

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

Guía de vivero y plantación de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

Juan Francisco Perera Lumbí

Marzo del 2001
Chapingo, Estado de México

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. C.



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Bib. 95633
A38214

**Guía de vivero y plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*
(Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua**

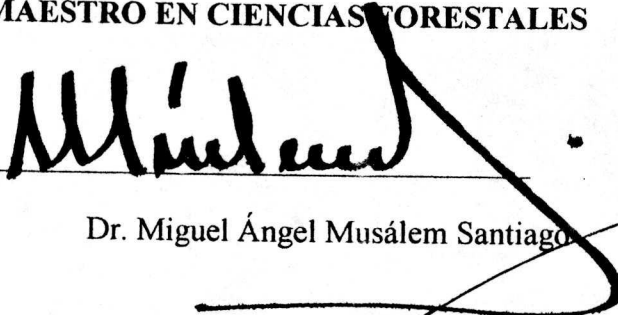
Por:

Juan Francisco Perera Lumbí

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Musálem, misma que ha sido aprobada por el siguiente Comité Asesor indicado y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

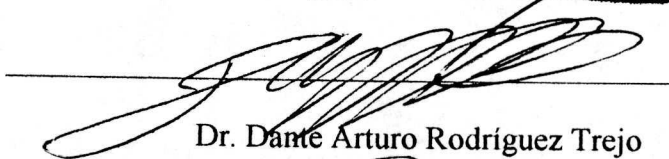
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



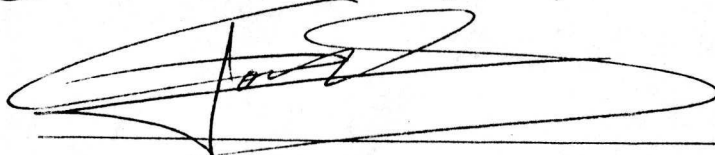
Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago

ASESOR:



Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR:



M.C. Jorge Antonio Torres Pérez

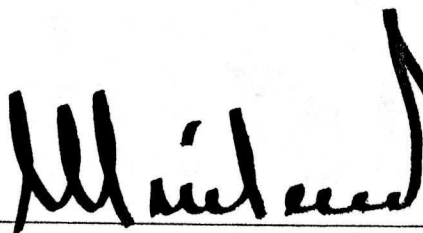
Chapingo, México; marzo del 2001.

A38214

**Guía de vivero y plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*
(Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua**

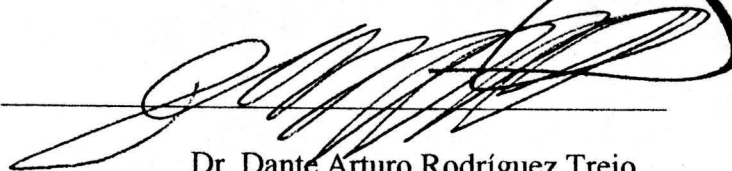
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Juan Francisco Perera Lumbí**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias, estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



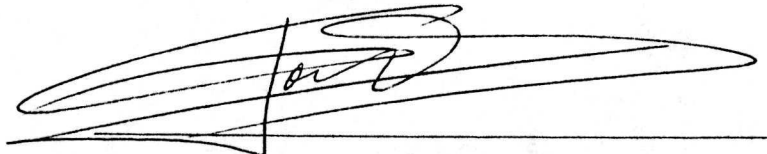
Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago

ASESOR:



Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR:



M.C. Jorge Antonio Torres Pérez

Chapingo, México; marzo del 2001.

PRIMERA PARTE

Dedicatoria

A mi familia, especialmente a Catalina, mi madre, y a mis hermanos Alejandrino y Marta, que me brindaron su apoyo económico y moral y, con ello, la posibilidad de dejar el duro trabajo, propio del campesino, por la reconfortante oportunidad de estudiar; lo que representó la posibilidad de apoyar más dinámicamente a mis compañeros campesinos en su lucha cotidiana por llevar adelante a su familia, comunidad y nación.

A los plantadores de *Pinus caribaea* variedad *hondurensis*, a los profesionales forestales, agrónomos, técnicos forestales, técnicos agropecuarios, viveristas, autoridades y otras personas que contribuyen a la forestación y reforestación, quienes serán usuarios de este producto.

Agradecimientos

A la Fundación para la Autonomía y Desarrollo de la Costa Atlántica de Nicaragua (FADCANIC) que me otorgó la beca y administró los fondos requerido para los dos años de duración de la estadía en la Universidad Autónoma Chapingo, para concluir la Maestría en Ciencias Forestales; además del financiamiento total de la presente investigación de tesis.

A la OED de Austria, que financió en su totalidad el proyecto denominado “Formación de profesionales para el fortalecimiento de la autonomía en la Región Autónoma Atlántico Norte de Nicaragua”.

A mi director de tesis, Dr. Miguel Ángel Musálem, y a mis asesores, Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo y el MC. Jorge Antonio Torres Pérez, por su valioso apoyo en la realización de esta investigación.

A todas aquellas personas de México, Nicaragua, Guatemala y Venezuela que me brindaron su apoyo en el proceso de recolección de la información que sustenta a este trabajo.

Datos biográficos

EL autor es Ingeniero Forestal con Orientación en Economía y Ordenamiento, egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, México. Además, realizó estudios de Técnico en Agricultura y Ganadería en el Instituto Agropecuario Bernardino Díaz Ochoa de Siuna, Nicaragua; Técnico en Planeación y Proyectos en el Centro de Capacitación Oscar Robelo de Managua, Nicaragua; y Técnico en Multimedia Aplicados al Desarrollo Rural en el IICA, San José, Costa Rica.

En la experiencia laboral del autor sobresalen, trece años de trabajo con instituciones dedicadas a la atención al campesino en agricultura, ganadería, medio ambiente y reforma agraria. Entre los cargos desempeñados se encuentran: Técnico de campo y Supervisor de Asistencia Técnica en Programas Campesinos de Siuna, Nicaragua; Jefe del Departamento de Estudios y Proyectos, Director Regional de Planificación y proyectos y Director Regional de Economía en el Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua; Jefe Nacional del Departamento de Seguimiento y Evaluación y Director Nacional de Organización Campesina en el Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria.

Resumen

A pesar de que *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari es uno de los pinos mas plantados en los trópicos y subtrópicos del mundo, no se dispone de guías completas que apoye a los plantadores. Esta tesis tiene como objetivo proporcionar una guía integral, que sirva como herramienta de apoyo a los hacedores de plantaciones que trabajan con esta variedad.

En general, la elaboración de la guía se sustentó en la revisión, integración, análisis y síntesis de estudios existentes de la variedad *hondurensis*, así como la captación, revisión, integración, análisis y síntesis de la experiencia empírica de los hacedores de plantaciones de esta variedad en México, Nicaragua y Venezuela y la revisión de los aspectos deficientes de la variedad con especies con aspectos similares a este pino, entre los que se utilizó a *Pinus oocarpa* y *Pinus patula*.

De acuerdo con un guión preestablecido que cubre las partes mas importantes del conocimiento de la especie, se procedió a elaborar la guía del manejo de semillas, producción de plantas en vivero, plantación y manejo de plantaciones de la variedad *hondurensis*, dirigida para la República de Nicaragua, pero que es aplicable a condiciones similares del trópico y subtrópico del mundo.

Palabras clave: Guía/ Manejo de semillas/ Producción de plantas en vivero/ Plantación/ Manejo de plantaciones / *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari / Trópico y Subtrópico/ América Central/ Nicaragua.

Abstract

Though is one of the most planted pines in the world tropical and subtropical areas there isn't any complete guide to support those who have planted it. This Thesis goal is to provide an integral guide to be used as a support tool for planters working with this variety.

The guide preparation was based on the revision, integration, analysis and synthesis of existing research of variety *hondurensis* as well as in the review, integration, analysis and synthesis of the empiric experience of those who have worked in this variety in Mexico, Nicaragua and Venezuela. Also, it was based on the review of the less known aspects of this variety with similar ones to this Pinus, among others *Pinus oocarpa* y *Pinus patula*.

According to a established guide which covers the most important parts of the knowledge on the species, a guide of seed handling, greenhouse production, planting and planting management of variety *hondurensis* was prepared. It is address to the Republic of Nicaragua but can be used in similar conditions in the tropical and subtropical areas around the world.

Key words: Guide / seed handling/ greenhouse production / Planting / Planting management / *Pinus caribaea* Morelet variety *hondurensis* (Sénéclauze) Barret and Golfari / Tropical and Subtropical areas / Central America / Nicaragua / México.

ÍNDICE GENERAL

PRIMERA PARTE

Capítulo	Página
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Datos biográficos	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	vii
Antecedentes	x
Objetivos	xiii
Materiales y métodos	xiv
Resultados y discusión	xvi
Conclusiones y recomendaciones	xviii
Literatura citada	xix

SEGUNDA PARTE

Guía de vivero y plantación de <i>Pinus caribaea</i> Morelet variedad <i>hondurensis</i> (Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua	xxi
--	-----

1. Introducción

En términos generales, Nicaragua es un país con una considerable riqueza forestal, su territorio está constituido casi en un 57.0% de terrenos de vocación forestal equivalente a, aproximadamente, 6.2 millones de hectáreas, de los cuales se considera que 1.8 millones de hectáreas son para fines de conservación y 4.4 millones de hectáreas son para fines de producción sostenida. El bosque existente representa casi el 40 % de la superficie de tierra firme del país (2.6 millones de hectáreas de bosque para producción y 2.2 millones de hectáreas de bosques de conservación y protección) (IRENA/ECOT-PAF, 1992).

De las casi 500 000 hectáreas de pinos con que cuenta Nicaragua, casi un 80 % corresponde al *Pinus caribaea* (Morelet) variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari, que incluye unas 13 000 hectáreas de plantaciones, localizadas en su mayoría en la Región Autónoma Atlántico Norte.

La variedad *hondurensis* ha sido probada e introducida en casi todos los países de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, muestran una gran plasticidad para crecer en áreas tropicales bajas, suelos infértiles, áreas erosionadas y sabanas (Greaves, 1980, 1981). Su uso en plantaciones es muy extendido. Los principales países que lo utilizan en grandes programas de plantaciones son: Brasil, Zaire, Fiji, Australia, Jamaica, Tanzania, Malasia, Surinam, Venezuela y Argentina; por ejemplo, la superficie plantada en Venezuela con esta variedad, es superior a las 600 000 hectáreas.

A pesar de esta gran riqueza que significa el recurso forestal en Nicaragua, durante los últimos años se han observado una serie de problemas en el sector forestal que no solo limitan el desarrollo de las comunidades rurales, sino también el desarrollo del país.

La destrucción masiva y rápida de los recursos forestales en México y América Central ha llegado a niveles muy altos, por ejemplo, en la última década se deforestaron alrededor de 508 000 hectáreas por año en México y de 100 000 a 151 000 hectáreas en Nicaragua (FAO, 1999).

Hasta ahora, la gran mayoría de los proyectos de plantaciones forestales impulsados en México y América Central, se han enfocado, básicamente, a la

conservación y recuperación de los suelos degradados, así como hacia plantaciones ornamentales en zona urbanas y suburbanas. Esta reforestación alcanza cifras hasta de 93 000 hectáreas plantadas en México (Perera, 1999).

La toma de conciencia de la problemática forestal de México y América Central, ha resultado en los últimos años, en un impulso de grandes proyectos de plantaciones comerciales ya que las demandas actuales de materias primas, el aprovechamiento creciente de los recursos, la necesidad de dar al suelo un uso adecuado son, entre otros factores, los que dan al establecimiento de plantaciones una muy alta prioridad sobre otros problemas silvícolas que presenta la región.

Económica y socialmente, *Pinus caribaea* variedad *hondurensis*, se ha constituido como una fuente permanente de resina y sus derivados, para la industria química, así como la producción de madera, celulosa y otros productos que han sido útiles en el desarrollo actual de la humanidad. Todos estos recursos pueden ser incrementados y desarrollados a través de plantaciones forestales comerciales. Además, *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* puede ser un elemento útil en la recuperación de suelos y control de la erosión; también, debido a su resistencia para sobrevivir después de los incendios, la hace que sea apropiada para fines de reforestación en áreas siniestradas. Por su amplia distribución natural e inducida en el Sur de México, América Central y regiones tropicales y subtropicales del mundo, puede ser muy útil en lugares de recreación, entre otras posibles alternativas de uso.

Por lo anterior, la adecuada solución de la problemática que se presenta en los viveros y en el campo, requiere, por un lado, de la investigación científica y de la experimentación en cada uno de los pasos necesarios en su desarrollo, y hace necesario que los futuros programas de producción de planta y plantaciones forestales, sean planificados de tal modo que se tenga planta de óptimas características, basado en los conocimientos adecuados para el establecimiento de plantaciones exitosas, a través de guías tecnológicas que resuman y conjunten en forma de recomendaciones precisas las labores necesarias.

Por lo tanto, en este trabajo se propuso dotar a los profesionales forestales, a los agrónomos, técnicos forestales, técnicos agropecuarios, viveristas, personas encargadas

de las reforestaciones, y a los productores forestales, de los principios básicos para la planificación y conducción de la recolección y beneficio de semillas, en la producción de plantas, en el establecimiento y manejo de plantaciones, a través de la elaboración de la presente guía técnica.

2. Antecedentes

La búsqueda por aprovechar, mejorar e incrementar los recursos forestales de manera adecuada, además de reducir el impacto ecológico que el aprovechamiento provoca, es uno de los problemas al que se enfrenta actualmente México y América Central.

