaje.

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), todos citados por Vásquez y Salazar (1989).

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).

Mejores procedencias

Los resultados preliminares con *P. caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica, indican que el comportamiento de las procedencias fue altamente inestable, de manera que no se puede decir que alguna procedencia de las estudiadas fue la mejor, para los distintos sitios donde fueron plantadas (Mesén, 1990). Sin embargo, el análisis de los resultados indica que en los sitios de alta precipitación (2600 a 3400 mm) y con estación seca de uno a dos meses, las mejores procedencias fueron Alamicamba (Nicaragua), Culmí (Honduras) y Poptún (Guatemala), mientras que en los sitios de precipitación media a alta pero con estación seca prolongada (cinco a seis meses), las mejores procedencias fueron Poptún (Guatemala), Mountain Pine Ridge (Belice) y Culmí (Honduras).

Greaves (1980), observó que la incidencia de árboles con "cola de zorro" está correlacionada con la procedencia de la semilla de Poptún, Guatemala y de fuentes semilleras ubicadas en las tierras costeras de Honduras.

Es importante indicar que en todos los ensayos de procedencias en Costa Rica, donde se incluyó la especie *Pinus tecunumanii*, esta especie superó todas las procedencias de *P. caribaea* y de *P. oocarpa* en todas las condiciones de sitios probados con excepción del sitio más seco (Santa Cruz de Guanacaste). Los resultados de estos ensayos muestran que para pino caribe se pueden obtener mayores rendimientos con las procedencias yucul (Nicaragua) y Montain Pine Ridge (Belice) en regiones húmedas entre 120 y 1160 msnm. (Mesén, 1990).

Usos de la madera

La madera de esta especie posee una coloración clara, con tonalidades que van de amarillo a amarillo-naranja en la albura y naranja oscura a café rojizo en el duramen.

Su madera es de gran versatilidad y puede utilizarse para la producción de leña, carbón, postes para tendido de redes telefónicas o eléctricas. Otros usos son: pulpa para papel, parquet (o parqué) para pisos, láminas para contrachapados, madera para construcción, muebles y artesanías. La resina puede utilizarse en la elaboración de desinfectantes y pinturas.

Las opciones de uso dependen de la calidad de la madera; sin embargo, ésta no sólo está determinada por factores genéticos sino también por las condiciones ambientales de los sitios en donde crece. En Costa Rica se ha observado que la resistencia mecánica de la madera, proveniente de zonas con una estación seca de cuatro a cinco meses (Atenas, Cañas, Tilarán y Grecia), es superior a la de la madera proveniente de zonas muy húmedas y con una estación seca poco definida (San Carlos, Naranjo y Turrialba). En forma similar, Carpio *et al.* (1987), concluyen que a nivel centroamericano las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera y los posibles usos, especialmente en la producción de pulpa para papel, está determinada fuertemente por las condiciones ambientales en donde crece.

2. ESTABLECIMIENTO

Se pueden establecer rodales de *P. caribaea* por medio de regeneración natural, en donde la especie produce abundante semilla viable y donde el régimen climático no sufra grandes variaciones. Este método es factible en sitios donde el suelo se mantenga húmedo pero sin anegarse.

Para producir plantas en vivero la semilla debe obtenerse de los bancos de semilla de la región, seleccionando la mejor procedencia según las características del sitio a plantar. La semilla debe ser almacenada a bajas temperaturas (3 a 4 °C), en envases herméticos con contenidos de humedad de 6 a 9%.

Aunque no se requiere tratamiento pregerminativo, se puede lograr una germinación más rápida y uniforme sumergiendo la semilla en agua limpia por 12 horas.

La producción de plantas en vivero puede hacerse en envases o utilizando plantas a raíz desnuda. En la producción de plantas en vivero puede utilizarse la técnica de germinadores y repique posterior, o la siembra directa en bolsas o al bancal, cuando se posee semilla con alto porcentaje de germinación.

Para lograr un buen desarrollo de las plántulas en el vivero, es indispensable inocular el suelo y aplicar fertilizantes ricos en N y P en la dosis y en el momento preciso.

Las actividades de poda de la raíz, endurecimiento y selección de plantas deben ser prácticas de uso normal en los viveros dedicados a la producción de plantas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, ya que estas actividades aseguran un alto porcentaje de plantas útiles.

Regeneración natural

La formación de bosques de *P. caribaea* var. *hondurensis*, es factible a través de la regeneración natural en aquellos sitios donde la especie es nativa y donde produce grandes cantidades de semilla. En sitios con un régimen de precipitación uniforme, como en las zonas costeras en el área de distribución natural, se logra una regeneración inicial entre 2400 a 24 400 árboles por hectárea (13 250 en promedio) y a una distancia de hasta 40 m a sotavento de los árboles semilleros. Utilizando esta característica se puede establecer una buena regeneración al dejar de ocho a 12 árboles semilleros bien distribuidos por hectárea. En sitios con una marcada estación seca, la posibilidad de utilizar este método es más limitada, debido a que se puede presentar una alta tasa de mortalidad en la época seca. La regeneración natural se favorece en terrenos limpios, principalmente después de un incendio o en suelos labrados; se recomienda que el terreno este limpio antes de que la semilla sea diseminada naturalmente (Wolffsohn 1983) (Figura 7).

La siembra directa es prometedora, pero su éxito está fuertemente determinado por una sequía imprevista. Se puede utilizar la técnica de siembra directa en sitios con regímenes de temperatura uniforme, en donde los suelos se mantengan húmedos, pero sin anegarse. Se pueden sembrar grupos de cinco semillas, en una distribución de 3 x 4 ó 3 x 3 m si se desea producir madera para aserrar, o de 2,5 x 2,5 m en la producción de árboles para pulpa. La semilla utilizada puede ser tratada para disminuir la probabilidad de ataques de hongos e insectos, en cuyo caso se recomienda probar varias opciones de tratamiento, dado que este procedimiento puede disminuir el porcentaje de germinación de la semillas (Wolffsohn 1983).

Producción de plantas en vivero

Disponibilidad de semilla

Las semillas de pino caribe pueden ser obtenidas de los bancos de semillas forestales de Guatemala, Honduras o Nicaragua. Sin embargo, es muy importante que se informe antes cuál es la procedencia que debe utilizar, ya que se han encontrado diferencias muy importantes en crecimiento y forma de los árboles según la fuente de semillas (Cuadro 2).



Figura 7. Regeneración natural de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Cuadro 2. Bancos de semillas donde puede solicitarse semillas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

País	Nombre	Dirección
Guatemala	Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR)	7a. Avenida 7-00 Zona 13, Guatemala
Honduras	Banco de Semillas Forestales	Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras
Nicaragua	Instituto de Recursos Naturales (IRENA)	Carretera Norte, Las Mercedes, Managua Nicaragua
Costa Rica	Banco Latinoamericano de Semillas Forestales	CATIE, Turrialba Costa Rica

En las zonas tropicales, la mayoría de las plantaciones con pinos se establecen con plántulas producidas en recipientes. No obstante, se ha demostrado que bajo condiciones controladas, el uso de plantas a raíz desnuda es factible, como lo realiza a nivel comercial CONARE, en los llanos de Venezuela (Figura 8).

Sin embargo, al utilizar este tipo de material debe ponerse especial cuidado en la calidad de la planta a sembrar, en el método de embalaje de las plantas al ser transportadas al campo, y en las condiciones climáticas que deben prevalecer durante la plantación propiamente dicha. Bajo este método las plantas deben haber recibido un período de endurecimiento fisiológico, que permita una lignificación mayor de los tallos; asimismo, se deben escoger sólo las plantas sanas, bien formadas y de adecuada coloración. En este sentido, la poda de raíces en el bancal es recomendable para garantizar plantas de buena calidad.

La siembra debe realizarse en días frescos, de preferencia durante los períodos de la mañana o de la tarde, con el fin de reducir la transpiración de las plantas. Las plántulas deben ser empacadas en grupos de 100 a 200, con la raíz protegida con musgo o granza de arroz húmeda, de forma que no queden expuestas al medio ambiente. Los grupos así formados pueden envolverse en sacos de nylon o cabuya. Cualquier cuidado adicional que evite la desecación de las raíces y que reduzca la tasa de transpiración de las plantas, tendrá un efecto positivo en la supervivencia de los arbolitos en el campo.

Las plantas en envases, al establecerse en el campo, presentan durante los primeros años, un crecimiento mayor que las plantas a raíz desnuda; sin embargo, a medida que pase el tiempo, esta diferencia tenderá a desaparecer.

El método que presenta mejores resultados es el uso de plantas de 25 a 30 cm de altura, en envase (bolsa plástica u otro tipo de envase). El principal limitante del método que utiliza envases, es el alto costo de producción de la planta, así como el incremento en los costos de transporte y plantación en el campo.

Preparación del terreno

El terreno a plantar debe estar libre de malezas; se pueden obtener resultados mejores en terrenos que han sido previamente quemados y con algún grado de preparación del suelo. Los costos de



a.



b.

Figura 8. Sistemas de producción de plántulas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; a. bolsa; b. raíz desnuda.

preparación del terreno se pueden disminuir limpiando únicamente las fajas o el sitio en donde se plantará cada árbol. En este último caso, se procede a hacer una limpieza con pala alrededor del sitio de plantación, removiendo todo el material existente en un radio de 75 cm en donde se colocará la planta. Un método alternativo para realizar esta limpieza es utilizar un herbicida, el cual se aplica dos o tres semanas antes de iniciar la plantación.

En sitios con suelos profundos, se recomienda hacer hoyos de 20 cm de profundidad por 20 cm de diámetro; en suelos poco profundos la profundidad del hoyo debe aumentarse hasta 30 cm. Asimismo, en sitios con fuerte pendiente, es necesario hacer hoyos de mayor profundidad y además, construir una pequeña terraza individual para cada árbol, esto con el objeto de facilitar el arraigamiento del arbolito.