La labor de investigación forestal que se ha venido realizando a través de los años, se ha enfocado a diferentes especies y regiones, cubriendo la temática general. Es necesario ahora concentrar la información más particular para especies y regiones, lo que se considera el paso siguiente en el desarrollo de tecnologías que la actividad forestal de México y América Central requiere.

Algunos autores han hecho énfasis en la necesidad de elaborar guías técnicas para diversas especies forestales de la región, con el fin de dotar a los usuarios de las herramientas útiles en la solución de problemas concretos de producción; entre estos autores están, Musálem, Acosta Mireles y Velázquez Martínez (1992); Carrillo Anzúres y Musálem (1994).

Algunas instituciones han abordado este problema con la elaboración de guías silviculturales (Marchena Matos y Musálem, 1991) para la región tropical; también en esta región, destaca el esfuerzo de la Comisión Forestal de América del Norte (Mosquera, 1988) que ha traducido en un número importante de monografías de especies forestales de los trópicos, incluyendo a México y América Central. Desde luego, los esfuerzos de CATIE en la elaboración de guías para especies forestales de uso múltiple (CATIE, 1991).

En México, a pesar de la gran diversidad de especies que posee, los trabajos de recopilación, integración y síntesis apenas comienzan a desarrollarse, aun cuando las monografías sobre algunas especies de importancia como *Pinus patula*, *P. radiata*, *P. oocarpa*, *P. caribaea* y *Cupressus* sp., entre otras, se han publicado en otras partes del mundo.

Eguiluz Piedra (1978) realizó una recopilación de información acerca de las especies del género *Pinus*, abarcando los datos de descripción botánica, anatomía, importancia y usos. Este trabajo conjuntó, para esa fecha, la mayor parte de las especies

de pinos de México. El trabajo quedó suspendido hasta que Santillán (1991) se enfocó a labores de silvicultura para un amplio rango de especies de coníferas de la Región Central de México. Mas recientemente, Rodríguez Franco (1997) publicó una revisión sobre *Pinus montezumae*, abarcando solamente la silvicultura de la especie.

En la Región Central de México, se han avanzado investigaciones en la regeneración de los bosques, principalmente en la Sierra Nevada, por la coincidencia de trabajo de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo en su Estación Forestal Experimental Zoquiapan, y por el Programa Forestal del Colegio de Postgraduados, que aunados a los trabajos del Centro de Investigaciones de la Región Central, por mas de 20 años han acumulado información que, sin embargo, es escasa y fraccionada.

El Proyecto de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, denominado Desarrollo de Técnicas Silvícolas para el Manejo de Recursos Forestales de Clima Templado y Frío en los Estados de Puebla y México (Proyecto Sierra Nevada) funcionó de 1994 a 1998, con la pretensión de documentar toda la información producida hasta la fecha sobre la regeneración de los bosques de clima templado y frío de la Sierra Nevada, para producir monografías de las especies más importantes; producir un plan de investigación basado en la cooperación horizontal de las instituciones que inciden en la Sierra Nevada, producto del análisis documental, definir los cauces de investigación insuficientemente tocados y también los promisorios, así como fortalecer la capacidad de investigación del área forestal del INIFAP, que contribuya a desarrollar técnicas silvícolas fundamentales que aseguren la continuidad de los bosques de la región.

Uno de los pasos más importantes dentro del Proyecto Sierra Nevada fue el de desarrollar las Monografías de las Especies Forestales que forman parte de la vegetación de los bosques de la Región Central de México, a fin de disponer del estado del conocimiento de la especie, que contenga la información técnica y científica producida para la especie en México y su ubicación en las bibliotecas del país. Asimismo, definir los temas suficientemente conocidos y los que requieren ser profundizados mediante investigación y recomendar lo pertinente.

Hasta la fecha, se han publicado los trabajos monográficos de *Pinus hartwegii* Lindl. de Solís Pérez (1994), *Pinus montezumae* Lamb. de Musálem **et al.** (1996), *Pinus leiophylla* Schl. Et Cham. de Martínez García (1998), *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* de Perera Lumbí (1999), *Pinus michoacana* de Sánchez Cruz (1999), *Pinus chiapensis* de Téllez Pérez (1999), *Pinus greggii* de Martínez Cantera (2000); *Pinus ayacahuite* variedad *veitchii* de Ramírez Luis (1999), *Pinus maximartinezii* de García Rodríguez y Rivera Medrano (1998); y mantiene en la fase final la monografía de la especie *Taxodium mucronatum* de Rodríguez Elizalde (1998), *Pinus pseudostrobus* de López Hernández (2000) y *Cupressus lindleyi* de Belmonte Velásquez (1999).

Derivado de la elaboración de las monografías, ha sido posible derivar guías técnicas para diferentes fases de manejo de las especies estudiadas. En este caso, de la monografía de Pino caribe, se procedió a la elaboración de la presente guía técnica que orienta lo referente a la colecta, beneficio y almacenamiento de semillas, producción de plantas en vivero en bolsas de polietileno y a raíz desnuda, plantación y manejo de plantaciones.

3. Objetivos

De acuerdo con los antecedentes, en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos:

3.1 Objetivo general

Elaborar una guía tecnológica de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* Barrett y Golfari para la recolección, beneficio y almacenamiento de conos y semillas, producción de planta en vivero, establecimiento y manejo de plantaciones en Nicaragua.

3.2 Objetivos específicos

Describir los aspectos de la botánica y ecología de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* en su distribución natural.

Describir y analizar los métodos de colecta, beneficio de conos y semillas, almacenamiento y cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas en vivero de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* en Nicaragua.

Describir y analizar las técnicas para el producción y manejo de plantas en viveros producidas en bolsas de polietileno y a raíz desnuda de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* en Nicaragua.

Describir y analizar las técnicas para el establecimiento de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* en Nicaragua.

Describir y analizar las técnicas para el manejo de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* en Nicaragua.

4. Materiales y métodos

La elaboración de la guía tecnológica para el manejo de semillas, producción de plantas viveros, establecimiento y manejo de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* Barrett y Golfari en Nicaragua, tuvo como documento base la tesis denominada “Estado del conocimiento de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari” (Perera Lumbí, 1999). En general, la elaboración de la guía se sustentó en las siguientes actividades:

4.1 Revisión, integración, análisis y síntesis de estudios existentes de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*

Consistió en la revisión, integración, análisis y síntesis de las investigaciones de temas específicos que se han efectuado para *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* que se encuentran contenidos en la tesis “Estado del conocimiento de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari”, efectuada por Perera Lumbí (1999) y de documentos producto de nuevas investigaciones, posterior a la tesis en mención.

4.2 Revisión, integración, análisis y síntesis de estudios existentes de otras especies con aspectos similares a *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*, entre las que se consideró a *Pinus oocarpa* y *Pinus patula*

Para aquellos temas en los que la información de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* fue escasa a inexistente, se procedió a determinar, revisiar, integrar, analizar y sintetizar la información existente de las especies mencionadas con aspectos similares a la variedad de interés.

4.3 Captación, Revisión, integración, análisis y síntesis de la experiencia empírica de los hacedores de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*

Para la captación de la experiencia empírica de los hacedores de plantaciones, se procedió a hacer lo siguiente:

- Se elaboró una guía para efectuar entrevistas a hacedores de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*.

- Se procedió a seleccionar los proyectos de plantaciones forestales en los que se efectuaran las entrevistas.
- Se visitó a 3 proyectos de plantaciones comerciales de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis*, existentes en México, Nicaragua y Venezuela.
- Se entrevistó a los principales profesionales o técnicos encargados de ejecutar las actividades relacionadas al manejo de semillas, establecimiento y manejo de viveros, establecimiento de plantaciones y manejo de plantaciones, dando prioridad a los temas deficientes.
- Se revisó, integró, sintetizó, analizó e interpretó la información captada en las entrevistas con los hacedores de plantaciones.

4.4 Integración de la información obtenida

La información obtenida, se integró por tema, para su posterior análisis.

4.5 Análisis y síntesis de la información y formulación de recomendaciones

Partiendo de la información integrada, se procedió a analizarla por tema, formular recomendaciones y redacción de la guía.

5. Resultados y discusión

En la segunda parte de este trabajo se presenta la “Guía de vivero y plantación de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua”, de acuerdo al contenido y a la metodología establecida en el anteproyecto de tesis.

La guía conjunta la mayor parte de la información publicada en español en México, Venezuela y América Central, de manera especial, los proyectos La Sabana, Oaxaca, México; Proyecto Forestal del Noreste de Nicaragua; y Corporación Venezolana de Guayana Productos Forestales de Oriente, C.A. de Venezuela; además, conjunta un buen número de estudios realizados en el resto del mundo y, en menor medida, experiencias de profesionales hacedores de plantaciones de Pino caribe.

El análisis de los temas de la guía permite establecer que:

- i) A la fecha, se conoce con amplitud además de la Botánica y Ecología de la variedad, las fases de fenología reproductiva, producción de conos y semillas, áreas de colecta, rendimiento y almacenamiento de semillas, disponibilidad de semillas en el mercado, técnicas de producción de plantas en bolsas y a raíz desnuda, germinación, trasplante, micorrizas y micorrización, selección del área de plantación, época de plantación, métodos de plantación, espaciamiento de plantación, transporte de plantas, crecimientos anormales, ensayos de procedencia y progenie fuera de Nicaragua, crecimiento y rendimiento de la especie fuera de Nicaragua, aclareos, fertilización de plantaciones, plagas y enfermedades, tablas de volumen y modelos de índice de sitios fuera de Nicaragua.;
- ii) A nivel intermedio pero suficiente para el trabajo, los procesos de desinfección del sustrato, época de siembra, profundidad de siembra, cantidad de semilla a sembrar, sustrato en el envase, fertilización de plántulas, sustrato en el almácigo, riego, control químico de malezas con herbicidas en vivero, sistemas de preparación del suelo para plantar, replantación, podas en plantaciones y control químico de malezas con herbicidas en plantaciones, fertilización de plantaciones;
- iii) Y existen lagunas de información, aún cuando se siguen procedimientos para realizarlo en los procesos siguientes: beneficio de conos y semillas en condiciones

del trópico húmedo de Nicaragua, comportamiento de las procedencias nicaragüenses en Nicaragua, impacto ecológico de plantaciones, tablas de volumen en Nicaragua, índice de sitio y rendimientos en Nicaragua.

La guía no contiene lo referente al sistema de producción de plantas en contenedores rígidos, debido a la poca experiencia acumulada con este sistema en Pino caribe. Al respecto, CVG PROFORCA de Venezuela inició la producción de plantas con este sistema en el 2000; pero, por lo prematuro, se sigue experimentando y no se dispone de publicaciones al respecto.

La guía, de acuerdo a su contenido puede ser utilizada por pequeños y grandes plantadores de Pino caribe de Nicaragua, América Central y resto de países con áreas tropicales y subtropicales del mundo que hacen o proyectan hacer plantaciones con diferentes fines de esta variedad.

6. Conclusiones y recomendaciones

1. Pino caribe es una especie muy valiosa por su función ecológica y económica; es la conífera más plantada con fines de comercialización en el mundo tropical y subtropical; tiene una amplia distribución natural y, un gran potencial para reforestaciones con fines de recuperación ecológica; por lo que, se recomienda el estudio intensivo de los aspectos faltantes en el conocimiento de la especie que aseguren su manejo y utilización sostenida.
2. Se recomienda enfatizar investigaciones en lo referente a los temas siguientes:
 - Botánica y ecología: Sucesión.
 - Manejo de semillas: Comportamiento de las procedencias nicaragüenses en Nicaragua y beneficio de semillas en condiciones del trópico húmedo de Nicaragua.
 - Vivero: Sustrato en el almácigo y envases, envases, fertilización de plántulas y control químico de malezas con herbicidas.
 - Plantaciones: Sistemas de preparación del suelo.
 - Manejo de Plantaciones: Control químico de malezas con herbicidas, fertilización, impacto ecológico, tablas de volumen, modelos de índice de sitio y rendimientos en Nicaragua.
 - Protección: Control de plagas y enfermedades.
3. Se recomienda el uso de la guía por pequeños y grandes plantadores, a nivel de América Central y en las condiciones de trópicos y subtrópicos del mundo que reúnan los requerimientos ambientales de Pino caribe.

7. Literatura citada

- BELMONTE VELÁSQUEZ, G. 1999. Estado del conocimiento de *Cupressus lindleyi*. Anteproyecto de Tesis. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 10 p.
- CARRILLO ANZURES, F.; MUSÁLEM, M. A. 1994. Tecnología de producción de plantas forestales en vivero y establecimiento en campo de las principales especies forestales de la Región Central de México. Enviado para su publicación a la Revista México y sus Bosques. 10 p.
- CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- CHAVELAS POLITO, J. 1981. El *Pinus caribaea* Morelet en el Estado de Quintana Roo, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota Técnica No. 10. 8 p.
- EGUILUZ PIEDRA, T. 1977. Los pinos del mundo. Publicación Especial número 1. Departamento de Bosques, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx.. 74 p.
- EGUILUZ PIEDRA, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 623 p.
- FAO. 1999. Situación de los bosques del mundo. FAO: Roma. 154 p.
- FUENTES SALINAS, M. 1986. Apuntes de tecnología de la madera I. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 86 p.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, H.; RIVERA MEDRANO, J. G. 1998. Estado del conocimiento de *Pinus maximartinezii* RZD. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 128 p.
- GREAVES, A. 1978. Description of seed sources and collection for provenances of *Pinus caribaea* variedad *hondurensis*. Tropical Forestry Paper No. 12. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 98 p.
- INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES/ECOT-PAF. 1992. Plan de Acción Forestal. IRENA /ECOT-PAF. Managua Nicaragua. 90 p.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, M.E. 1999. Estado del conocimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Anteproyecto de Tesis. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 10 p.
- MARCHENA MATOS, J. A.; MUSÁLEM, M. A. Casuarina (*Casuarina equisetifolia*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico No. 173 CATIE. Colección de Guías Silviculturales. Turrialba, Costa Rica. 53 p.
- MARTÍNEZ CANTERA, G. 2000. Estado del conocimiento de *Pinus greggii* Engelm. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 382 p.

- MARTÍNEZ GARCÍA, S. 1998. Monografía de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 121 p.
- MUSÁLEM, M. A et al. 1996. Monografía de *Pinus montezumae* Lamb. Desarrollo de técnicas silvícolas para manejo de recursos forestales de clima Templado Frío en los estados de Puebla y Morelos: Proyecto Sierra Nevada. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. El Horno, Chapingo, México. 150 p.
- MUSÁLEM, M. A.; ACOSTA MIRELES M.; VELÁZQUEZ MARTÍNEZ, A. 1992. Regeneración natural de los bosques de coníferas en la Región Central de México. Revista México y sus Bosques, Volumen XXII, No. 1, Enero-Marzo de 1994. pp 23-26.
- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- RAMÍREZ LUIS, A. 1999. Estado del conocimiento de *Pinus ayacahuite* variedad *veitchii* Shaw. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 406 p.
- RODRÍGUEZ ELIZALDE, A. 1998. Estado del conocimiento de *Taxodium mucronatum*. Anteproyecto de Tesis. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 10 p.
- RODRÍGUEZ FRANCO, C. 1997. La silvicultura de *Pinus montezumae* Lamb. en la Región Central de México. Ciencia Forestal (México) 22 (81):91-115.
- SÁNCHEZ CRUZ, O. 1999. Estado del conocimiento de *Pinus michoacana* Martínez. Tesis de Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- SANTILLÁN PÉREZ, J. 1991. Silvicultura de las coníferas de la Región Central. Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 305 p.
- SOLÍS PÉREZ, M. A. 1994. Monografía de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 130 p.
- TÉLLEZ PÉREZ, M. C. L. 1999. Estado del conocimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Tesis de Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 396 p.

SEGUNDA PARTE

**Guía de vivero y plantación de
Pinus caribaea Morelet variedad *hondurensis*
(Sénéclauze) Barrett y Golfari en Nicaragua**

Índice general

1. Botánica y Ecología	2
1.1. Nombres comunes	2
1.2. Distribución	2
1.2.1. Distribución natural	2
1.2.2. Distribución inducida	4
1.3. Marco ecológico	6
1.4. Especies asociadas	13
1.5. Especies asociadas indicadoras de calidad de sitios	15
1.6. Clima	17
1.7. Suelos	17
1.8. Taxonomía	18
1.9. Descripción botánica	19
1.9.1. Árbol	19
1.9.2. Corteza	22
1.9.3. Hojas	22
1.9.4. Ramas	22
1.9.5. Flores	25
1.9.6. Conillos	25
1.9.7. Conos	25
1.9.8. Semilla	28
1.9.9. Madera	28
1.10. Morfología de las plantas en condiciones de cultivo	30
1.11. Fenología reproductiva	30
1.11.1. En su distribución natural	30
1.11.2. En plantaciones	31
1.12. Importancia	32
1.12.1. Importancia económica	32
1.12.2. Importancia para la investigación	32

1.13. Literatura consultada	34
2. Manejo de semillas	44
2.1. Producción y rendimiento de semillas	44
2.1.1. En su área de distribución natural	44
2.1.2. En plantaciones	44
2.2. Época de colecta	47
2.3. Métodos de colecta	47
2.3.1. Colecta de árboles en pie	48
2.3.2. Colecta de árboles derribados en frentes de corta	48
2.4. Beneficio de conos y semillas	48
2.5. Almacenamiento de la semilla	54
2.6. Análisis de laboratorio	55
2.6.1. Número de semillas por kilogramo	55
2.6.2. Análisis de pureza	57
2.6.3. Contenido de humedad base verde	57
2.6.4. Análisis de germinación	58
2.6.5. Pruebas rápidas de viabilidad	58
2.7. Cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas	58
2.7.1. Siembras al voleo y a chorrillo en almácigo con trasplante posterior a envases	58
2.7.2. Producción en bolsas	60
2.7.3. Producción a raíz desnuda	64
2.8. Fuentes de abastecimiento de semillas	65
2.8.1. Con fines comerciales	65
2.8.2. Con fines de investigación	67
2.9. Procedencias y comportamiento de semillas	67
2.9.1. Comportamiento de las procedencias nicaraguenses en otros países	67

2.9.2. Comportamiento de las procedencias nicaraguenses en Nicaragua	71
2.9.3. Nivel de mejoramiento genético	71
2.9.4. Áreas y huertos semilleros	72
2.10. Plagas y enfermedades de conos y semillas	73
2.10.1. Principales insectos que atacan conos y semillas de Pino caribe	73
2.10.1.1. <i>Dioryctria spp.</i>	73
2.10.1.2. <i>Rhyacionia frustrana</i>	73
2.10.1.3. <i>Leptoglossus occidentalis</i>	73
2.10.1.4. <i>Tetyra bipunctata</i>	76
2.10.1.5. <i>Conotrachelus neomexicanus</i>	76
2.10.1.6. <i>Megastigmus spp.</i>	78
2.10.1.7. <i>Frankliniella brevista</i>	78
2.10.2. Enfermedades	78
2.10.2.1. <i>Aspergillus sp.</i>	78
2.10.2.2. <i>Botryodiplodia sp.</i>	80
2.10.2.3. <i>Cronartium conigenum</i>	80
2.10.2.4. <i>Chaetomium sp.</i>	80
2.10.2.5. <i>Fusarium sp.</i>	80
2.10.3. Vertebrados	81
2.11. Literatura consultada	82
3. Producción de plantas en vivero	88
3.1. Técnicas de producción de plantas en vivero	88
3.1.1. Técnica de producción de plantas en envase	88
3.1.1.1. Sustrato en el almácigo	88
3.1.1.2. Sustrato en el envase	88
3.1.1.3. Preparación del sustrato y llenado de bolsas	89
3.1.1.4. Tratamientos para estimular la germinación	91

3.1.1.5. Germinación	91
3.1.1.6. Siembra previa en el almácigo	92
3.1.1.7. Época de siembra en almácigo	94
3.1.1.8. Profundidad de siembra	94
3.1.1.8.1. Profundidad de siembra en el almácigo	94
3.1.1.8.2. Profundidad de siembra en el envase	94
3.1.1.9. Trasplante al envase	96
3.1.1.10. Características del envase	101
3.1.1.11. Poda de plantas en envase	101
3.1.2. Técnica de producción de plantas en vivero a raíz desnuda	101
3.1.2.1. Ventajas de la producción de plántulas a raíz desnuda	102
3.1.2.2. Desventajas	102
3.1.2.3. Selección del sitio	103
3.1.2.4. Determinación del área de crecimiento	103
3.1.2.5. Preparación del sitio	103
3.1.2.5.1. Tala de vegetación leñosa	105
3.1.2.5.2. Arado y limpieza	105
3.1.2.5.3. La nivelación	106
3.1.2.6. Arreglos adicionales	106
3.1.2.6.1. Modificación de la textura	106
3.1.2.6.2. Modificaciones del pH	108
3.1.2.7. Construcción de bancales	110
3.1.2.8. La siembra	111
3.1.2.9. La necesidad de sombra en los bancales	112
3.1.2.10. Poda de raíz	114
3.1.2.11. Poda aérea	117
3.1.2.12. Acondicionamiento de plantas producidas a raíz desnuda	119

3.1.2.13. Extracción de las plántulas	120
3.1.2.14. Clasificación de las plántulas	120
3.1.2.15. Embalaje de plántulas a raíz desnuda	120
3.2. Desinfección del sustrato	123
3.2.1. Con bromuro de metilo	123
3.2.2. Con formalina	124
3.2.3. Con vapor de agua	124
3.2.4. Por solarización	126
3.3. Micorrizas	126
3.3.1. Factores que afectan el desarrollo de las micorrizas	127
3.3.2. Especies de micorrizas asociadas	127
3.3.3. Métodos de inoculación	128
3.3.3.1. Con tierra de plantaciones o de viveros	131
3.3.3.2. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos	131
3.3.3.2.1. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos al momento del trasplante	133
3.3.3.2.2. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos en bolsas ya sembradas antes de la germinación	133
3.3.3.2.3. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos a plantas en crecimiento	134
3.3.3.3. Con cultivos puros	134
3.4. Fertilización	134
3.4.1. Fertilización de plantas producidas en bolsa	135
3.4.2. Fertilización de plantas producidas a raíz desnuda	135
3.5. Riego	137
3.5.1. Riego en semilleros y plantas en bolsa	137
3.5.2. Riego en bancales	139
3.6. Calidad de la planta y clasificación	140
3.7. Meses en vivero	144

3.8. Protección	144
3.8.1. Control de maleza	146
3.8.2. Enfermedades	148
3.8.2.1. Damping-off o Mal de almácigo	148
3.8.2.2. Manchas castaña de acículas de pino	150
3.8.2.3. Decoloración de las acículas inferiores de las plántulas de pino	153
3.8.2.4. Infección de los cotiledones	154
3.8.2.5. El tizón en la plántula de semillero	154
3.8.2.6. Muerte regresiva de las plántulas	155
3.8.2.7. Otros patógenos	155
3.8.3. Plagas	155
3.8.3.1. <i>Phyllophaga spp.</i>	155
3.8.3.2. <i>Atta spp.</i>	157
3.8.3.3. <i>Acromyrmex landolti</i>	161
3.8.3.4. <i>Rhyacionia frustrana</i>	161
3.10. Literatura consultada	163
4. Establecimiento de plantaciones	170
4.1. Selección del área de plantación	170
4.2. Levantamiento previo	170
4.3. Tratamientos al suelo	172
4.3.1. Tratamiento manual	174
4.3.2. Tratamiento mecanizado	175
4.3.3. Control de <i>Atta sp.</i> en el área a plantar	175
4.4. Trazado y marcación del terreno	175
4.4.1. Plantación en cuadro o rectángulo	175
4.4.2. Plantación a tres bolillo	177
4.4.3. Plantación en curvas de nivel	177
4.5. Apertura de cepas	177

4.6. Época de plantación	178
4.7. Edad de la planta a la plantación	180
4.8. Espaciamiento de la plantación	180
4.8.1. Influencia del espaciamiento	180
4.8.1.1 Influencia en el crecimiento en altura	180
4.8.1.2 Influencia en el crecimiento en diámetro	180
4.8.1.3 Influencia en la sobrevivencia	181
4.8.1.4 Influencia en el crecimiento en volumen	181
4.8.1.5 Influencia en la altura de fuste limpio y tamaño de copa	182
4.8.2. Distancia de plantación	182
4.9. Transporte de planta	184
4.10. Sistema de plantación	186
4.10.1. Plantación de plantas producidas en bolsas	186
4.10.2. Plantación de plantas producidas a raíz desnuda	187
4.10.3. Plantación mecanizada	190
4.10.4. Plantación en asociación de cultivo	190
4.11. Reposición de fallas	193
4.12. Literatura consultada	194
5. Manejo de plantaciones	199
5.1. Tratamiento intermedios	199
5.1.1. Aclareos	199
5.1.2. Podas	208
5.2. Fertilización	208
5.3. Control de maleza	210
5.4. Protección	212
5.4.1. Enfermedades	215
5.4.1.1. Mancha castaña de acículas de pino	215
5.4.1.2. Marchitamiento descendente del pino	215
5.4.1.3. Hongos	215

5.4.1.4. Muerte súbita	217
5.4.2. Insectos	217
5.4.2.1. Descripción de los principales insectos	219
5.4.2.1.1. <i>Atta spp.</i>	219
5.4.2.1.2. <i>Phyllophaga spp.</i>	219
5.4.2.1.3. <i>Rhyacionia frustana</i>	219
5.4.2.1.4. <i>Ips spp.</i>	221
5.4.2.1.5. <i>Dendroctonus frontalis</i>	221
5.4.2.1.6. <i>Eulachnus rileyi</i> Homóptera: Aphidroidea	224
5.4.3. Prevención y combate de incendios	225
5.5. Crecimiento de la variedad	225
5.5.1. Crecimientos normal	225
5.5.2. Crecimientos anormales	229
5.5.2.1. Crecimiento anormal tipo cola de zorro	229
5.5.2.2. Otros crecimientos anormales	232
5.6. Rendimientos	234
5.6.1. Rendimientos en América Central	234
5.6.2. Rendimientos en México	235
5.6.3. Rendimiento en Sudamérica	235
5.6.4. Rendimientos en el mundo	235
5.7. Tablas de volumen	237
5.8. Modelos de índice de sitio o calidad de sitios	237
5.9. Impacto ecológico de las plantaciones	245
5.9.1. Correlación cobertura-diversidad del estrato herbáceo y de la microfauna de artrópodos	245
5.9.2. Efecto en el suelo	245
5.10. Literatura consultada	248