Espaciamiento de plantación

El espaciamiento de las plantas en el terreno debe ser regular, de tal forma que a cada planta se le asigne igual área de crecimiento y así, utilizar al máximo el área de plantación disponible. El área de crecimiento por árbol está determinada principalmente, por los objetivos finales de la plantación y el régimen de aclareos. Se sabe, por ejemplo, que cuando se asigna a cada árbol un área de crecimiento pequeña (de 2,25 a 4,0 m²), la producción de madera por hectárea se maximiza, pero el crecimiento por árbol se reduce, lo cual sacrifica el tamaño final de los árboles, a menos de que se realicen varias intervenciones o raleos de alta intensidad. Por el contrario, cuando el área de crecimiento es grande (de 9 a 16 m²/árbol) se sacrifica la producción por hectárea, pero se obtienen árboles de mayores dimensiones, se reduce el número de raleos y se logra aumentar la calidad de los productos, principalmente si se trata de madera para aserrío.

La experiencia recomienda que si se tiene certeza de que las plantas a utilizar son de alta calidad genética y fitosanitaria, los espaciamientos a utilizar según el objetivo de la plantación pueden ser identificados con gran seguridad (Cuadro 3).

Almacenamiento de semillas

La semilla de pino caribe puede ser almacenada por períodos entre cinco y 10 años, sin que pierda su viabilidad en forma significativa, siempre y cuando se mantenga a temperaturas entre 3

y 4°C y con contenidos de humedad entre 6 y 8 %. Puede ser almacenada en bolsas de polietileno herméticamente selladas. Para proteger la semilla de ataques de insectos y hongos, puede ser tratada con Orthocide y Dieldrin*. En condiciones ambientales no controladas, la semilla puede permanecer viable por espacio de cuatro a seis semanas, en estas condiciones, es aconsejable almacenar las semillas en bolsas de lona o algodón, para evitar que se estimule la respiración de las mismas.

Por lo general, el porcentaje de germinación de esta especie es superior al 80% y la semilla no posee ningún tipo de latencia, por lo que los tratamientos pregerminativos no son necesarios. No obstante, si se busca una germinación uniforme y pronta, las semillas pueden tratarse sumergiéndolas en agua limpia por espacio de 12 horas.

La germinación es típicamente epígea (Figura 9) y se inicia a los siete días después de la siembra, en la mayoría de los casos, al cabo de 15 días el 80% de la semilla habrá germinado.

Cuadro 3. Espaciamiento y área de crecimiento a asignar en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, según el objetivo final de la plantación.

Objetivo final de la plantación	Area de crecimiento asignada (en m ²)	Espaciamiento al momento del primer raleo (en m)	Diámetro estimado de los árboles (en cm)
Arboles para leña, pulpa o postes pequeños	6,25 a 9,0	2,5x2,5 a 3x3	16,0 a 20,0
Arboles para aserrar o para contrachapado	9,0 a 16,0	3x3 a 4x4	15,0 a 21,0

* El uso de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.

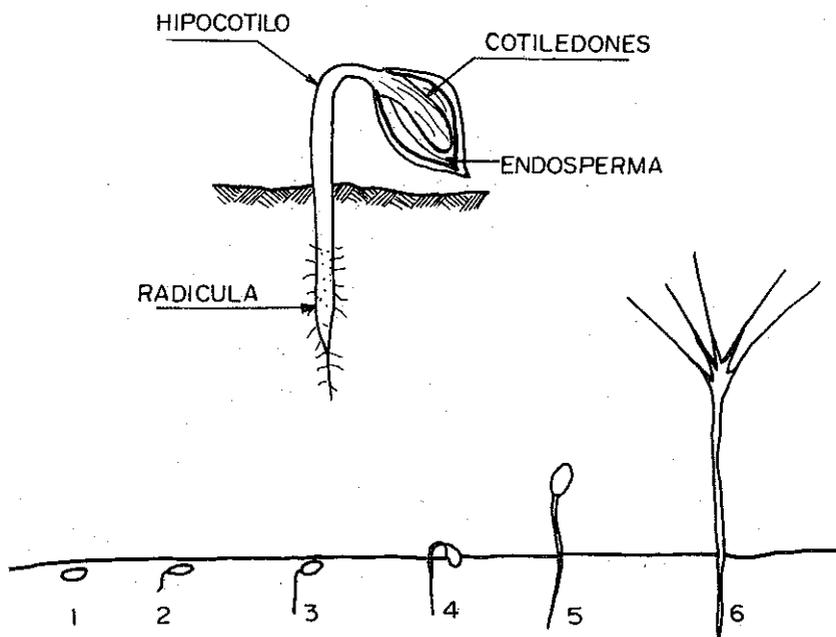


Figura 9. Proceso de germinación de *Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* (Barret y Golfari).

1. Semilla mostrada en posición ideal de siembra
2. Emergencia de radícula
3. Elongación de radícula
4. Evidencia de germinación epígea
5. Desarrollo del hipocótilo y aparición de hojas cotiledonales (estados del "fosforito" y época ideal de repique)
6. Desarrollo de hojas cotiledonales (no hay hojas primarias)

Adaptado de: Napier (1985).

El sistema de producción de plantas más utilizado es en bolsas de polietileno negro, de 16 a 18 cm de alto y con un diámetro que oscila entre los ocho y 14 cm. Otro tipo de envase empleado para la especie es el papel creosotado, que tiene como ventaja que el envase no se quita al momento de la plantación ya que las raíces pueden traspasarlo.

Entre más grande sean los envases, mejor será el desarrollo de las plantas; sin embargo, también se incrementan los costos de producción de las plantas, los costos de transporte y de plantación.

En la producción de plantas en envases se pueden utilizar dos sistemas: siembra previa en germinadores y siembra directa en la bolsa.

Bajo el primer sistema, el proceso se inicia con un semillero, en el que se puedan controlar fácilmente las condiciones de humedad y luz, para favorecer la germinación, controlar los posibles ataques de plagas y enfermedades comunes del proceso de germinación como el "mal del talluelo"; así como evitar que las semillas sean comidas por aves o roedores, para lo cual el semillero se debe proteger con una malla.

Los germinadores consisten en cajas de 50 cm de ancho, 30 cm de largo y 10 cm de profundidad, montados sobre tarimas de 70 a 90 cm de altura, estas cajas son fáciles de llevar al sitio donde están las bolsas. En las cajas se coloca un sustrato de arena o suelo arenoso previamente desinfectado con Basimid o Bromuro*, o con vapor de agua caliente; la semilla se coloca en surcos transversales y se cubre con una capa del mismo sustrato de 0,5 a 1 cm de espesor.

Una vez germinada la semilla, cuando la plántula alcance de 3 a 4 cm de altura y tenga forma de "fosforito" (Figura 9), son trasladadas a las bolsas. Esta actividad llamada trasplante o repique, debe hacerse en días frescos durante la mañana o la tarde, tomando siempre todos los cuidados necesarios para que la raíz de la planta no quede expuesta a la desecación. Cualquier cuidado adicional, tendiente a proteger la raíz y disminuir la transpiración de las plántulas, disminuirá significativamente el porcentaje de bolsas con plantas muertas.

Al realizar el repique, se recomienda humedecer el sustrato de los germinadores e ir arrancando las plántulas con cuidado y plantándolas directamente en las bolsas, sin dejarlas expuestas al medio; no se debe mantener por largo rato las plántulas en la mano, dado que la raíz se puede secar con el calor de la misma y al quedar expuesta al aire. En la mayoría de los casos, es recomendable colocar sobre las plantas recién trasladadas, una sombra o cobertura que las proteja de la radiación solar directa, por lo menos durante los primeros ocho días.

* El uso de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.

Si la semilla tiene un porcentaje alto de germinación y es previamente tratada por inmersión en agua y contra el ataque de hongos e insectos, se puede sembrar directamente en la bolsa. En esta técnica se colocan de una a tres semillas por bolsa, según sea el porcentaje de germinación previamente determinado. El exceso de plantas germinadas por bolsa se traslada a aquellas bolsas en donde no hubo germinación. Este sistema reduce los costos de producción y los problemas propios del repique, que son alta mortalidad de plantas y malformaciones radicales, producto de un defectuoso sistema al colocar las plantas en las bolsas.

Las semillas se colocan en hoyos poco profundos en el centro del envase, calculando que el hoyo tenga una profundidad de una a dos veces el diámetro de la semilla. Hoyos muy profundos alargan el tiempo de germinación y aumentan la incidencia del "mal del talluelo". La experiencia desarrollada hasta el presente indica que el hoyo debe tener una profundidad entre 5 y 10 mm; asimismo, en Honduras se cubren las bolsas con una capa de acículas, para ayudar a conservar la humedad y proteger las semillas del salpique del agua de riego.

El sustrato de las bolsas debe ser seleccionado con cuidado, evitando el uso de suelo con altos contenidos de arena, porque los pilones se desmoronan durante el transporte y este sustrato no favorece la retención de agua y nutrientes. Además, el sustrato a utilizar debe ser ligeramente arcilloso (menos del 60% arcilla) y con buen contenido de materia orgánica. En el caso de sustratos muy arcillosos la estructura del mismo se puede mejorar agregándole arena o granza de arroz. Para el desarrollo óptimo de la especie se requieren sustratos moderadamente ácidos (pH entre 5,0 y 5,5).

Antes de llenar las bolsas, el sustrato base debe ser tamizado con ayuda de una malla metálica (cedazo) de 0,5 a 1 cm de abertura, para eliminar del mismo las piedras u otro material no deseado. El llenado de bolsas es una labor de alto costo y deben utilizarse sustratos secos ligeramente húmedos. Un operario con experiencia puede llenar hasta 200 bolsas/hora. Durante este proceso se debe tener el cuidado de que la bolsa no quede con aire, para evitarlo, se acostumbra golpear la bolsa contra el suelo a medida que se va llenando, para que el sustrato se acomode en forma adecuada.

Posteriormente, las bolsas son colocadas en forma ordenada en eras de hasta 1,5 m de ancho y a plena exposición solar. En los lados de las eras se pueden colocar tablas o hilos de alambre, para sostener las bolsas laterales. En algunos casos las bolsas pueden

colocarse sobre bancas o marcos elevados, lo cual favorece la poda de las raíces al entrar éstas en contacto con el aire.

Para la producción de plantas a raíz desnuda, se preparan bancales de 15 a 20 cm de altura y un metro de ancho, separados entre sí por espacios de 40 a 50 cm. Las plantas pueden ser producidas en germinadores y cuando están en estado de "fosforito", se trasladan a las eras a una distancia que varía entre 6 y 8 cm entre plantas. También se puede hacer la siembra directa de la semilla en el bancal. Esta técnica se usa cuando la semilla tiene alto porcentaje de germinación y ha sido tratada previamente con inmersión en agua y protegida para prevenir el ataque de hongos e insectos. La experiencia desarrollada en Honduras recomienda también, al igual que para las bolsas, que las eras se cubran con una capa de acículas, para conservar la humedad y proteger las semillas del salpique del agua de riego. La densidad de plántulas en el bancal es un factor crítico para obtener porcentajes altos de plantas útiles (Figura 10); en general, se recomienda una densidad de 150 a 250 plantas por metro cuadrado.

La poda de raíz es un tratamiento esencial en la producción de plantas a raíz desnuda. Debe realizarse cada tres o cuatro semanas, después de cuatro meses de plantadas. La labor puede realizarse con palas anchas, cuchillos u otros instrumentos que son introducidos en la base de la era o bancal (Figura 11). Esta técnica mejora la calidad de las plántulas.

Las raíces de los pinos poseen una asociación externa con un hongo específico, que le permite una mayor capacidad de absorción de nutrientes y especialmente de fósforo. Esta combinación raíz-hongo se denomina micorriza. Cuando se plantan pinos en sitios en donde la especie no es nativa, es necesario asegurarse de que el suelo está inoculado con el hongo específico. La forma más práctica de realizar esta inoculación es a nivel de vivero, lo cual se logra mezclando el sustrato utilizado en la producción de plantas del vivero, con tierra superficial traída de sitios en donde exista una plantación de pino bien establecida, o preparando una solución con las esporas del hongo micorrízico específico, para aplicarla a las plántulas.

Está demostrado que la supervivencia y el crecimiento de la plantación, es mayor en plántulas que fueron correctamente fertilizadas; se ha comprobado además que el número de plantas útiles, por unidad de área (en plantas a raíz desnuda), es mayor si se fertiliza.

útiles, por unidad de área (en plantas a raíz desnuda), es mayor si se fertiliza.

La aplicación de nitrógeno fomenta la producción de tejido verde y succulento, sin embargo, no permite la formación de tallos lignificados y reduce la relación raíz/tallo. Por otro lado, la aplicación temprana de nitrógeno puede conducir a pérdidas por incidencia del "mal del talluelo". La aplicación de abonos nitrogenados es recomendable en el transcurso del segundo a tercer mes de edad. En el caso de aparición de amarillamientos en el follaje, se puede aplicar de 10 a 15 g de sulfato de amonio disuelto en agua por cada 450 plantas, seguidamente, se aplica riego para prevenir la quemadura del follaje. En Malasia, se recomienda la aplicación de fertilizante granulado 15-15-6-4 disuelto en agua, cuatro a cinco veces durante el período de producción, pero iniciando seis semanas después del trasplante.

La aplicación de fósforo es recomendada para favorecer la formación de la micorriza, en general, se sabe que el fósforo es el nutriente al cual responden mejor las plántulas de pino caribe. En Honduras, es práctica general la aplicación de 1 a 2 kg de superfosfato por metro cúbico de sustrato utilizado en el llenado de bolsas.

La fertilización con micronutrientes no es necesaria, aunque en suelos con pH alto se pueden presentar problemas de clorosis debido a deficiencias de hierro, este problema puede resolverse mediante la aplicación de 10 g de sulfato de hierro por litro de agua. Si el suelo es suficientemente fértil y con un adecuado contenido de materia orgánica, no se recomienda aplicar fertilizante.

La producción de plántulas en vivero requiere de cinco a seis meses, para favorecer el endurecimiento de la plántula. Asimismo, de dos a cuatro semanas antes de que las plantas sean sacadas del vivero, se someten a una disminución controlada de riego y de ser posible, a la poda de raíces. Esta última actividad aumenta la cantidad de raíces pequeñas, importantes para el establecimiento de las plántulas.

Aun cuando se considere que la labor de poda de raíces eleva los costos de producción, se debe tener en cuenta que la labor permite producir plantas de mejor calidad, mejor adaptadas y por lo tanto, los beneficios a largo plazo llegan a justificar esta inversión.

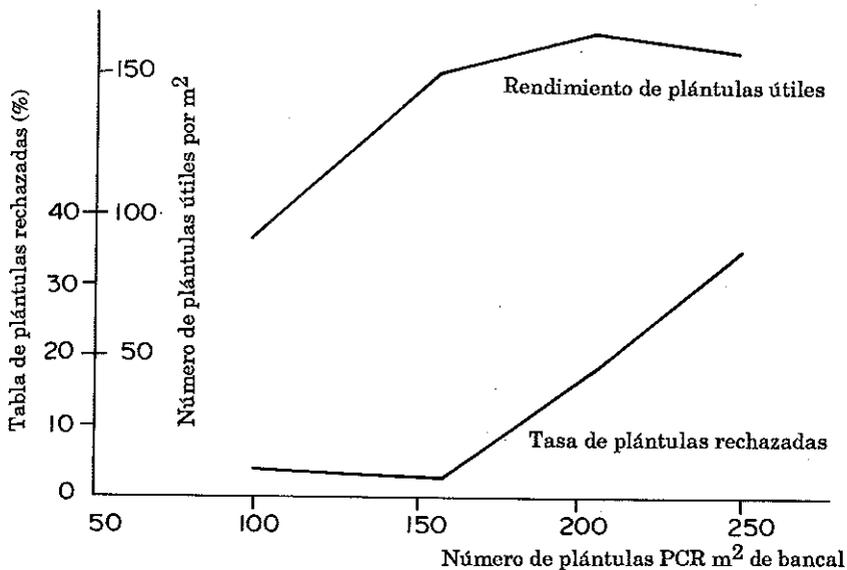


Figura 10. Muestra de plántulas rechazadas de *Pinus caribaea* (Morelet) var. *hondurensis* (Barret y Golfari) y rendimiento de plántulas con referencia a la densidad en el bancal.

Fuente: Shea y Armstrong, (1978), citado por Napier (1981).

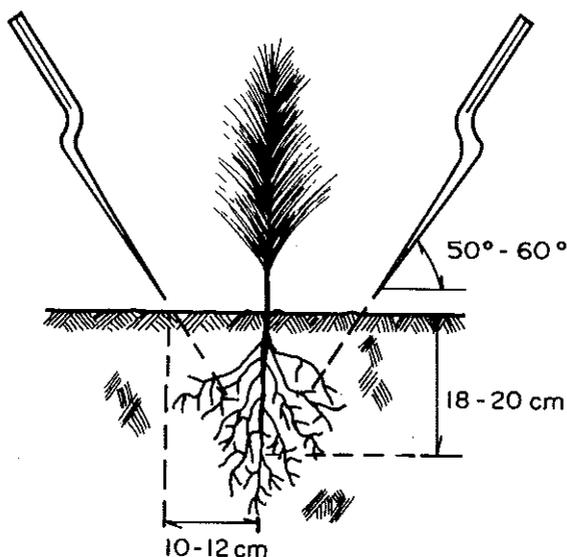


Figura 11. Poda radical de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pino en vivero.

Fuente: Galloway y Borgo (1983).

El éxito de una plantación comercial, depende en parte de la calidad de las plantas utilizadas. Al sitio de plantación sólo deben enviarse las plantas de mejor calidad, para lograrlo, es necesario establecer criterios de selección a nivel de vivero. Tradicionalmente se considera que las plantas deben tener entre 25 y 30 cm de altura. Con plantas de más de 30 cm no se han obtenido buenos resultados, ya que van asociadas con malformaciones del tallo, raíces poco desarrolladas y una inadecuada relación diámetro/altura y proporción raíz/tallo.

El estado sanitario y forma de las plantas también debe ser excelente; se deben desechar plantas con indicios de clorosis, con acículas quemadas y en general enfermas. Asimismo, las plantas con tallos deformados, torcidos y poco lignificados deben ser excluidas (Figura 12).

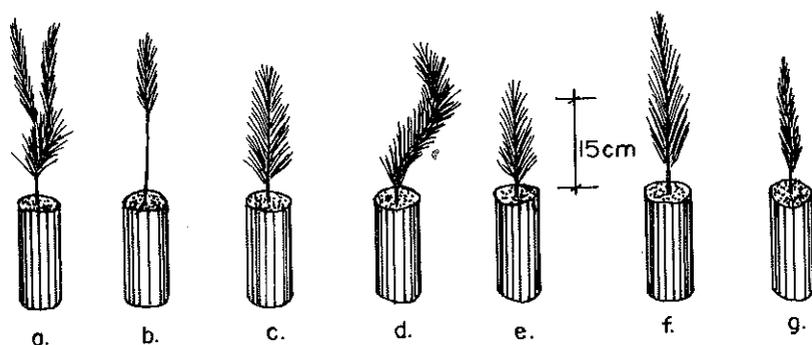


Figura 12. Plantones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* que deben eliminarse al hacer la selección.

- a. Bifurcados
- b. Con poco follaje
- c. Con tallo roto
- d. Torcidos
- e. Pequeños
- f. Con follaje amarillento que generalmente se debe a la falta de micorriza
- g. Con acículas pequeñas

Fuente: Galloway y Borgo (1983).

La experiencia desarrollada en Australia, indica que plantas con tallos blanquesinos y blandos, que solamente tienen acículas primarias, poseen tan solo índices de supervivencia en el campo de 30 a 55%, mientras que plántulas con tallos lignificados y con follaje secundario desarrollado, poseen una supervivencia entre 76 y 84% (Shea y Armstrong, 1978 citado por Napier, 1981).

El pino caribe no es una especie exigente en cuanto al tipo de suelo; sin embargo, es una especie que no tolera la sombra, puede plantarse en sitios con topografía plana o quebrada, en suelos fértiles, ligeramente pobres o en suelos pastoreados, siempre que haya buen drenaje. La preparación del sitio es sencilla y consiste en eliminar toda la vegetación existente por medio de chapeas. En potreros con topografía accidentada, una vez eliminada la vegetación de porte alto, se hace una rodaja de unos 60 cm de diámetro en el sitio donde se plantará el árbol. En terrenos planos, una vez eliminada la vegetación, se puede arar la línea donde serán plantados los árboles, este sistema ayuda al desarrollo inicial de la plantación.