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1 Subdivisión del <i>Pinus caribaea</i> Morelet en variedades, efectuada por Barrett y Golfari en 1962.	20
2 Número de semillas viables de algunas procedencias en Honduras, Guatemala y Nicaragua de Pino caribe	45
3 Número de semillas que ha de sembrarse por bolsa con diferentes tasas de germinación del Pino caribe.	62
4 Porcentaje de plántulas adicionales que se ha de producir para trasplante, en el sistema de producción de plantas de Pino caribe en bolsa.	63
5 Bancos de semillas donde puede solicitarse semillas de Pino caribe.	66
6 Resumen de los sitios de colectas de semilla de Pino caribe efectuado por CAMCORE, en el periodo de 1981 a 1997.	68
7 Datos geográficos de otros sitios de procedencia de Pino caribe en America Central.	69
8 Insectos que atacan conos y semillas de Pino caribe en América Central, por tipo de daño y gravedad del problema.	74
9 Textura del sustrato para la producción de plantas en viveros de diferentes países.	104
10 Fungicidas recomendados para la prevención y control de enfermedades fungosas de los pinos en los viveros de Honduras.	151
11 Insectos y vertebrados que atacan al Pino caribe en América central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.	156
12 Características de los sitios recomendables para plantar satisfactoriamente los pinos nicaragüenses.	171
13 Espaciamiento y área de crecimiento a asignar a Pino caribe, según el objetivo final de la plantación.	183

14	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 Pino caribe según objetivos de producción.	204
15	Propuesta de aclareo para plantaciones con fines de protección de Pino caribe en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.	207
16	Programa de podas propuesto para Pino caribe para producir trozas de 10 m de largo, libres de nudos.	209
17	Nombres comerciales y genéricos de herbicidas y tipo de maleza controlada, probados en plantaciones de Pino caribe, en el Centro Occidente de Venezuela.	213
18	Enfermedades patógenas y plantas parásitos que atacan al Pino caribe en América Central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.	216
19	Insectos y vertebrados que atacan al Pino caribe en América Central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.	218
20	Tabla de volumen total con corteza (m^3) para Pino caribe Barr. y Golf. a ocho años, en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.	238
21	Tabla de volumen total sin corteza (m^3) para Pino caribe, a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.	239
22	Tabla de volumen comercial con corteza (m^3) para Pino caribe a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.	240
23	Tabla de volumen comercial sin corteza (m) para Pino caribe. a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.	241
24	Tabla de volumen total con corteza, sin ramas ni tocón, para Pino caribe en Turrialba, Costa Rica.	242

25	Tres mejores modelos para estimar el índice de sitio en función de las características fisiográficas, físicas y químicas para Pino caribe en La Yeguada, Panamá.	244
----	--	-----

Índice de figuras

Figura		Página
1	Distribución geográfica de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (Tomado de Barrett y Golfari, 1962).	3
2	Áreas características donde se desarrolla en forma natural el Pino caribe. Las tres fotos superiores corresponden a los llanos del Noreste de Nicaragua, y la inferior a Poptúm, Guatemala (Tomadas por Musálem, 1972-1973).	10
3	Zonificación ecológica para el Pino caribe en Nicaragua (Tomado de Barberena, 1978).	14
4	Árbol seleccionado de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> en Alamikamba, Nicaragua (Tomado de Gibson, 1994).	21
5	Corteza de árboles de Pino caribe de Puerto Cabezas, Nicaragua (a Tomada por Musálem en 1973; b tomada por Perera, 2000).	23
6	Característica morfológica de las hojas y los órganos reproductivos de Pino caribe (Tomado de Rojas y Ortiz, 1991).	24
7	Flores y conos de árbol de Pino caribe (a Tomada de CVG-PROFORCA de Venezuela, 1994; b Tomada en Campo Gamma, Turrialba, Costa Rica, por Musálem, 1973).	26
8	a. Árbol en plena producción de conos en Puerto Cabezas, Nicaragua. b. Cono del Huerto Semillero de San Antonio Maturín, Venezuela (b. Tomada de CVG-PROFORCA, 1993).	27
9	Semillas de Pino caribe procedente de Poptúm, Guatemala (Tomada por Perera, 2001).	29
10	Equipo para la recolección de semilla de Pino caribe (Tomado de INTERFOR, 1993).	49
11	Curva de abertura de conos de Pino caribe procedente de Culmí, Honduras, secados a la sombra y al sol, y relacionando el contenido	51

- de humedad con el tiempo en días (Tomado de Hughes, 1982).
- 12 Curva de abertura de conos de Pino caribe procedente de Santa Bárbara, Honduras, secados a la sombra y al sol, y relacionando el contenido de humedad con el tiempo en días (Tomado de Hughes, 1982). 52
 - 13 Interior de la cámara de almacenamiento de semilla de Pino caribe en CVG-PROFORCA, Venezuela. La semilla se introduce en bolsas plásticas y posteriormente en los barriles de cartón herméticamente sellados (Tomadas por Perera, 2001). 56
 - 14 **a** *Dioryctria* spp.: **A** Evidencia de daño de *D. Pinicolella* en *Pinus leiophylla*. **B** Cono dañado por *D. Erythropasa*. **C** Larva de *D. Erythropasa*. **D, E** Pupa. **F** Adulto de *D. Erythropasa*. **G** Adulto de *D. Pinicolella* 75
b. *Leptoglossus occidentalis*: **A** Adulto. **B** Ninfa de quinto instar. **C** Huevos. **D** Adulto alimentándose en semilla de Pino piñonero. **E** Radiografía de semillas con embrión dañado.
c. *Rhyacionia frustrana*: **A** Árbol de *P. oocarpa* con deformación en el fuste. **B** Yema infestada y exuvia pupal. **C** Adulto. **D** Larva. **E** Pino caribe con infestaciones repetidas (Tomado de Cibrián **et al.**, 1995).
 - 15 **a.** *Contrachelus neomexicanus*. **A, B** Adulto. **C** Cono dañado. **D** Larva y daño de *Pinus oocarpa*. **E** Larva. 77
b. *Tetyra bipuncata*. **A** Huevos. **B** Ninfas. **C** Adultos. **D** Radiografía mostrando daños en semillas del centro y abajo (Tomado de Cibrián **et al.**, 1995).
 - 16 *Megastimus albifrons*. **A** Hembra. **B** Larvas dentro de semillas que muestran la evidencia de la infestación. **C** Larvas. **D** Cono de pino con semillas infestadas. **E** Orificios de emergencia de adultos (Tomado de Cibrián **et al.**, 1995). 79

17	Proceso de tamizado del sustrato base 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, previo a la mezcla en la proporción requerida (Tomada por Perera, 2000).	90
18	Cobertura de bolsas de politileno con hojas de coco, por un periodo de 6 a 7 días después de la siembra y antes de la germinación de Pino caribe, en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (Tomada por FADCANIC, 2000).	95
19	Siembra directa de Pino caribe en bolsas de politileno, efectuado en Puerto Cabezas, Nicaragua (Tomada por FADCANIC, 2000).	97
20	Proceso de germinación de Pino caribe (Adaptado de Napier, 1985).	98
21	a. Arrancado de plántulas para el trasplante tardío en Boom Sirpi, Nicaragua. b. Trasplante tardío en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua. c. Brigada trasplantadora en Boom Sirpi, Puerto Cabezas, Nicaragua Tomadas por FADCANIC, 2000).	99
22	La siembra directa mecanizada de la semilla de Pino caribe, es la técnica corrientemente utilizada en los viveros de CVG-PROFORCA (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).	113
23	El uso de la tabla surcadora para la siembra directa y manual en el bancal (Tomado de Napier, 1985).	113
24	Poda radical de Pino caribe con pala en vivero (Tomado de Galloway y Borgo, 1983).	116
25	Equipos mas utilizados en la poda de raíz de plantas producidas a raíz desnuda. En a , se muestra la estructura invertida que sostiene la cuerda de piano; en b y c , se muestran dos tipos de podadoras mecánicas horizontales; y en d , se muestra una podadora mecánica vertical (a y b , tomadas de Napier, 1985; c y d tomadas por Perera,	118

	2001).	
26	Extracción, clasificación, impregnado en agua con arcilla y empaquetado en cajas de plantas de Pino caribe, para el transporte al campo (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).	121
27	Muestra de plántulas rechazadas de Pino caribe y rendimiento de plantas con referencia a la densidad en el bancal (Tomado de Shea y Amstrong, 1978).	122
28	Barril transformado en aparato esterilizador de sustratos mediante vapor de agua (Tomado de Napier, 1985).	125
29	El hongo ectomicorrízico <i>Pisolithus tinctorius</i> (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	129
30	El hongo ectomicorrízico <i>Thelephora sp</i> (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	129
31	El hongo ectomicorrízico <i>Boletus status</i> (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	129
32	a. <i>Pisolithus tinctorius</i> en los campos de CVG-PROFORCA, Venezuela. b. Raíces laterales de Pino caribe colonizadas por el hongo <i>Pisolithus tinctorius</i> (Tomado de CVG-PROFORCA, 1992).	130
33	Inoculación de micorrizas con tierra de monte (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	132
34	Inoculación de micorrizas con esporas en suspensión, ocho días después de la germinación (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	132
35	Característica de un cepellón bien micorrizado con <i>Rizopogon</i> (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).	132
36	En la figura a , se presenta el sistema de riego manual utilizado en Puerto Cabezas, Nicaragua; en la figura b , se presenta el sistema de riego por aspersión utilizado por CVG-PROFORCA de Venezuela (a Tomada por FADCANIC, 2000; b tomada por Perera, 2001).	138
37	Plantas de Pino caribe que deben eliminarse al hacer la selección	142

- (Tomado de Galloway y Borgo, 1983).
- 38 Plántulas de Pino caribe de diferentes edades. **a** y **b**. Plántulas a raíz desnuda de 1.5 y 5 meses, en Uverito, Venezuela; **c**. Plántula de 4 meses producidas en bolsas en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (**a**, **c** Tomadas por Perera, 2001; **b** tomada de CVG-PROFORCA, 1992). 145
- 39 **a**. *Phyllophaga rubella*: **A**, **B** Adulto. **C** Larva. **D** Pupa. **E** Raíz de pino dañada por larvas. **F**, **G** Arbolitos recién plantados y muertos por larvas. 158
- b**. *Atta mexicana*. **A** Obrera recolectora. **B** Transporte de acículas. **C**, **D** Defoliación en *Pinus cembroides*. **E** Camino de hormiga cubierto de acículas. **F** Nido (Tomado de Cibrián et al., 1995).
- 40 Algunas alternativas de preparación del suelo. **a** Eliminación de la maleza en manchas de 1 m de diámetro. **b** Eliminación de la maleza en fajas, recomendado en curvas de nivel. **c** y **d** Roturado de faja a plantar (**a** y **b** Tomadas de Galloway y Borgo, 1984; **c** tomada por FADCANIC, 1999; **d** tomada por Musálem, 1974). 173
- 41 **A** Plantación en cuadro y rectángulo. **B** Plantación a tresbolillo: **a** Cordel con marcas cada 3 m. **b** Varas de 3 m de largo. **c** Base de nueva línea. **C** Nivel rústico para trazar curva de nivel en terreno inclinado (Tomado de Galloway y Borgo, 1984). 176
- 42 Forma de construir una cepa común o de abrir hoyos (Tomado de Pimentel, 1997). 179
- 43 Sistema de transporte de plantas del vivero al sitio de plantación (**a**, **b**, **c** y **d** Tomado de Galloway y Borgo, 1984; **e** por Perera, 2001; **f** por FADCANIC, 2000). 185
- 44 Podas de plantas producidas en bolsa al momento de plantar, que tiene como objetivo eliminar tortas de raíces y raíces enrolladas (Tomado de Galloway y Borgo, 1994). 188

45	A Chicora o Palin utilizado por CVG-PROFORCA, Venezuela, para el establecimiento manual de plántulas de Pino caribe. B Procedimiento utilizado por CVG-PROFORCA, Venezuela, para el establecimiento manual de plántulas de Pino caribe, utilizando la Chicora o Palín (Tomado de Gerencia General Sectorial de Plantaciones, CVG-PROFORCA, 1999).	189
46	Profundidad y posición de plantación recomendada, de plantas de Pino caribe, producidas a raíz desnuda (Tomado de Gerencia General Sectorial de Plantaciones, CVG-PROFORCA, 1999).	191
47	Proceso de plantado de Pino caribe en forma mecanizada en el estado de Monagas, Venezuela (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).	192
48	Selección y distribución correcta de los árboles de Pino caribe en la ejecución de aclareos (Tomado de Vásquez y Salazar, 1989).	201
49	Proceso de aclareo aplicado a Pino caribe en Turrialba, Costa Rica. A Área antes del aclareo. b Área aclarada. c Interior del área aclarada (Tomadas por Musálem, 1973).	202
50	a <i>Ips calligraphus</i> . A Muerte descendente de <i>Pinus oocarpa</i> . B Grumo de resina sobre corteza de árboles vivos. C, D Cámara nupcial y galerías de hembras. b <i>Dendroctonus frontalis</i> . A Infestación activa. B Grumo de resina sobre la corteza del pino. C Patrón de galerías. D Adulto. E Larvas y pupas en la corteza externa (Tomado de Cibrián et al., 1995).	222
51	a Ronda cortafuego en una plantación de Pino caribe en Puerto Cabezas, Nicaragua. b Plantación recuperada después de ser afectada por un incendio, en la comunidad de Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua c Plantación que no logró recuperarse del efecto de un incendio ocurrido en la comunidad de Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (a Tomada por Musálem, 1973; b, c tomada por Perera, 2000).	226

52	Evolución de la altura dominante para Pino caribe en diferentes países (Tomado de Vázquez, 1988).	228
53	A Plantación de 2 años y 2 meses en Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua. B Plantación de 2 años y 8 meses en Tuapí. C Plantación de 5 años y 4 meses de Tuapí. D Plantación de 5 años plantado a raíz desnuda en Uverito, Venezuela. E Plantación de 6 años plantado a raíz desnuda en Chaguaramas, Edo. de Monagas, Venezuela (A, B, C, D Tomadas por Perera, 2000; E tomada de Longart y González, 1993).	230
54	Distintas etapas de cola de zorro en las ramas terminales y en las laterales de Pino caribe (Tomado de Musálem, 1973).	231
55	a, b Tipos de cola de zorro en plantaciones de Pino caribe en Turrialba, Costa Rica. c Bifurcación en árboles de Pino caribe de 5 años y 5 meses, en la comunidad de Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua (a, b Tomadas por Musálem, 1973; c tomada por Perera, 2000).	233



RESUMEN

El Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari), es probablemente el pino tropical más extensamente plantado en el mundo tropical y subtropical, es también una de las especies forestales de gran potencial económico para la producción forestal en el área centroamericana. Se adapta bien a gran variedad de sitios, especialmente degradados, con condiciones limitantes para otras especies.