Plantación de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en Turrialba, Costa Rica.

3. MANEJO

*Para alcanzar los objetivos de la producción forestal, los bosques y rodales de *P. caribaea* se deben manejar de tal forma que los factores que afectan su productividad (estado sanitario, competencia, calidad de sitio) se mantengan en los niveles óptimos. Una plantación puede manejarse con podas, raleos, control de malezas, fertilización y combate de plagas y enfermedades, éstas deben ser prácticas silviculturales de aplicación normal en rodales de esta especie.*

El pino caribe es muy susceptible a la competencia, por lo tanto se debe aplicar chapeas para controlar la maleza y realizar aclareos del rodal. La intensidad y frecuencia de los aclareos depende de los objetivos de la plantación, pero como principio general debe aplicarse al menos, un raleo sanitario al momento del cierre del dosel y luego, mantener la densidad del rodal dentro de los límites recomendados para cada objetivo de producción.

La fertilización en rodales de pino caribe es recomendable; se han obtenido respuestas muy buenas a la aplicación de potasio y de abonos fosfatados.

Las podas se deberán realizar cuando los objetivos de la plantación incluyan la producción de trozas libres de nudos muertos.

Por último, un buen manejo de los rodales debe incluir medidas de protección del bosque, orientadas a prevenir daños causados por animales, fuego, plagas y enfermedades.

Principios generales

El objetivo básico de la producción forestal es obtener del bosque la máxima cantidad de un determinado producto, de la mejor calidad, en el menor tiempo posible, con poca inversión y sin dañar la capacidad productiva del ecosistema.

Para alcanzar los objetivos de la producción forestal, se deben manejar o controlar los factores que afectan el crecimiento de los

árboles en el rodal y del rodal como un todo. El crecimiento de un árbol depende de:

1. la edad del árbol
2. el nivel de competencia al que está sometido
3. su estado sanitario
4. su calidad genética
5. la calidad del micrositio en donde está creciendo.

De los cinco factores mencionados anteriormente, los cuatro últimos son susceptibles de manipular a través de prácticas silviculturales, por lo que, el manejo del rodal está orientado a controlar estos factores de tal forma que el rodal se mantenga en el nivel de producción deseado. Las técnicas silviculturales correspondientes son: control de malezas, manejo de densidad o raleos, combate de plagas y enfermedades, selección del material genético superior, fertilización, riego y otras prácticas para mejorar la calidad del sitio.

El crecimiento de un bosque como un todo, es la suma de los crecimientos individuales de cada uno de los árboles en el rodal; por lo tanto, depende de los mismos factores que afectan el crecimiento por árbol y de la cantidad de volumen creciendo en el rodal. En consecuencia, entre mayor sea la cantidad de material creciendo en el bosque, mayor será el crecimiento por hectárea; sin embargo, a mayor volumen, mayor competencia entre árboles y por lo tanto, menor crecimiento por árbol.

Una plantación forestal puede ser manejada para maximizar su crecimiento por hectárea, o para maximizar el crecimiento de los árboles individuales en la misma. Bajo la primera opción, se obtendrá de la plantación muchos árboles pequeños, aptos para leña o pulpa para papel; bajo la segunda opción, se obtendrá del bosque árboles grandes para aserrar o laminar.

Control de malezas

El crecimiento de las plántulas de *P. caribaea* se ve afectado en forma negativa por la competencia con malezas, esta competencia debe ser eliminada con la práctica de rodajeas y chapeas. En sitios de abundante precipitación y alta temperatura, es necesario hacer de dos a tres chapeas por año y una rodajea al final del período de más lluvias, durante los dos o tres primeros años o hasta que los árboles alcancen de 2 a 3 m de altura. En sitios

de menor precipitación y una marcada estación seca, se acostumbra una chapea al inicio del período de lluvias y una rodajea al final del mismo.

Fertilización

Al momento de la plantación se debe hacer una primera fertilización, aplicando de 50 a 75 g de fertilizante 12-24-12 ó 10-30-10 de NPK al fondo del hoyo, cuidando de que las raíces no entren en contacto directo con el fertilizante.

La aplicación de fertilizantes en rodales naturales mejoran notablemente el crecimiento del rodal. La aplicación de superfosfato triple por árbol, en dosis de 30 a 100 g, durante el año de establecimiento y 100 kg/ha al voleo durante el quinto año, pueden producir árboles aptos para pulpa a los 12 años. Esta especie, al igual que otros árboles del género *Pinus* pueden crecer bien en suelos con bajo contenido de nitrógeno; la adición de abonos nitrogenados raramente produce una respuesta de los árboles. Sin embargo, la especie reacciona muy bien a la adición del potasio y aunque puede crecer en suelos con deficiencia en fósforo, tiene una extraordinaria reacción a la fertilización con abonos fosforados (Wolffsohn, 1983).

Podas

Esta especie no presenta una adecuada capacidad de autopoda, por lo que la poda artificial es un requisito indispensable de manejo, cuando el objetivo de la plantación es la producción de madera de alta calidad. En las zonas secas la especie requiere de podas para reducir el peligro de incendios, para mejorar la calidad de las trozas para aserrar o desenrollar, para facilitar el acceso al rodal y reducir el tamaño de los nudos en la madera, todo lo cual aumenta definitivamente el valor del producto. El Cuadro 4 presenta un programa de podas para producir trozas de 10 m de largo y libres de nudos.

Raleos

Esta especie es afectada fuertemente por la competencia, por lo tanto, los raleos son necesarios para un crecimiento rápido y sano (Wolffsohn, 1983). El mismo autor sugiere que para la producción de

madera para pulpa, con árboles de 20 a 25 cm, es aconsejable manejar una densidad entre 650 y 1100 árboles por hectárea. Esta sugerencia concuerda con Ortiz y Camacho (1986), quienes sugieren que la densidad máxima del rodal, medida a través del Índice de Densidad del Rodal (IDR), a la cual debe llegar una plantación para pulpa debe ser de 759 árboles/ha y que el rango de densidad al que debe matenerse el rodal para maximizar su crecimiento por hectárea, debe ser entre 483 y 759 árboles/ha.

Cuadro 4. Programa de podas propuesto para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para producir trozas de 10 m de largo libres de nudos.

Características del rodal al momento de realizar la poda			
Podas	Altura de poda (m)	Altura media del rodal (m)	Condición del rodal
Poda baja	2,5	6,0	después del cierre del vuelo
Poda alta	5,0	9,0	antes del primer raleo
Poda alta	7,5	12,0	durante el primer raleo
Poda alta	10,0	15,0	antes del segundo raleo

(Adaptado de Evans, 1984).

La aplicación de raleos en *P. caribaea* es un tratamiento básico que permite mejorar la calidad del rodal, disminuye la posibilidad de incendios, estimula la producción de semillas y disminuye los riesgos por ataques de plagas y enfermedades. El raleo como medida silvicultural, permite reducir el tiempo de producción, aumentar el tamaño de los productos y su calidad.

Dependiendo de los objetivos de la plantación, la densidad del rodal se maneja a diferentes niveles. Cuando el objetivo de la producción es obtener material leñoso para pulpa, leña o postes pequeños, la densidad del rodal se debe mantener en niveles altos.

Sin embargo, si el objetivo de la producción es obtener madera para aserrar o para contrachapados, el rodal se maneja a bajas densidades, pero sin caer en la subutilización del sitio, o en permitir que los árboles crezcan totalmente libres de competencia. Árboles creciendo completamente libres de competencia tienden a retrasar su crecimiento y a desarrollar fustes cónicos con ramificación excesiva (Figura 13).

Bajo la primera alternativa el objetivo de manejo se traduce en maximizar el crecimiento del rodal por unidad de área ($m^3/ha/año$), mientras que bajo el segundo objetivo se busca maximizar el crecimiento de los árboles en el rodal ($m^3/árbol/año$). El Cuadro 5 presenta un resumen de los niveles de densidad a los que se debe manejar un rodal, dependiendo del objetivo de la producción.

Siguiendo lo establecido en el Cuadro 5 y de acuerdo con el objetivo de la plantación, cada vez que el rodal alcance el límite superior del rango de densidad correspondiente, se debe realizar un raleo, el cual permita reducir la densidad del rodal hasta un valor cercano al límite inferior del rango indicado en el Cuadro 5.

Sin importar el objetivo de la producción, en todo rodal de pino caribe se debe practicar al menos un raleo sanitario, que permita mejorar la calidad del rodal. Durante este primer raleo se deben eliminar todos los árboles mal formados, torcidos, bifurcados, quebrados, enfermos o con cola de zorro (Figura 14).

En la producción de árboles para pulpa, leña o postes pequeños, se recomienda plantar 1600 árboles a 2,5 x 2,5 m, realizar un único raleo sanitario al momento de cierre del dosel y cosechar todos los árboles entre los ocho y 12 años, dependiendo de la calidad del sitio.

En la producción de árboles para aserrío, contrachapado o postes de gran dimensión, se recomienda plantar 1100 árboles a 3x3 m, realizar un primer raleo sanitario al momento del cierre del dosel y continuar con los raleos de acuerdo con lo estipulado en el Cuadro 5, hasta que queden para la corta final entre 250 y 400 árboles/ha, los cuales tendrán un diámetro estimado entre 28 y 37 cm (a mayor número de árboles en la plantación menor será el diámetro de los mismos). La corta final puede darse entre los 15 y 25 años, dependiendo de la calidad del sitio de plantación.

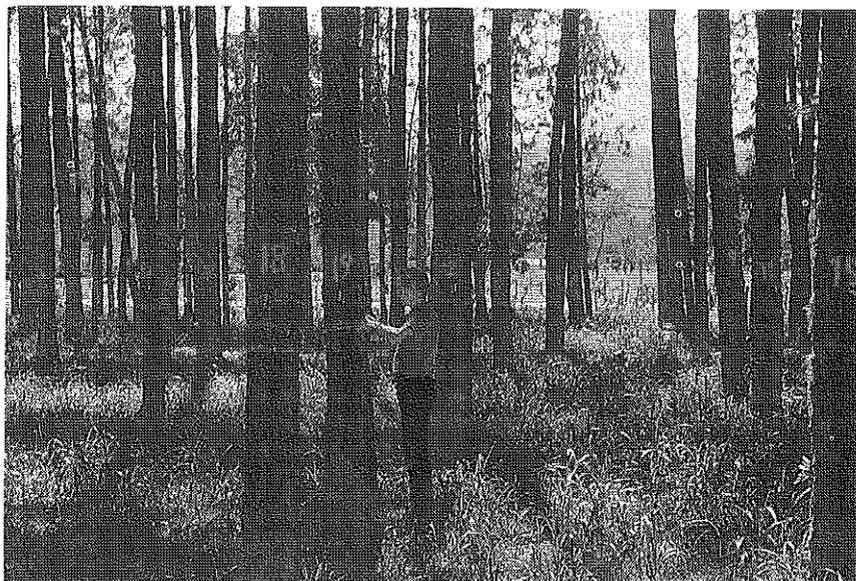


Figura 13. Ensayo de raleos de 11 años de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Turrialba, Costa Rica, mostrando el raleo fuerte para maximizar el crecimiento individual por árbol.

Cuadro 5. Niveles de densidad del rodal, medidos en términos del Índice de Espaciamiento (S%) e Índice de Densidad del Rodal (IDR), dentro de los cuales se debe mantener un rodal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* según los objetivos de producción.

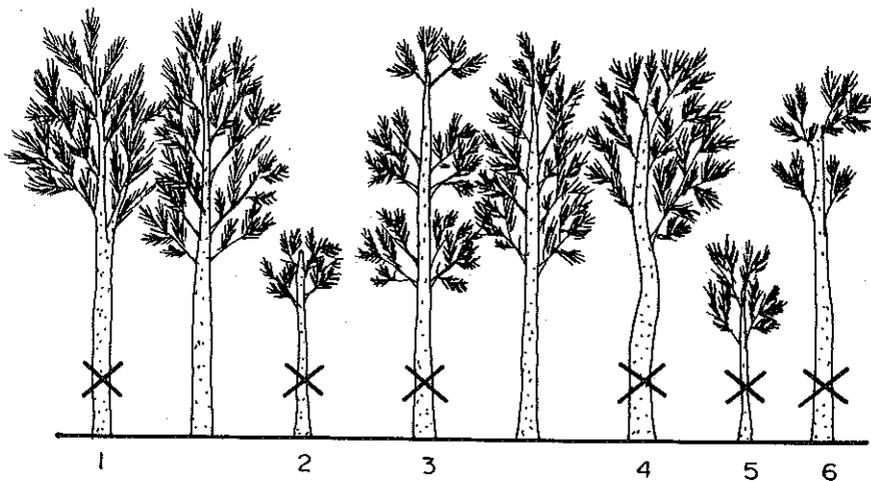
Objetivo de la plantación	Rango de densidad del rodal; producción dentro de la que se debe mantener la plantación	
	S% (1)	IDR (2)
Maximizar el crecimiento del rodal por unidad de área.	entre 19 y 15%	entre 483 y 759
Maximizar el crecimiento de los árboles en el rodal.	entre 26 y 19%	entre 207 y 483

(1) Para el caso del Índice de Espaciamiento (S%), un S% bajo indica alta densidad del rodal, mientras que un alto valor indica baja densidad del rodal.

(2) Para *Pinus caribaea* el Índice de Densidad de Rodal (IDR) se calcula utilizando la fórmula:

$$\text{IDR} = N (25/d) - 1,667$$

donde: N = número de árboles por hectárea
 d = diámetro cuadrático promedio de los árboles en el rodal



1- Arbol bifurcado

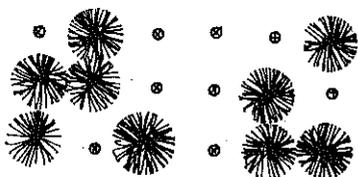
4- Arbol simoso

2- Arbol muriendo

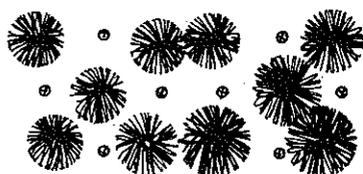
5- Arbol suprimido

3- Arbol cola de zorro

6- Arbol copa quebrada



Distribución inadecuada



Distribución adecuada

Figura 14. Selección y distribución correcta de los árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en la ejecución de un aclareo.
Fuente: Vásquez y Salazar (1989).

Protección del rodal

La experiencia muestra que una buena protección de los bosques y plantaciones, tiene como principio básico la realización de las prácticas silviculturales, requeridas en el momento oportuno y siguiendo las técnicas adecuadas (Viquez 1988). Las actividades de protección deben ser parte del programa de trabajo anual, para obtener del rodal los productos en la cantidad y de la calidad deseada. Estas medidas deben estar orientadas a prevenir los daños ocasionados por animales, fuego y plagas y enfermedades.

La protección del rodal debe dar inicio antes de que aparezca el problema, así, un adecuado programa preventivo debe incluir las siguientes actividades (Viquez, 1988):

a. Evitar las epidemias o problemas originados en el interior del rodal.

- realizar revisiones frecuentes del rodal, principalmente cuando se presentan cambios climáticos (inicio de lluvias, sequías) o alteraciones ambientales (inundaciones, quemas, etc.).
- realizar las actividades silviculturales (podas y raleos), en las épocas de menor riesgo de proliferación de plagas.
- seleccionar adecuadamente los sitios de plantación, de tal forma que los árboles se encuentren dentro de su ámbito de requerimientos ambientales.
- evitar la acumulación de desechos vegetales que vayan a ser hospedero de plagas y enfermedades, o de cualquier otro material de fácil y rápida combustión.

b. Evitar las epidemias o problemas que se originan en el exterior.

- construir cercas o vallas que impidan la entrada de ganado a la plantación.
- seleccionar estrictamente el material nuevo que vaya a ser utilizado en el proyecto, desechando todo el material de baja calidad, enfermo o de mala apariencia.

- construir y mantener limpias fajas cortafuegos y rondas en la periferia del rodal, especialmente en las zonas que limitan con una vía pública.
- c. Evitar la propagación
- antes de que aparezca el problema se deben construir barreras que impidan su propagación, tales como setos vivos, espacios abiertos entre rodales, cortinas rompevientos, etc.

Medidas de control

Cuando un problema sanitario aparece en una plantación o bosque, se debe controlar el problema, impidiendo que el mismo se extienda por toda la plantación, o hacia otras plantaciones. Las medidas de control se basan en tres actividades:

a. Cuarentena

Una vez identificado el foco de infección, éste se marca y se procede a realizar un aislamiento del mismo, a través de chapeas, podas, raleos, espacios abiertos, etc.

b. Combate

El combate de la plaga o enfermedad consiste en la aplicación de medidas tendientes a reducir la población del agente causal del problema. En las medidas de combate se deben considerar los siguientes pasos:

- identificación del agente causal y con ello sus características biológicas, vector de propagación, parásitos, demografía, etc.
- evaluar los daños a presente y futuro y decidir si es rentable o no su combate.
- con base en el punto anterior, seleccionar las medidas de combate más apropiadas.

c. Evitar el contagio

Se debe impedir que los propágulos (huevos o esporas), se propagen de un sector a otro del bosque. Para esto se recomienda:

- evitar la movilización excesiva de personal por el interior.
- desinfectar las herramientas de trabajo, sierras, botas, carretillos, etc.
- incinerar el material infestado en el propio sitio.

Crecimiento y rendimiento

Hacen falta más estudios a nivel regional, que ayuden a clasificar la calidad de las tierras donde se puede plantar el pino caribe. Sin embargo, estudios localizados en Panamá y en Costa Rica, indican que la calidad del sitio es afectada por el drenaje interno, la posición topográfica o micro-relieve, el contenido de limo, la profundidad efectiva, el contenido de zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y por la acidez del suelo (pH).

Debido a la falta de estudios más amplios, para estimar el volumen de árboles en pie, los modelos utilizados por Reynoso y García (1985), parecen ser los más amplios. Sin embargo, modelos de forma del fuste como el desarrollado por Ortíz y Camacho (1986), son mucho más útiles para estimar volúmenes de productos específicos.

Las tablas de rendimiento desarrolladas hasta la fecha no han sido validadas; especialmente, no se cuenta con tablas de rendimiento para rodales manejados. En Costa Rica, para rodales sin manejo, un sitio de calidad promedio (IS=22m), con 1100 árboles iniciales por hectárea, puede llegar a los 14 años a 333m³ de volumen total con corteza. En La Yeguada, Panamá, a los 14 años de edad los volúmenes varían desde 117 m³/ha en el peor sitio, hasta 354 m³/ha en el mejor sitio.

Clasificación de sitios según su calidad

La calidad del sitio es el término que indica la capacidad que tiene un terreno, para que árboles de una especie cualquiera crezcan en él; está determinada por la acción conjunta de las características climáticas, fisiográficas y edáficas del sitio.