La distribución natural del Pino caribe se extiende desde el Ejido Caobas, Quintana Roo, México, hasta cerca de Bluefields, en la costa Este de Nicaragua; está presente además en Belice, Guatemala y Honduras y en la Isla Guanaja frente a las Costas de Honduras. Es reconocida como la variedad de más amplia distribución geográfica y como el pino más meridional. En Nicaragua, Pino caribe es la especie que abarca mayor extensión de terreno encontrándose en parte del Departamento de Nueva Segovia, en el interior del país y en la Costa Atlántica, se extiende desde la frontera hondureña hasta Alamikamba y más al Sur en Karawala y cerca de la Laguna del Pinar a 25 km al Norte de Bluefields.

Los bosques naturales de Pino caribe se encuentran en dos áreas ecológicas distintas: 1) La planicie de la Costa Atlántica. Esta área se localiza en sitios aluviales con nivel freático muy alto, inundables periódicamente, alrededor de un kilómetro tierra adentro de la línea costera, una media anual de precipitación alrededor de 4000 mm, con sólo un mes relativamente seco de 76 mm y donde la media mensual de humedad relativa no baja de 70%; 2) Las montañas secas del interior. Los pinos se encuentran generalmente en condiciones muy secas, típicamente en laderas bien drenadas al pie de las montañas principales y en los valles altos de Honduras, Guatemala y Belice. La precipitación media anual en estas áreas interiores es generalmente de 1600 mm a 900 mm y con una estación seca prolongada, un clima subtropical, temperatura media anual entre los 20 a 24°C con mayor variación estacional.

La madera es usada en construcciones en general, artesanías, papel, cartón y muebles, entre otros. De la resina se fabrica el aguarrás y la colofonia.

1. Botánica y Ecología

1.1. Nombres comunes

Al Pino caribe se le conoce con varios nombres en distintos países y regiones, entre ellos se han registrado: “Pitch pine” (Belice, Nicaragua y Honduras), “Yellow pine”, “White pine” (Belice), Pino de la costa (Honduras), Ocote blanco (Guatemala), Pino caribea de Honduras (América latina), Pino del Petén, Pino costanero, Pino de Honduras, Pino hondureño, Pino caribeño, Pino colorado, Pino de ocote, Ocote sachaj, Huhug (nombre maya), y Pino caribeño de Honduras.

En las islas del caribe y Estados Unidos de América se le conoce con los nombres de Pino de América Central, Pinabete, “Caribbean pitch pine”, Pino macho, “Slash pine”, “Caribbean longleaf”, “Caribbean pine” y “Pitch pine”.

1.2. Distribución

1.2.1. Distribución natural

Actualmente se reconoce que el área de distribución natural del Pino caribe se extiende en latitud de 18°14' Norte en Quintana Roo, México, a 12°13' Norte en la costa Este de Nicaragua. En longitud va de 83°13' Oeste en Nicaragua a 89°25' Oeste en Poptún, Guatemala. Crece en México, Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua; además de la Isla Guanaja frente a las Costas de Honduras (Figura 1). El Pino caribe es la variedad de más amplia distribución geográfica, es también una de las especies forestales de gran potencial económico para la producción forestal en el área centroamericana.

En su región de origen crece desde el nivel del mar en las llanuras costeras, hasta elevaciones máximas de 850 msnm en Honduras y Belice. En su área de distribución la precipitación media anual varía desde 600 mm (Valle Choluteca en Honduras) hasta 4 200 mm (extremo Sur de Nicaragua). Crece en suelos con baja fertilidad y libremente drenados, con pH de 4.3 a 6.5.

En Nicaragua

Pino caribe es la especie que abarca mayor extensión de terreno en Nicaragua encontrándose en parte del departamento de Nueva Segovia, en el interior del país y en

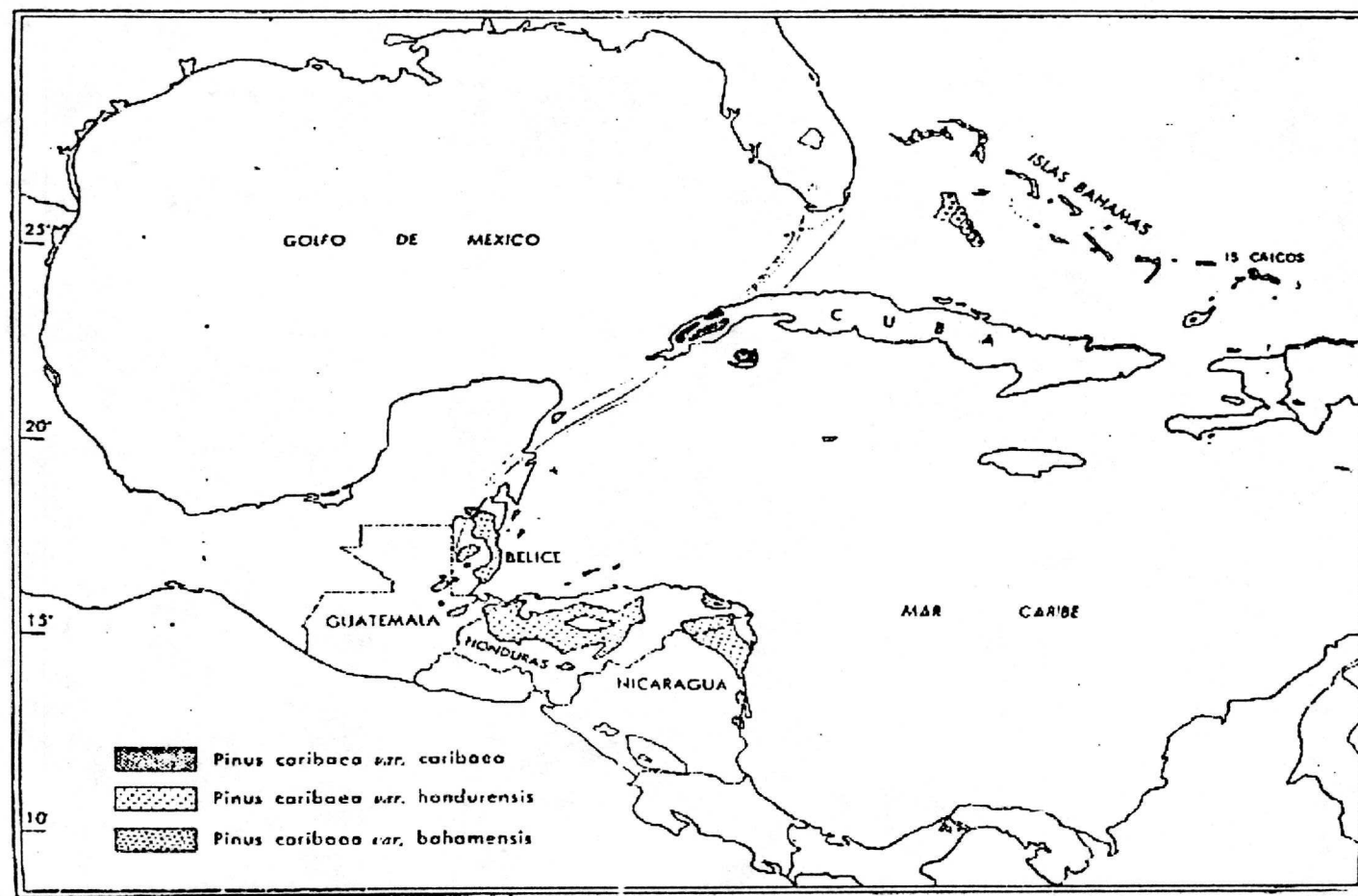


Figura 1. Distribución geográfica de *Pinus caribaea* Morelet (Tomado de Barrett y Golfari, 1962).

la parte Norte de la Costa Atlántica. La mayor parte de los pinares tanto en área como en densidad se encuentra en la zona Noreste comprendida entre Puerto Cabezas, Río Wawa, Río Coco y cerca del litoral Atlántico por la parte Este.

El Pino caribe crece en la Costa Atlántica a una altitud de 20 a 200 msnm, con una precipitación de 2500 a 4200 mm anuales y a una temperatura media anual de 24 a 27°C, mientras que en el interior del país se le encuentra a 640 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura anual promedio de 24.2°C y una precipitación promedio de 1800 mm.

En el Atlántico de Nicaragua se extiende desde las extensas sabanas de la frontera hondureña hasta Alamikamba y aún más al Sur en Karawala, alcanzando su límite Sur en la angosta faja costera entre Lagunas de Perlas y el Océano Atlántico en la cercanía de Laguna del Pinar a aproximadamente 25 km al Norte de Bluefields. El pinar de Bluefields es la masa natural más meridional del nuevo continente. En Alamikamba se encuentran algunos de los mejores rodales, mientras que más hacia el Sur en la región de Karawala, los rodales se hacen más pequeños y aislados. Al interior del país se encuentra a lo largo de valles de ríos en Nueva Segovia, Valle del Río Coco y alrededores de Waslala.

1.2.2. Distribución inducida

El Pino caribe es una de las coníferas más plantadas en el trópico y subtrópico del Continente Americano, Asia y África, por su crecimiento rápido y adaptación a un ámbito amplio de sitios abajo de los 800 metros sobre el nivel del mar.

El Pino caribe se considera apto para muchas áreas costeras tropicales e Islas, recomendándose su introducción, prueba y utilización. Es apropiada para plantaciones inclusive en sitios de mayor altitud, con temperaturas bajas y precipitaciones menores que en el área de su procedencia; los árboles de más edad hasta soportan heladas moderadas.

Esta variedad también medra en suelos tropicales marginales (sabanas y suelos agrícolas degradados). En Costa Rica, por ejemplo, se planta en suelos que ya no se

apropian para el cultivo del café y de la caña de azúcar. Para que una plantación sea rentable, la precipitación debe ser por lo menos de 1000 milímetros anuales.

Se han establecido plantaciones de Pino caribe, especialmente en países como Australia, África del Sur y del Este, Malasia, Brasil, Fiji, Costa Rica, Trinidad, Venezuela, Panamá y Surinam. En todos los casos citados, el crecimiento rápido ha sido una característica fundamental, además de su amplia plasticidad ecológica. También ha sido introducido en México, Colombia, Guyana, Tobago, La India, Nigeria y Malaya, entre otros.

El Pino caribe ha recibido gran atención en lo que respecta a estudios de procedencias, crecimiento y comportamiento en general. La especie ha demostrado buena adaptación para desarrollarse en tierras bajas tropicales y subtropicales, sitios poco fértiles y erosionados, y en terrenos de tipo sabana. Se adapta bien a una gran variedad de sitios, incluyendo los degradados, con condiciones limitantes para otras especies.

Desde la introducción de Pino caribe a Costa Rica en 1960, por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y debido a la adaptabilidad a suelos pobres y al rápido crecimiento, la especie se ha convertido en una de las más plantadas en zonas bajas de Costa Rica.

En Panamá, el Pino caribe se ha estado introduciendo para los proyectos de reforestación en el ámbito nacional desde el año 1967, especialmente para áreas con suelos degradados ubicados en la cordillera central (Coclé, Veraguas y Chiriquí) y otros puntos de la geografía nacional con características similares.

En Venezuela se ha plantado a gran escala en el Sur de los Estados de Monagas y Anzoátegui (aproximadamente 600 000 ha) y en los estados Andinos, Llanos Occidentales, Carabobo y Guayana Venezolana a menor escala.

En Brasil aseguran buenos resultados con Pino caribe en el bajo Amazonas brasileño y se señala que en el centro de São Paulo presenta formas extremadamente variables.

En Puerto Rico, presenta excelente adaptabilidad en muchas partes de la Isla, sobre todo en suelo arcillo-arenoso en la zona subtropical húmeda y muy húmeda de Holdridge, estableciéndose con éxito una vez que se reconoció la necesidad de inocularle micorrizas.

En el Sur de India, en la zona subtropical y tropical, desde 1968, el Pino caribe ha sido promisorio en muchas áreas del país. En la zona subtropical del Himalaya con 1750 mm de precipitación se muestra superior a otras especies y en Kerala, India, se señala que a bajas altitudes y con sequía prolongada (5 a 6 meses), puede desarrollar muy bien.

En las áreas de sabana de Nigeria a 1 500 msnm, con precipitación de 1 700 mm, muestra ser muy promisorio. Se observa que a bajas altitudes, 210 m, la variedad *hondurensis* de Belice y Nicaragua es superior a las variedades *bahamensis* y *caribaea* de Bahamas y Cuba.

Pino caribe se señala como de importancia comercial en Trinidad y Tobago, plantado en sabanas a 548 msnm, con una precipitación de 2 030 a 2 794 mm. Así mismo, al nivel del mar se prefiere la variedad *hondurensis* de Belice.

En las islas Fiji, se estableció parcelas de Pino caribe bajo una moderada estación seca, con temperatura media anual de 26°C, precipitación anual de 2 030 a 2 540 mm y con 3 meses secos, habiendo alcanzado buenos resultados.

En la región subtropical monzónica, en la Costa Norte de Natal, República de África del Sur y la costa de Queensland, al Norte de Rockhampton, se ha establecido con éxito. En la Costa de Marfil se han obtenido resultados promisorios.