Utilizando información de 58 parcelas temporales en Costa Rica, Liegel *et al.* (1987), desarrollaron un sistema de clasificación de sitios según su calidad. El primer paso fue ajustar una ecuación para estimar el crecimiento a altura dominante (hd), para lo cual se utilizó el modelo de Schumacher modificado y la técnica expuesta por Alder (1980).

$$\text{Ln}(\text{hd}) = a + b (1/\text{SQR}(\text{Ep})) \quad (1)$$

donde:

Ln	=	logaritmo natural base e
hd	=	altura dominante
a	=	intercepto= 3,91638
b	=	pendiente= -3,40031
SQR (Ep)	=	raíz cuadrada de la edad de la plantación
R ²	=	75%

Sustituyendo el índice de sitio (IS) por hd para una edad base (Eb) de 15 años en este caso, anotando "a" como "a_i" dado que cambia para cada IS y despejando "a_i" tenemos:

$$a_i = \text{Ln}(\text{IS}) - b/\text{SQR} \text{Eb} \quad (2)$$

Sustituyendo la ecuación 2 en 1 tenemos el modelo anamórfico o de pendiente común recomendado por Liegel *et al.* (1987).

$$\text{Ln}(\text{hd}) = \text{Ln}(\text{IS}) - b [1/\text{SQR} \text{Ep} - 1/\text{SQR} \text{Eb}] \quad (3)$$

Este sistema se utiliza para determinar la calidad de sitio (IS) que tenemos para rodales previamente establecidos haciendo uso de la familia de curvas anamórficas o de pendiente común (b común) de la Figura 15 o empleando directamente la siguiente ecuación:

$$\text{Ln}(\text{IS}) = \text{Ln}(\text{hd}) + b (1/\text{SQR} \text{Eb} - 1/\text{SQR} \text{Ep}) \quad (4)$$

donde:

Ln	=	logaritmo natural base e
IS	=	altura dominante a la edad base
Eb	=	edad base de 15 años

Bajo este sistema, un sitio se clasifica según su calidad calculando su correspondiente índice de sitio (IS), para lo cual se introduce, en la ecuación (4), la información de edad (Ep) y altura dominante (hd) del rodal a clasificar.

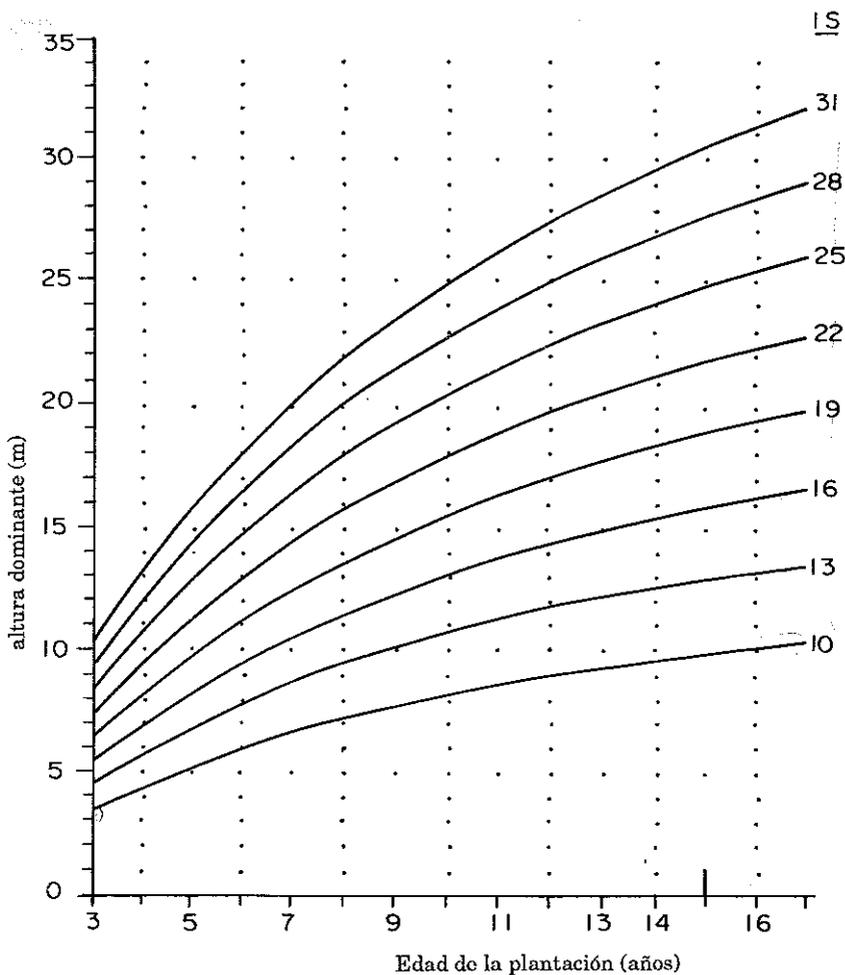


Figura 15. Crecimiento en altura dominante para diferentes índices de sitio (IS) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica.

Fuente: Liegel *et al.* (1987).

Por ejemplo, dos sitios con rodales de 10 años de edad cada uno, pero con diferente altura dominante (altura promedio de los 100 árboles más altos por hectárea), 15 y 20 m, tendrán un IS de 18 y 24 respectivamente, esto indica que el sitio con IS de 24 es un sitio de mejor calidad para *P. caribaea* que el sitio con IS de 18.

En sitios donde no existen plantaciones de la especie, la calidad del mismo puede determinarse utilizando las características climáticas, edáficas o fisiográficas del lugar.

Aunque no existen modelos que estimen el índice de sitio a nivel del área centroamericana, las siguientes ecuaciones dan un ejemplo para dos sitios; en Costa Rica (Ortega, 1986) y Panamá (Vásquez, 1987), respectivamente.

$$IS = -1,0215 + 0,1471L + 0,0187A + 1,9402PE + 0,0377MR$$

donde:

- IS = índice de sitio en metros
- L = porcentaje de limo de 0 a 20 cm de profundidad del suelo
- A = altitud en metros sobre el nivel del mar
- PE = profundidad efectiva del suelo en metros
- MR = microrelieve según T. Schinkel (1972), citado por Ortega (1986)
- R² = 50%
- IS = 155,7363 + 18,4412PT - 1,2354 Limoso.

donde:

- IS = índice de sitio en decímetros (edad base 15 años).
- PT = posición topográfica (cima =1, pendiente superior=2, pendiente inferior = 3, fondo plano = 4)
- Limoso = porcentaje de limo de 30 a 50 cm de profundidad del suelo
- R² = 90%

Estimación del rendimiento presente

Reynoso y García (1985), desarrollaron una tabla de volumen para *P. caribaea* var. *hondurensis* basados en la siguiente ecuación de volumen:

$$V = 0,01755 + 0,34423 (d^3h)$$

donde:

- V = volumen total con corteza (en m³)
- d = diámetro a 1,30 m de altura (en cm)
- h = altura total (en m)

Este modelo o ecuación fue desarrollado para árboles con diámetro entre 5 y 50 cm y una altura total entre 3 y 30 metros.

Asimismo, Salazar (1976), desarrolló el sistema de ecuaciones que se presenta en el Cuadro 6. Estas ecuaciones se construyeron a partir de una muestra de 45 árboles, de ocho años de edad y con un dap entre 11 y 28 cm.

Cuadro 6. Sistema de ecuaciones para estimar el volumen de madera en árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, en Turrialba, Costa Rica.

Variable estimada	Ecuación
Volumen total con corteza	$V = 0,0000638 (d)^{1,844} (ht)^{1,007}$
Volumen total sin corteza	$V = 0,0000230 (d)^{1,968} (ht)^{1,085}$
Volumen comercial con corteza hasta 10 cm de diámetro superior	$V = 0,000219 (d)^{1,623} (hc)^{0,891}$
Volumen comercial sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior	$V = 0,0000907 (d)^{**1,703} (hc)^{**0,993}$

donde:

d = dap en cm

ht = altura total del árbol (m)

hc = altura del árbol hasta 10 cm de diámetro superior (m)

V = volumen del árbol (m³)

Fuente: Salazar (1987).

Ortíz y Camacho (1986), desarrollaron un estudio de perfil del fuste para la especie, utilizando información de árboles en plantaciones sin manejo en Costa Rica. A través de este estudio se construyó un juego de tres ecuaciones que permiten estimar el diámetro del fuste a cualquier altura, la altura del fuste correspondiente a un diámetro dado y el volumen del fuste entre dos alturas deseadas. Este sistema de ecuaciones se presenta en el Cuadro 7.

De estos modelos, el trabajo de Reynoso y García (1985), tiene mayor aplicación por el ámbito de valores para diámetro y altura; sin embargo, debe destacarse la utilidad del modelo desarrollado por

Ortíz y Camacho (1986), en la estimación de volúmenes por productos.

Estimación del rendimiento futuro

Utilizando datos de volumen sin corteza y área basal por hectárea para 58 parcelas temporales en Costa Rica, Liegel *et al.* (1987), desarrollaron un sistema de ecuaciones independientes a nivel de rodal que permite estimar el rendimiento actual y futuro para plantaciones de pino caribe. Este sistema se aplica a plantaciones no manejadas, es decir, a plantaciones no sometidas a un programa de podas y raleos.

Para rodales de esta especie en Costa Rica y dentro de los ámbitos de edad, densidad e índice de sitio del Cuadro 8, se pueden preparar tablas y gráficos de rendimiento (volumen total por hectárea) en función de la edad, número inicial de árboles plantados e índice de sitio, utilizando el sistema de ecuaciones mostrado en el Cuadro 9, conjuntamente con la ecuación para estimar el índice de sitio (IS) y la altura dominante (hd). A manera de ejemplo, en los Cuadros 10 y 11 se presentan dos tablas de rendimiento futuro para rodales no manejados, ambos con índice de sitio (IS) 22, pero con densidades iniciales de 1100 y 1600 árboles por hectárea.

Si se desea estimar el rendimiento futuro de una plantación con otro IS, otra densidad inicial de plantación y otra edad, es posible generar la tabla de rendimiento a partir de las ecuaciones del Cuadro 9.

Además de este trabajo regional para plantaciones en Costa Rica, existen otros trabajos, que a pesar de ser más específicos, vale la pena mencionar. Para la reserva forestal La Yeguada en Panamá, Vásquez (1987), desarrolló un modelo para predicción del crecimiento presente y futuro, utilizando un modelo a nivel de clase diamétrica. El Cuadro 12 muestra la tabla de rendimiento para un sitio promedio, clase de sitio II, en esta reserva forestal que contempla unas 1600 ha de pino caribe. Esta tabla de rendimiento muestra en su parte superior, la estimación a nivel de rodal y en la parte inferior, detalla la distribución de la masa por clase diamétrica.

Se recomienda para el futuro mejorar los trabajos de predicción del rendimiento, utilizando modelos a este nivel, dada su gran utilidad para la estimación de volúmenes por clase de productos.

Con base en el crecimiento en área basal, Vásquez (1987), desarrolló la propuesta de aclareo que se muestra en el Cuadro 13, para las plantaciones de La Yeguada, en Panamá.