Pino caribe es el más prometedor de los pinos tropicales exóticos en Malaya, con posibilidades de desarrollo en elevaciones de alrededor de 900 msnm, sin temperaturas inferiores a -4°C y con lluvias uniformes distribuidas en el año.

1.3. Marco ecológico

En 1972, Kemp señaló que los bosques naturales de Pino caribe se encuentran en dos áreas ecológicas distintas:

1) Planicie de la Costa Atlántica. Esta área se localiza en la latitud 12°13'N en sitios aluviales con nivel freático muy alto, inundables periódicamente, alrededor de un

kilómetro tierra adentro de la línea costera. Corresponde una media anual de precipitación alrededor de 4000 mm, con sólo un mes relativamente seco de 76 mm y donde la media mensual de humedad relativa no baja de 70%.

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

Este tipo de bosque se localiza también en la isla de Guanaja, en la latitud 16°30'N, y alrededor de la misma latitud en la costa de Belice, 200 km hacia el Oeste, donde prosigue hacia la frontera con México, a 18°14' Norte.

La media de la precipitación anual va decreciendo progresivamente hacia el Norte, por ejemplo; en Puerto Cabezas, Nicaragua a 14°N, es alrededor de 3 200 mm y en el Norte de Belice a 17°30'N es de 2 000 mm.

Las temperaturas medias anuales registradas para la planicie de la Costa Atlántica están entre 24 y 27.2°C y corresponden a un clima tropical y bosque higrofitico.

En su distribución natural, en la Costa Atlántica de Nicaragua, Honduras y Belice, donde se localiza la mayoría de los bosques, los suelos son de la época cuaternaria y consisten de materiales derivados de las rocas ácidas del interior, depositadas en las bocas de los ríos y sometidos a varias sumersiones y re-salidas del mar. Actualmente consisten principalmente en latosoles y podosoles rojos-amarillos de baja fertilidad, una condición que en gran parte resulta de incendios repetidos durante muchos siglos.

El desgaste del suelo por acción atmosférica en estas zonas es acelerado por temperaturas y precipitaciones altas y resulta en cambios químicos, especialmente en la conversión de silicatos a arcillas, y cambios físicos por el movimiento de minerales y partículas finas del horizonte A, horizontalmente por la erosión y verticalmente por la lixiviación. Los suelos son muy ácidos y por la lixiviación frecuentemente producen una capa dura e impermeable en el horizonte B, lo que resulta en drenaje impedido y un nivel

de agua fluctuante. Esta condición produce un suelo moteado con concreciones de hierro. También la pérdida de las partículas finas ha resultado en un horizonte A, arenoso o gravoso. En algunos sitios la destrucción de la vegetación por fuegos frecuentes ha resultado en erosión acelerada lo que ha eliminado casi todo el horizonte A.

Los materiales de los sitios superiores son depositados por el agua en los sitios inferiores, y los fondos planos que quedan saturados durante gran parte del año acumulan un depósito grueso de humus crudo y ácido.

En unos sitios los ríos forman una llanura aluvial donde el suelo corriente está cubierto por unos metros de limo fino-arenoso. En estos sitios normalmente se encuentran bosques de especies frondosas, pero donde están ocupados por pinares, constituyen la mejor calidad de sitio. Con la excepción de estos casos los sitios bajos y planos, por su mal drenaje no soportan pinares naturales.

En la región costera los pinos crecen sobre suelos aluviales formados por areniscas finas, a veces limosa o por silíceos y arenas gruesas (Nicaragua). La reacción de los suelos es ácida, variando su pH entre 6.5 (El Zamorano, Honduras) y 4.3 (Puerto Cabezas, Nicaragua).

2) Montañas secas del interior. En esta área los pinos se encuentran generalmente en condiciones muy secas, típicamente en laderas bien drenadas al pie de las montañas principales y en los valles altos. Pino caribe crece en Centroamérica abajo de los 800 msnm. En Honduras se distribuye ampliamente pero en forma discontinua, ocupa la parte alta y los tributarios del Río Ulua, Río Aguan, Río Patuca y Río Choluteca. En Nicaragua ocurre en el lado Sur de la Sierra de Dipilto y lo más al Sur es aproximadamente a los 13°15'N. En Guatemala se sitúa en la parte Sur de la Sierra de las Minas y los rodales más al Norte en Poptúm (16°20'N), así como en el Encanto (17°18'N) en el Petén, y alrededor de la misma latitud en Mountain Pine Ridge en Belice.

La precipitación media anual en estas áreas interiores es generalmente de 1 600 mm o menos y la estación seca es mucho más severa que en la Costa Atlántica. Algunos

rodiales naturales ocurren en áreas con una precipitación anual tan baja como 900 mm y con una estación seca prolongada.

En la región del interior se presenta un clima subtropical, temperatura media anual entre los 20 a 24°C con mayor variación estacional y lluvias escasas, desde 900 mm anuales, con un largo periodo de sequía de 6 meses.

Los suelos pertenecen al grupo de latosólicos (rojos, pardo-rojizos y amarillos), se han desarrollado sobre distintas rocas madres como granitos, esquistos, areniscas, andesitas y dolomitas.

Hay varios sitios dispersos en los que crecen bajo condiciones muy secas en el Este y Sur de Tegucigalpa, cerca del poblado de Los Limones y en el Departamento de Choluteca.

Un ambiente tan variado hace suponer la existencia de ecotipos con exigencias climáticas y edáficas definidas, que deberán ser tomadas en cuenta en los programas de forestación, con el fin de elegir la fuente de semilla más adecuada para cada región. La Figura 2, presenta áreas típicas de desarrollo de Pino caribe.

Ecología del Pino caribe en Nicaragua

En 1994, Styles menciona que en esencia se puede dividir su distribución natural en dos áreas bastante distintas:

(i) La sabana costera (del nivel del mar hasta 100 metros sobre el nivel del mar)

Por su localización, los pinares del Noreste fueron clasificados por la FAO en cuatro tipos que representaban los sitios principales para Pino caribe, lo cual indica también un potencial diferente para el crecimiento, estos son: pinos en terrenos elevados (27%), pinos en terrenos bajos (67%), pinos de piso con helechos como transición al bosque frondoso (2%) y pinos en llanuras pantanosas como transición al bosque frondoso (4%).

Las sabanas costeras de Pino caribe se encuentran generalmente en tierras planas y bajas sobre suelos de marga gravosos con cuarzo sobre una capa de barro con un pH de aproximadamente 6.5. Estos suelos son de buen drenaje en los horizontes superiores,

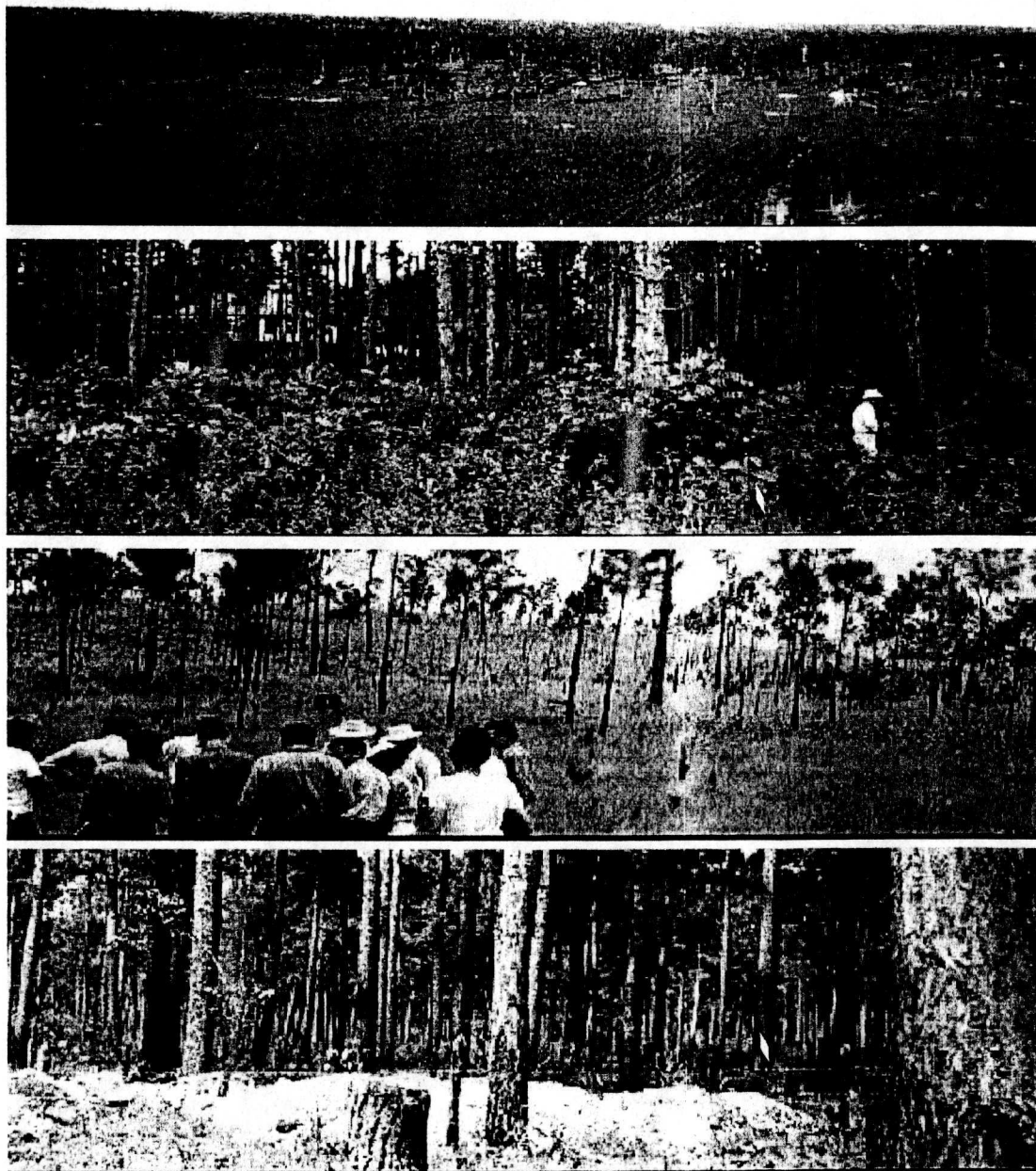


Figura 2. Áreas características donde se desarrolla en forma natural el Pino caribe. Las tres fotos superiores corresponden a los llanos del Noreste de Nicaragua, y la inferior a Poptúm, Guatemala (Tomadas por Musálem, 1972-1973).

pero la capa freática está muy cerca de la superficie y toda el área se inunda estacionalmente y frecuentemente es pantanosa. Algunos rodales toleran agua estancada durante la temporada lluviosa. Están presentes bosques de pino como rodales abiertos separados por prados y manchas de bosque latifoliado. Los rodales son de calidad pobre debido a la extensiva explotación en el pasado, quemas no controladas durante la temporada seca y perturbación por ganado; sin embargo, se encuentran algunas manchas densas de árboles jóvenes donde se han excluido incendios. La precipitación varía de 2600 a 4200 mm anuales según la localidad, aumentándose de Norte a Sur.

Los suelos del Noreste de Nicaragua en los que se desarrolla el Pino caribe, son cuatro:

1. Suelos lateríticos rojo-amarillos

Se forman sobre gravas del Pleistoceno o sobre arcillas del Plioceno y cubren toda la zona de estos depósitos cuyo drenaje es moderado o bueno. Tienen textura desde franca turbosa a franca arcillosa. El carácter más importante de estos suelos es la elevada acidez debida principalmente a la mala calidad del material matriz.

2. Grumosoles y suelos de gley húmicos

Se forman en condiciones semipantanosas en climas húmedos y cálidos. Se presenta únicamente sobre sedimentos del Pleistoceno y del Plioceno, en los que cubren todos los lugares mal drenados. En los puntos muy pantanosos se mezclan con otros suelos hidromórficos y cuando el drenaje es mejor pueden estar mezclados con suelos lateríticos. Las características más importantes de estos suelos son la elevada acidez, el alto contenido de materia orgánica, el mal drenaje y la textura arcillosa.

3. Suelos lateríticos pardos

Se forman sobre materiales volcánicos y probablemente constituyen una fase primitiva del desarrollo de los suelos lateríticos rojos. Se forman sólo sobre terrenos volcánicos terciarios donde, a excepción de algunos lugares pantanosos, cubren la totalidad de la zona. Tienen textura arcillosa y el color varía desde pardo oscuro o pardo a pardo gris.

4. Suelos aluviales

Son de texturas variables, siendo los tipos más comunes, el suelo franco, suelos franco arcillosos, arcilla, suelo franco-arcillo-arenoso, suelo arenoso, arcilla limosa, arena margosa y suelos franco limoso. El color de estos suelos es generalmente pardo o pardo oscuro, y a veces gris o pardo anaranjado. Se presentan sobre una amplia variedad de subsuelos, entre ellos gravas del Pleistoceno, arcillas del Plioceno, basalto y gravas fluviales.

(ii) Las poblaciones del interior del país en las estribaciones al Sur de la Sierra de Dipilto que ascienden a 700-800 msnm y en los valles del Río Coco

Estas penetran en un área más seca del interior de Nicaragua a lo largo de los valles de los ríos en los Departamentos de Nueva Segovia, Matagalpa y Jinotega. Una franja de bosque de Pino caribe se presenta desde el Noreste en Santa Clara y llega hasta Jalapa, extendiéndose por unos 30 km hasta los llanos cercanos de Teotecacinte. Además, se encuentran pequeños bosquetes en Waslala entre Matagalpa y Siuna en un área aislada de bosque tropical húmedo a 300 msnm en el valle del Río Coco. Estos se localizan a unos 120 km al Oeste de la más cercana presencia costera de la especie. Los suelos en la Sierra de Dipilto se derivan de granito dando lugar a marga arenosa ácida con abundante cuarzo y de buen drenaje. Los rodales son abiertos debido a la explotación intensiva y repetidas quemadas. La regeneración es pobre, mientras que la precipitación en esta región está por el orden de 1 800 mm anuales.

Zonificación ecológica en Nicaragua

Las áreas de Nicaragua con potencial para el establecimiento de plantaciones de Pino caribe, determinadas a partir de un estudio de segundo nivel de aproximación se localizan en:

- a) La Región Este, en la cual se encuentran áreas con mayor probabilidad de obtener altos rendimientos.
- b) La Región del Pacífico, en la cual sólo existe una franja cerca de los lagos que presenta mediana probabilidad de obtener altos rendimientos.

- c) La Región Central, en la cual solamente se encuentran pequeñas áreas muy esparcidas con una baja o muy baja probabilidad de obtener buenos rendimientos en la producción de esta variedad (Figura 3).

1.4. Especies asociadas

El Pino caribe se asocia con diversas especies de acuerdo con las comunidades y tipo de vegetación donde se encuentra creciendo. A continuación, se presentan algunos de los más importantes.

1.4.1. Comunidades de Sabanas

Las especies más comunes de árboles pequeños son: *Byrsonima crassifolia* (Nancite), *Curatella americana* (Chaparro u Hoja de chigue), *Quercus oleoides* (Roble), *Clethra hondurensis* (Nancite mancho) y *Acoelorrhaphe wrightii* (Palmeto); entre los arbustos se encuentran: *Miconia albicans*, *Henriettella seemannii*, *Calliandra houstoniana*, *Psidium oerstodiamum*, *Psidium guineense* y *Psidium rotundifolium*; algunas ciperáceas son: *Rhynchospora mexicana*, *Bulbostylis spadicea*, *Rhynchospora cephalotes*, *Scleria lindleyana*, *Cyperus polystachys* y *Dichromena radicans*; predominan algunas gramíneas como: *Thrasya campylostachya*, *Axonopus blakei*, *Paspalum pulchellum*, *Paspalum humboldtianum*, *Panicum arenicoloides*, *Andropogon leucostachyus*, *Panicum stringosum*, *Paspalum minus* y *Traschypogon angustifolius*; y entre otras especies comunes, se encuentran: *Phaseolus linearis*, *Mimosa pudica*, *Polygala bryzoides*, *Polygala higrophila*, *Hypoxis decumbens*, *Goodyera striata*, *Piriqueta cistoides* y *Declieuxia fructeosa* var. *mexicana*.

1.4.2. Monte Higrofítico Sempervirente

Las especies más comunes son: *Calophyllum brasiliense* (María o Santa María), *Vochysia hondurensis* (Palo de agua), *Xylopia frutescens* (Manga larga), *Didymopanax morototoni* (Mano de León), *Acoelorrhaphe wrightii* (Palmeto), *Byrsonima crassifolia* (Nancite), *Hirtella americana* (Pasa), *Cespedezia macrophylla* (Tabacón), *Dialium guianense* (Comenegro), *Licania platypus* (Sonzapote), *Belotia panamensis* (Capulin de montaña), *Luehea seemannii* (Guácimo colorado), *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Ceiba pentandra* (Ceiba), *Nectandra globosa* (Aguacate montero), *Terminalia amazonia*

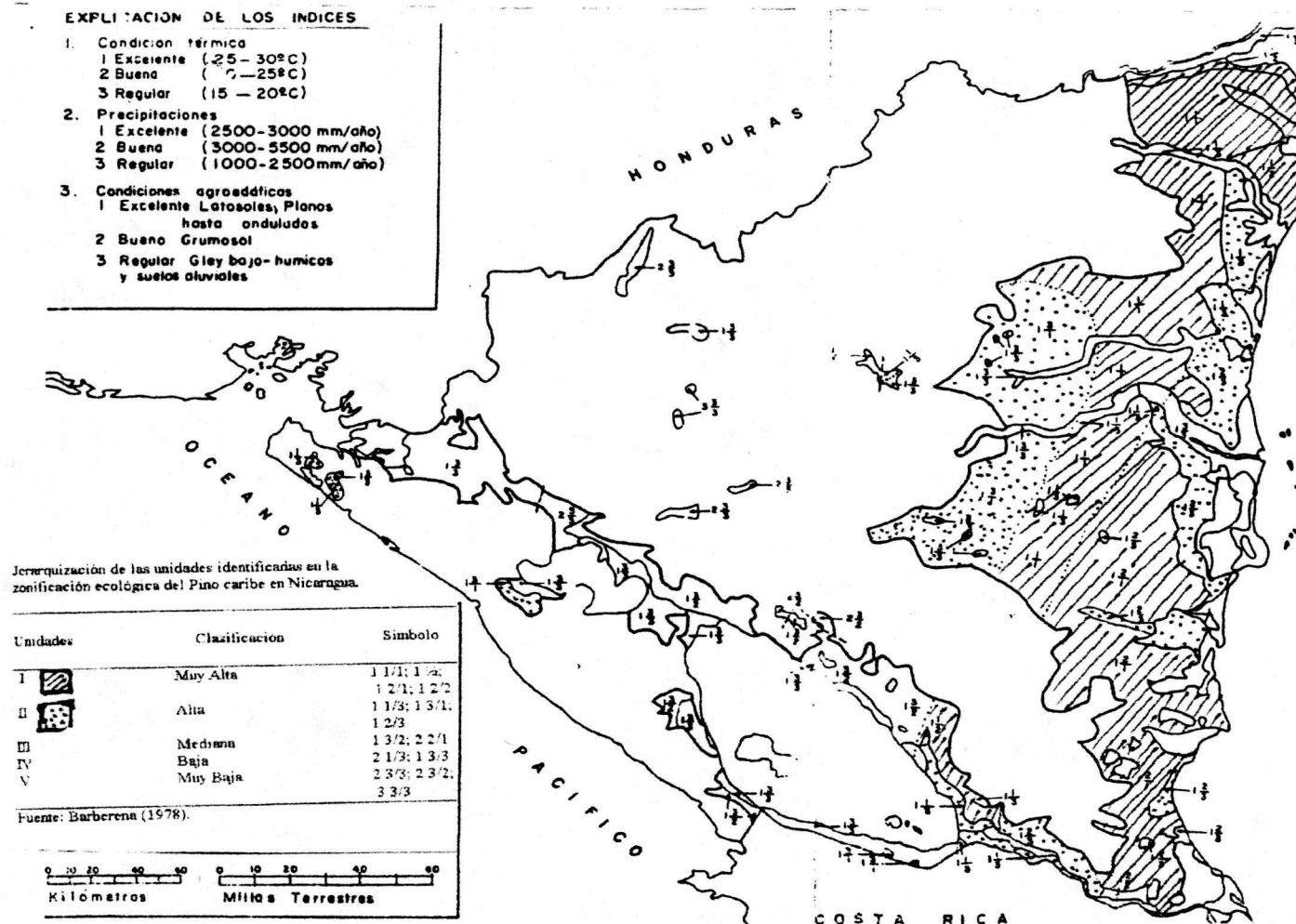


Figura 3. Zonificación ecológica para el Pino caribe en Nicaragua (Tomado de Barberena, 1978).

(Guayabo de monte), *Carapa guianensis* (Cedro macho) y *Terminalia sp.* (Roble guayabo). Además, en Quintana Roo, México, se reporta asociado con *Metopium brownei* (Chechem negro), *Paurotis wrighti* (Tasiste), *Plumeria sp.*, *Eugenia sp.*, *Cameraria latifolia* (Chechem blanco) y *Ateleia sp.*

1.4.3. Monte de Playa

Las especies más comunes son: *Coccoloba uvifera* (Uva de playa), *Hibiscus tiliaceus* (Majagua), *Chrysobalanus icaco* (Icaco), *Lonchocarpus guatemalensis*, *Tabernaemontana chrysocarpa*, *Terminalia bucidoides*, *Ochroma lagopus* y *Cecropia peltata*.

1.4.4. En Manglares

Las especies más comunes en los Manglares son: *Hibiscus tiliaceus* y *Acrostichum aureum*.

1.4.5. Comunidades de Pantano

Las plantas típicas de las comunidades de pantano son: *Erythrina glauca*, *Pachira aquatica* (Popojonche) y *Annona glabra* (Anona de río o Anona de pantano).

1.5 Especies asociadas indicadoras de calidad de sitios

En las áreas de pobre drenaje son comunes las siguientes especies: *Rhynchospora barbata*, *Mesosetum filifolium*, *Rhynchospora globosa*, *Paspalum pulchellum*, *Rhynchospora tenuis* y *Scleria macrophylla*.

En los bosques de Pino caribe de la costa, en general, los árboles frondosos indican un sitio relativamente fértil, con pocos incendios. Sin embargo, existen muchos árboles resistentes al fuego como arbustos pequeños en sitios pobres con fuegos frecuentes, y casi no existe sitio tan pobre o tan expuesto al fuego en los que no se encuentren arbustos pequeños de *Byrsonima spp.* Otras especies resistentes al fuego y tolerantes a la baja fertilidad son: *Quercus spp.*, principalmente *Q. oleoides* y especies relacionadas, tales como *Curatella americana* y *Crescentia cujete*.

Los *Quercus spp.*, son comunes pero prefieren un suelo arenoso y frecuentemente forman rodales puros en arena profunda. *Curatella americana*, también prefiere suelo arenoso pero no es un fuerte indicador como los *Quercus spp.* En Mountain Pine Ridge

de Belice se ha reducido mucho la frecuencia de esta especie por la prevención de fuego durante muchos años. *Crescentia cujete*, es más tolerante a la inundación estacional que los mencionados y siempre es indicador de un pH relativamente alto, por lo menos en los horizontes inferiores. No se encuentra en pinares de alta calidad.

De las frondosas pequeñas, los miembros de las *Leguminosae*, *Compositae* y *Melastomaceae*, son más comunes. Las gramíneas con hojas relativamente anchas se pueden dividir entre las altas y las pequeñas. De las primeras, *Tripsacum spp.*, frecuentemente de más de dos metros en altura, es el más alto y el más común. Indica un suelo arenoso, normalmente profundo y siempre húmedo o mojado. Los pinos normalmente crecen bien en estos sitios con la excepción de los más anegables. Otras gramíneas altas incluyen *Arundinella deppenae* y *Ischaemus latifolium*, ambos indicadores de suelos relativamente fértiles, pero frecuentemente ocurren en sitios con inundación estacional excesiva. De las gramíneas pequeñas *Paspalum spp.* y *Andropogon spp.*, son comunes pero, en general, el dominante es *Trachypogon plumosus*. Son indicadores de suelos con fertilidad y drenaje relativamente bueno. *Thrasya spp.* son frecuentes, especialmente en suelos arenosos donde están normalmente asociados con *Quercus spp.* Las gramíneas con follaje fino, *Mesosetum spp.* y, a veces, *Sporobolus spp.* ocurren en los sitios relativamente secos con baja fertilidad.

Las ciperáceas constituyen una alta proporción de la vegetación de superficie y las más corrientes son: *Rhynchospora spp.*, *Bulbostylis paradoxus*, *Hypolytrum schraderianum*. *Rhynchospora* es muy común, y en sitios saturados durante gran parte del año, ocurre puro, hasta una altura de 50 centímetros. *Bulbostylis* es un indicador de suelos de fertilidad baja y normalmente está asociado con muchas concreciones de hierro en el suelo. Otra vegetación lo suprime fácilmente y, por eso, está ausente de los sitios protegidos contra el fuego durante muchos años. *Hypolytrum* es una ciperácea grande con hojas serradas y panículas grandes de flores amarillas. No se encuentra en los pinares de Belice pero en los otros sitios indica condiciones húmedas. Donde se encuentra en montoncillos grandes con esparcimiento uniforme, indica un suelo demasiado húmedo para el pino.

El helecho *Dicranopteris spp.* donde ocurre puede formar una cobertura pura y densa y es un indicador de un suelo no necesariamente profundo, sino relativamente fértil y con buen drenaje interno.

1.6. Clima

Existen grandes variaciones climáticas dentro del área de distribución natural de Pino caribe. Como extremos se podría citar: la región litoral con clima tropical (temperatura media anual de 24° a 27.2°C con poca variación estacional), lluvias abundantes (de hasta 4200 mm anuales con un corto periodo de 2 a 3 meses de sequía), que corresponde a un bosque higrofítico; y la región del interior con clima subtropical (temperatura media anual entre 20° a 24°C, con mayor variación estacional) y lluvias escasas (desde 900 mm anuales con un largo periodo de sequía de 6 meses) que corresponde a un bosque xerofítico. Toda su área está libre de heladas, correspondiendo la mínima absoluta de 2°C, a la región más elevada del interior.

El fotoperiodismo es un factor que influye significativamente en el crecimiento de Pino caribe. Por ejemplo, en un estudio se observó un efecto inicial máximo con el período más largo de prueba de 16 horas, pero después de las 7 semanas se obtuvo un mayor crecimiento con un período de 11 horas interrumpidas.

1.7. Suelos

El Pino caribe no ocurre naturalmente en suelos básicos ni tampoco tolera suelos que tengan una combinación de poca profundidad y mal drenaje. El óptimo crecimiento se obtiene en suelos con buen drenaje interno y profundidades de dos metros o más; en estos sitios, forma una raíz pivotante larga y gruesa. Prefiere los suelos frecuentemente arenosos en mayor y en menor grado los areno-arcillosos, crece óptimamente en sitios fértiles con buen drenaje del sub-suelo. Los mejores suelos agrícolas en que se produce son los latosoles, desde planos hasta ondulados; y los más inferiores son los Gley bajo-húmicos.