Debido a la poca información que se tiene sobre el crecimiento y rendimiento del pino caribe a nivel regional, se insta a las Instituciones Nacionales de los países de América Central, a desarrollar investigaciones conjuntas con el fin de mejorar trabajos de este tipo, que sirvan de guía para el manejo adecuado de los bosques y plantaciones de pino caribe.

Cuadro 7. Sistema de ecuaciones para estimar el diámetro de un fuste (d_i) a una altura dada, altura del fuste (h_i) correspondiente a un diámetro dado y el volumen del fuste (V) entre dos alturas deseadas, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

$$d_i = d [1,0543 - 0,7858 (h_i/ht) - 0,2685(h_i/ht)^2]$$

$$h_i = [-1,4632 + (6,0676 - 3,7243 (d_i/d))^{0,5}] ht$$

$$V(h_1 \text{ a } h_2) = g(x_2) - g(x_1)$$

$$g(x_i) = 0,00007854 (d^{**2}) (ht)^* [0,0144x_i^5 + 0,1055x_i^4 + 0,01171x_i^3 - 0,8285x_i^2 + 1,1116x_i]$$

$$x_i = (h_i/ht)$$

donde:

d = dap en cm

h_i = altura en el fuste (m)

ht = altura total del árbol (m)

d_i = diámetro a una altura h_i dada (cm)

Fuente: Ortíz y Camacho (1986).

Cuadro 8. Ambito de las variables utilizadas para generar los modelos de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo
Volumen (m ³ /ha)	242,3	19,1	665,3
Area basal (m ² /ha)	36,6	5,9	76,3
Arboles vivos por ha	1489,2	621,5	2368,4
hd (m)	14,5	4,7	28,2
IS (m)	20,8	9,0	31,5
Edad (años)	8,1	3,0	17,0
Arboles plantados por ha	1881,9	816,9	2923,9

Fuente: Liegel *et al.* (1987).

Cuadro 9. Sistema de ecuaciones para estimar el rendimiento actual y futuro de plantaciones no manejadas de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en Costa Rica.

$$\ln(\text{Vol}) = -5,67344 + 2,10743 \ln(\text{hd}) + 0,73996 \ln(\text{Ns})$$

$$R^2 = 94\%, \text{Sy.x} = 0,214, \text{FI} = 0,90, \text{Se} = 57,45, n = 57$$

$$\ln(\text{G}) = -5,69082 + 1,39228 \ln(\text{hd}) + 0,76155 \ln(\text{Ns})$$

$$R^2 = 87\%, \text{Sy.x} = 0,211, \text{FI} = 0,84, \text{Se} = 7,47, n = 58$$

$$\ln(\text{Ns}) = \ln(\text{Np}) + [14,49361 - 2,27438 \ln(\text{Np})] \text{Ep} / 100$$

$$R^2 = 67\%, \text{Sy.x} = 0,161, \text{FI} = 0,61, \text{Se} = 248,86, n = 57$$

$$\ln(\text{hd}) = 3,91638 - 3,40031 [1 / \text{SQR}(\text{Ep})]$$

$$R^2 = 75\%, \text{Sy.x} = 0,187, \text{FI} = 0,74, \text{Se} = 2,84, n = 56$$

donde:

- Vol = volumen total con corteza (m³/ha)
- G = área basal (m²/ha)
- SQR(Ep) = raíz cuadrada de edad de la plantación (años)
- hd = altura dominante del rodal a Ep (m)
- Np = número de árboles plantados por hectárea
- Ns = número de árboles supervivientes a Ep
- R² = coeficiente de determinación (%)
- Sy.x = error estándar de la estimación.
- FI = índice de ajuste
- Se = error estandar de estimación en unidades reales
- n = número de observaciones utilizadas en la construcción del modelo.

Fuente: Liegel *et al.* (1987).

Cuadro 10. Tabla de rendimiento para rodales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no manejados en Costa Rica. Densidad de plantación inicial 1100 árboles por ha. Índice de calidad de sitio SI=22.

Edad	N/ha	hd	dq	G	volumen	IDR	S%	imavol	icavol
2	1068	4,8	8,5	6,0	16	176	77,2	8,1	16,2
4	1038	9,7	13,9	15,8	69	390	38,7	17,5	53,1
6	1009	13,2	17,3	23,8	132	547	28,8	22,0	62,2
8	980	15,9	19,8	30,2	191	664	24,2	23,9	59,3
10	953	18,1	21,7	35,2	244	752	21,6	24,5	53,5
12	926	19,8	23,2	39,3	292	820	20,0	24,3	47,2
14	899	21,3	24,5	42,5	333	872	18,9	23,8	41,3
16	874	22,6	25,6	45,2	369	912	18,0	23,1	36,0

donde:

- edad = años
- dq = diámetro cuadrático (cm)
- G = área basal (m^2/ha)
- volumen = volumen total con corteza (m^3/ha)
- hd = altura dominante (m)
- imavol = incremento medio anual en volumen ($m^3/ha/año$)
- icavol = incremento corriente anual en volumen ($m^3/ha/año$)
- IDR = índice de densidad del rodal
- S% = índice de espaciamiento relativo (espaciamiento triangular)

Cuadro 11. Tabla de rendimiento para rodales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no manejados en Costa Rica. Densidad de plantación inicial 1600 árboles por ha. Índice de calidad de sitio SI= 22.

Edad	N/ha	hd	dq	G	volumen	IDR	S%	imavol	icavol
2	1528,5	4,8	8,1	7,9	21	234	64,6	10,6	21,1
4	1460,2	9,7	13,3	20,4	90	512	32,7	22,5	68,9
6	1394,9	13,2	16,7	30,5	167	709	24,5	28,0	77,9
8	1332,6	15,9	19,1	38,1	240	849	20,8	30,0	72,3
10	1273,0	18,1	21,0	43,9	303	948	18,7	30,3	63,2
12	1216,1	19,8	22,5	48,3	357	1020	17,5	29,8	53,9
14	1161,8	21,3	23,8	51,7	402	1070	16,6	28,8	45,4
16	1109,8	22,6	24,9	54,1	440	1104	16,0	27,5	37,9

donde:

- edad = años
- dq = diámetro cuadrático (cm)
- G = área basal (m^2/ha)
- Volumen = m^3/ha
- hd = altura dominante (m)
- imavol = incremento medio anual en volumen ($m^3/ha/año$)
- icavol = incremento corriente anual en volumen ($m^3/ha/año$)
- IDR = índice de densidad del rodal
- S% = índice de espaciamiento relativo (espaciamiento triangular)

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

DISTRIBUCION DE LA MASA POR EDAD Y CLASE DIAMETRICA (DAP = PUNTO MEDIO DE CLASE):

DISTRIBUCION AÑO 6												
dap(cm)	N/ha	h	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	ICAVTcc			
DISTRIBUCION AÑO 8												
dap(cm)	N/ha	h	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	ICAVTcc			
DISTRIBUCION AÑO 10												
dap(cm)	N/ha	h	dg	G	VTcc	Vsc10	IMAG	ICAG	ICAVTcc			
7,00	7,00	11,00	13,00	15,00	17,00	19,00	21,00	23,00	25,00	27,00	29,00	
9,00	9,00	16,00	22,30	23,00	166,00	76,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
53,00	90,00	91,80	103,50	114,70	125,60	136,10	146,30	156,20	165,90	175,30	185,20	
66,20	79,40	1,53	2,96	4,06	3,77	2,15	0,69	0,12	0,39	0,06	0,12	
0,15	0,57	6,08	12,91	19,20	19,11	11,63	3,96	0,75	2,47	0,38	0,75	
0,46	2,03	1,57	4,01	7,00	8,02	5,53	2,10	0,44	1,60	0,27	0,44	
0,07	0,29	0,86	1,95	3,48	4,77	4,79	3,33	1,45	0,39	0,06	0,33	
0,21	1,02	3,40	8,51	16,45	24,17	25,86	18,99	8,74	2,47	0,38	8,74	
0,03	0,21	0,88	2,64	6,00	10,14	12,29	10,09	5,14	1,60	0,27	5,14	
7,00	9,00	11,00	13,00	15,00	17,00	19,00	21,00	23,00	25,00	27,00	29,00	
13,00	26,00	53,00	93,00	139,00	177,00	188,00	160,00	106,00	50,00	16,00	3,00	
0,94	0,17	0,50	1,23	2,46	4,02	5,38	5,54	4,36	2,45	0,92	0,20	
0,12	0,59	2,00	5,38	11,61	20,37	28,77	31,64	26,21	15,45	6,02	1,36	
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 12. Continuación...

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

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

N/ha = número de árboles por hectárea

hd/m = altura dominante

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

Vtcc = volumen total con corteza

IMAG = incremento medio anual en área basal por hectárea

ICAG = incremento cortíente anual en área basal por hectárea

Fuente: Vásquez, 1987.

Cuadro 13. Propuesta de aclareo para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Material en pie después del aclareo										Incrementos								
Edad (años)	N/ha	hdom (m)	S%	H (m)	dg (cm)	C _g (m ²)	Vasc10 (m ³)	N/ha	H (m)	Dg (cm)	C _g (m ²)	Vsc10 (m ³)	Total			IMA*		
													C _g (m ²)	Vsc10 (m ³)	G _g (m ² /año)	V _{fc} 10 (m ³ /año)	G _g (m ² /ha)	V _{fc} 10 (m ³ /ha)
Clase de sitio I																		
0,001100,00																		
14,00556,00	21,20	20,00	20,00	27,60	33,47	226,41	467,00	16,80	17,40	11,16	36,87	44,63	263,28	3,19	18,81	3,18	18,80	
2,000308,00	28,50	20,00	20,00	41,60	41,98	285,94	248,00	19,90	23,20	10,51	53,37	63,71	376,08	3,19	18,80	3,19	18,94	
24,0030,00	32,90	17,00	30,40	47,60	54,74	365,60						76,47	445,85	3,19	18,60			
Clase de sitio II																		
0,001100,00																		
16,00689,00	20,60	20,00	20,00	27,00	33,82	167,99	434,00	13,20	18,20	11,28	26,96	45,10	194,95	2,82	12,18	2,80	12,18	
22,00353,00	26,60	20,00	20,00	38,20	40,50	204,17	236,00	15,80	23,40	10,12	36,90	61,90	268,03	2,81	12,18	2,81	12,86	
26,00353,00	30,40	18,00	24,60	43,20	51,74	255,61						73,14	319,47	2,81	12,29			
Clase de sitio III																		
0,001100,00																		
18,00678,00	19,20	20,00	14,60	24,90	33,13	132,52	345,00	12,30	20,20	11,04	25,34	44,17	157,86	2,45	8,77	2,42	8,60	
24,00430,00	24,10	20,00	18,60	33,60	38,12	158,25	248,00	13,30	22,10	9,53	25,87	58,69	209,46	2,45	8,73	2,44	9,01	
28,00430,00	27,20	18,00	20,30	37,60	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 % de Hart
- h altura total promedio
- dg diámetro a 1,3 m correspondiente al árbol de área basal promedio
- G_g área basal por hectárea
- Vsc10 Volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

Fuente: Vásquez, 1987.

BIBLIOGRAFIA

- BARRET, W.; GOLFARI, L. 1962. Description of two new varieties of *Pinus caribaea*. Caribbean Forester (P.R.) 23(2):59-71.
- BRITO, P.; COMERMA, J.; CAÑIZALES, R. 1975. Aptitud de las tierras de la zona de Chaguaramas, estado Monagas, para la siembra de *Pinus caribaea*. Agronomía Tropical (Ven.) 25(4):295-304.
- BROSAHAN, J. 1982. Sobrevivencia de plántulas de *Pinus oocarpa* con diferentes sistemas de embalaje en la Unidad de Manejo de Macuelizo. In Jornada de Reforestación. (4., 1982, Siguatepeque, Hond.). Actas. Comp. por O.E. Munguía; E.M. Molina. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR. p. 181-184.
- CARMEAN, W. H. L.; KOK, C. T. 1974. Site quality for caribbean pine in Peninsular Malaysia. Malaysian Forester (Malaysia) 37(2):109-119.
- CHITTENDEN, A. E.; JARMAN, G. C.; PALMER, E. R.; HUGHES, J.F. 1967. The pulping properties of *Pinus caribaea*. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 46(1):22-35.
- EVANS, J. 1984. Plantation forestry in the tropics. Oxford, G.B. Clarendon Press. 472 p.
- GALLOWAY, G.; BORGIO, G. 1983. Manual de viveros forestales en la Sierra Peruana. Lima, Perú, INFOR. 123 p.
- GOLFARI, L. 1963. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasylva (Italia) 17(1):32-42.
- HUGHES, J. F. 1967. The natural distribution growth and botanical variation of *Pinus caribaea* and its cultivation in South Africa. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 46(1):177-179.
- 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.
- KEAT, T. S. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean Pine growth and yield. Malaysian Forester (Malaysia) 44(1):60-73.

- KEMP, R. H. 1972. Seed sources and seed procurement of low-altitude tropical pines in Central America. In Selection and breeding to improve some tropical conifers. Ed. by J. Burley; D. G.Nikles. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute. v.1, p. 9-16
- LAMB, A. F. A. 1973. Fast growing trees of the lowland tropics; *Pinus caribaea*. Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Papers no.6. 254 p.
- LIEGEL, L.; CAMACHO M., P.; PARRESOL, B.P.; DELL, T.R.; DOBELBOWER, K. R. 1987. Caribbean pine plantations in Costa Rica. s.l. USDA Forest Service. 26 p. (Mimeografiado).
- MESEN, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no.156. 42 p.
- MIROV, N. T. 1967. The genus *Pinus*. New York, EE.UU. Ronald Press. 602 p.
- MUSALEM S., M. A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el trópico húmedo, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 108 p.
- NAPIER, I. 1981. Calidad de plántulas: un factor decisivo en el establecimiento de pinos a raíz desnuda en los trópicos. In Producción de madera en los neotrópicos. Ed. por J.L Whitmore. Río Piedras, P.R. IUFRO(MAB)/For. Service (USDA). p. 171-190.
- NAPIER, I. 1985. Técnicas de Viveros Forestales con referencia especial a Centroamérica. ESNACIFOR (Hon.). Publicación Miscelánea no.5. 274 p.
- ORTEGA, B. 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., UCR-CATIE. 110 p.
- ORTIZ, E.; CAMACHO, P. 1986. Aplicaciones de los estudios de forma del tronco en dos especies forestales. In Congreso Forestal Nacional (1986, San José, C.R.)
- ORTIZ, E. 1989. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. ITCR. Serie de Apoyo Académico no.10. 32 p.

- ORTIZ, E. 1989. Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. ITCR. Serie de Apoyo Académico no.10. 32 p.
- PLATTEBORZE, A. 1970. A soil and vegetation study under a *Pinus caribaea* plantation in West Malaysia. *Malayan Forester (Malaysia)* 33(3):243-255.
- PLATTEBORZE, A.; CHONG, S.K.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.
- PULIDO P., H. 1971. Métodos de evaluación y principales factores del medio ambiente que afectan la calidad de sitio: investigación bibliográfica. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Centro de Estudios Forestales de Posgrado. 36 p.
- RAMIREZ C., A.; BONILLA S., M.; RIVERA G., D.; SAN ROMAN J., M. DE; UGALDE A., L.A. 1981. Propiedades y usos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* procedente de Turrialba, Costa Rica. Turrialba, C.R., CATIE. 19 p.
- REYES, C.; GONZALEZ, J. 1982. Siembra directa con *Pinus caribaea* en la Mosquitia de Honduras. In Jornada de Reforestación (4., 1982, Siguatepeque, Hond.) Actas. Comp. por O.E. Munguía; E.M. Molina. Tegucigalpa, Hond., COHDEFOR. p. 185-191.
- REYNA R., N. 1978. Análisis del incremento de madera y estudio de la mancha azul en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 128p.
- REYNOSO, F.; GARCIA, R. 1985. Tabla de volumen estandar y de factor de forma para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Instituto Superior de Agricultura (R.D.). Nota Técnica no.12. 7p.
- ROBY, A. J. 1985. The relationship between soil and growth of five different sites in Jamaica and their relationship to rainfall. Mag.Sc. Thesis. Oxford, G.B., Oxford University. 86 p.
- SALAZAR F., R.; ALVERTIN, W. 1973. Requerimientos edáficos y climáticos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari. Turrialba (C.R.) 23(4):444-450.

- SALAZAR F., R. 1973. Zonificación Ecológica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *Tectona grandis* para Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 123 p.
- SALAZAR F., R. 1976. Rendimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari, a los ocho años de edad en el Cantón de Turrialba. Turrialba, C.R., Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. 33 p.
- SALAZAR F., R. 1985. Productividad del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari, en Turrialba, Costa Rica. IPEF (Bra.) no. 29:19-24.
- 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.
- SOMARRIBA, E.; VEGA, E.; DETLEFSEN, G.; PATIÑO, H.; TWUM-AMPOFO, K. 1986. Pastoreo bajo plantaciones de *Pinus caribaea*. El Chasqui (C.R.) no 11:5-8.
- TEOH, S.K. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean pine growth and yield. Malaysian Forester (Malaysia) 44(1): 60-76.
- 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 A., L. A. 1981. Tablas de volumen para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Turrialba, C.R., CATIE. 7 p. (Mimeografiado).
- URE, J. 1950. The natural vegetation of the Kaingaroa plains as a indicator of site quality for exotic conifers. New Zealand Journal of Forestry (New Zealand) 6(2):112-123.
- 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, C.R., CATIE/UCR. 113 p.

- VASQUEZ C., W.; SALAZAR F., R. 1989. Guía para el manejo de plantaciones de pino caribe en La Yeguada, Panamá. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no.138. 37 p.
- 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.
- VINCENT, L.W. 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.
- VIQUEZ, M. 1988. Programa de Protección Forestal en Proyectos de Producción. In Compendio sobre experiencias en la biología y comportamiento de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Cartago, C.R., ITCR, Departamento de Ingeniería Forestal. 104 p.
- WOLFFSOHN, A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: estudios sobre su manejo en sitios nativos. ESNACIFOR (Hond). Serie Miscelánea no.3. 66 p.

PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA*

JEFATURA

Rodolfo Salazar, Ph.D.
Douglas Asch, Sr.

Líder Regional
Administración

SILVICULTURA

Miguel Musálem, Ph.D.
David Hughell, M.Sc.
William Vásquez, M.Sc.
Luis Ugalde, Ph.D.

Silvicultor Principal
Modelación
Silvicultura
Manejo de Información

SOCIOECONOMIA

Thomas McKenzie, M.Sc.
Dean Current, M.Sc.

Economista Principal
Socioeconomía/Manejo de
Información

Carlos Reiche, M.Sc.
Manuel Gómez, M.Sc.

Economía
Economista Asistente

EXTENSION

Carlos Rivas, M.Sc.
Ana Loaiza, Bch.
Elf Rodríguez, Lic.

Extensionista Principal
Diseño Gráfico
Editor

PAISES

GUATEMALA

Carlos Figueroa, M.Sc.
Eberto de Loón, Lic.

Coordinador Nacional
Economía

HONDURAS

Rolando Ordóñez, Das.

Coordinador Nacional

EL SALVADOR

Hugo Zambrana, M.Sc.
Modesto Juárez, M.Sc.

Coordinador Nacional
Economía

COSTA RICA

Carlos Navarro, M.Sc.
Fabián Salas, Ing.

Coordinador Nacional
Economía

PANAMA

Blás Morán, Ing.

Coordinador Nacional

* Madeleña es un proyecto de investigación, capacitación y disseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP, y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala con la coordinación regional del CATIE

Publicación del Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple
MADELEÑA/CATIE/ROCAP 596-0117

Editor : Elí Rodríguez
Montaje de Artes Finales : Ana Loaiza
Levantado de Texto : Roger Morales D.

Impreso en Litografía e Imprenta LIL, S.A.

Edición de 1000 ejemplares

Se terminó de imprimir en el mes de Julio de 1991