El Pino caribe puede crecer moderadamente bien en suelos de poca profundidad o en suelos saturados durante seis meses del año. En estas condiciones el árbol produce raíces laterales que se extienden a distancias grandes fuera del radio de la copa. En

los suelos donde existe una capa impermeable, la densidad de árboles maduros es muy rara. Raramente se encuentran pinares naturales en suelos con una capa impermeable a 100 cm de la superficie.

La profundidad del suelo disponible a las raíces es más importante que la fertilidad. Los pinos pueden crecer bien en suelos casi sin nitrógeno. Aunque el pino puede crecer en suelos con solamente 2 o 3 ppm de fosfato, la adición de abono fosfático normalmente resulta en una reacción espectacular.

Prospera en suelos pobres, ácidos, erosionados, poco profundos, desde bien drenados hasta bastante pantanosos, y de textura arenosa a arcillosas.

Se le encuentra en suelos lateríticos amarillos y rojo amarillos, con superficie de grava, en la mayoría de los casos poco profundos, a veces con una pequeña capa de material aluvial. También vegeta en glumosoles con capa de materia orgánica, en suelos erosionados, en suelos arenosos de origen aluvial, suelos en la mayoría de los casos pobres, húmedos, bastante bajos, pantanosos. No tolera suelos calcáreos y generalmente prospera en suelos con pH de 4 a 6.5.

1.8. Taxonomía

En 1868, Sénéclauze describió *Pinus hondurensis* como una nueva especie de pino en base al material que había recibido en 1854 para su invernadero en Bourg-Argental (Departamento de Loire, Francia). Posteriormente Loock, en 1950, como otros escritores antes que él, comparó *P. caribaea* de Mesoamérica con *P. elliotti* (aún comúnmente conocido en ese tiempo, especialmente entre los silvicultores, como *P. caribaea* Morelet) y concluyó que tenía una prueba para tratarlos como especies diferentes y propuso el epíteto obvio *hondurensis*.

Pinus caribaea Morelet fue dividida por Little y Dorman en 1952 en *Pinus elliottii* Engelm, nombre dado al "Slash pine" del Sureste de los E. U. A., y *Pinus caribaea* Morelet para los pinos de Cuba, América Central y Bahamas.

Barrett y Golfari, en 1962 subdividieron el taxón *Pinus caribaea* en tres variedades: *Pinus caribaea* var. *caribaea* que se encuentra en forma natural en Cuba y en la Isla de Pinos en Cuba; *Pinus caribaea* var. *hondurensis* que se localiza en la Costa

Atlántica de Centroamérica (Nicaragua, Honduras, Guatemala, Belice y Sureste de México); y *Pinus caribaea* var. *bahamensis* que crece en forma natural en las Islas de Bahamas (Gran Bahamas, Gran Abaco, Andros, New Providence y Caicos), con base en las diferencias morfológicas existentes dentro de la especie.

El orden taxonómico de estos pinos del Caribe según la clasificación de Shaw aumentado por Mirov en 1967, es el siguiente:

Género:	<i>Pinus</i>
Subgénero (Sección B)	Diploxylon
Subsección	Pinaster
Grupo IX	Lariciones
Especie	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet (y otras 17 especies más)
Grupo X	Australes
Especie	<i>Pinus caribaea</i> Morelet <i>Pinus occidentalis</i> Swartz <i>Pinus cubensis</i> Grisebach (y otras 24 especies más)

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de las características distintivas de las tres variedades en que Barrett y Golfari subdividieron *Pinus caribaea* en 1962.

1.9 Descripción botánica

1.9.1. Árbol

El árbol es de hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro. El fuste es recto y cilíndrico, con una copa rala que, durante la juventud del árbol, es de forma agudocónica y muy densa, en los árboles maduros es más esparcida, algo irregular con una terminación redondeada (Figura 4).

El Pino caribe tiene una raíz pivotante en los suelos profundos, pero si los suelos son poco profundos, entonces desarrolla raíces esparcidas superficialmente. El follaje es de un color verde claro y rígido.

Se reporta en Guatemala como árbol de tronco cilíndrico, recto o ligeramente encorvado, de 16 a 30 m de altura y 45 a 80 cm de diámetro.

Cuadro 1. Subdivisión del *Pinus caribaea* Morelet en variedades.

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 14cm	4 a 12cm
Semilla	semillas con ala adherente	semillas con ala articulada y se desprende fácilmente	semilla con ala articulada raramente adnata
Hábitat	Isla de Pinos y Pinar del Río, Oeste de Cuba	Vertiente Atlántica de Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua	Islas Bahamas, Grand Bahama, Great Abaco, Andros, Caicos y New Providence
Altitud (msnm)	45 a 355	0 a 850	0 a 30
Temperatura 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
Precipitación (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)	alcalino (pH 7.5 a 8.5)

Fuente: Barrett y Golfari (1962).

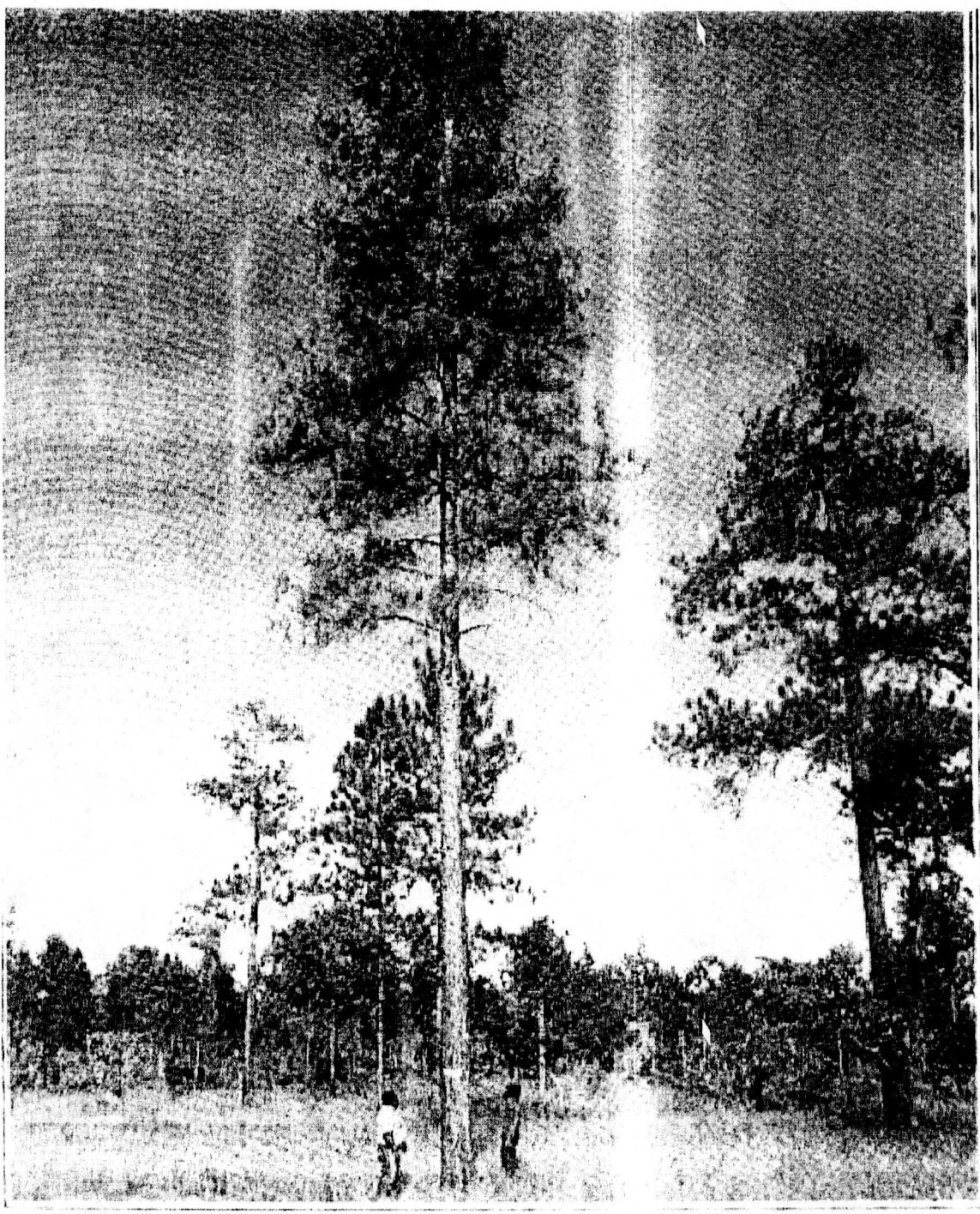


Figura 4. Árbol seleccionado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Alamikamba, Nicaragua (Tomado de Gibson, 1994).

En Honduras se reporta de 15 a 35 m de altura y diámetros desde 40 a 100 cm de tronco cilíndrico. En Nicaragua, la altura dominante de los pinos oscila entre 12 y 30 m y en algunos pinares hay árboles que rebasan los 40 metros.

1.9.2. Corteza

La corteza en árboles viejos es de café rojiza oscura a grisácea, gruesa, formada en placas rugosas, con hendiduras verticales y fisuras horizontales; en árboles jóvenes es de rojiza a grisácea, rugosa y escamosa. La corteza se ve interrumpida por largas grietas de color gris-blanquecino o por placas delgadas y escamosas de color moreno-rojizas (Figura 5).

1.9.3. Hojas

Las hojas comúnmente en grupos de tres por fascículo aunque se puede encontrar de 4 y 5 (Honduras y Guatemala) y excepcionalmente 2 (Guatemala).

En plantas jóvenes los fascículos con 4 y 5 hojas se encuentran con mayor frecuencia que en las adultas, presentándose hasta de 6; el largo de las hojas de 13 a 33 cm (Belice, 19 a 27 cm; Guatemala, 15 a 33 cm; Honduras, 18 a 32 cm; Nicaragua, 13 a 24 cm); espesor de 1 a 1.5 mm, canales resiníferos internos, de 2 a 5; vainas persistentes de 10 a 16 mm de largo, y de color castaño claro a parduscas, nunca oscuras-negruzcas (Figura 6).

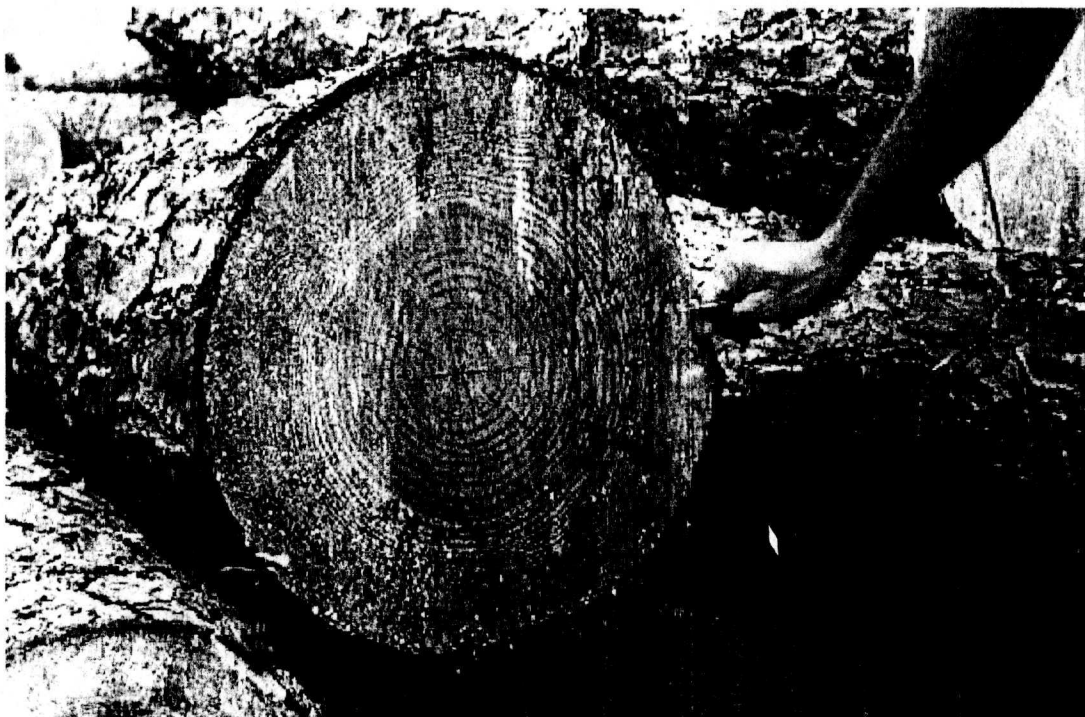
Las hojas son de color verde amarillento y nacen en grupos al final de las ramas. Los márgenes están finamente serrado, con presencia de estomas en las superficies ventral y dorsal; las paredes exteriores de las células endodermas no están engrosadas y tienen dos manojos fibrovasculares claramente separados.

Los cortes transversales de las hojas muestran variaciones marcadas. Se encuentran cortes con hipodermo regular de 2 a 4 hileras de células, hasta de 2 a 5 con entradas de clorenquima de forma triangular.

1.9.4. Ramas

El ramaje es verticilado muy liviano en ejemplares creciendo en colonias, ramas brevemente encorvadas, a veces sinuosas, casi horizontales o ascendentes, relativamente

a.



b.



Figura 5. Corteza de árboles de Pino caribe de Puerto Cabezas, Nicaragua (**a** Tomada por Musálem en 1973; **b** tomada por Perera, 2000).

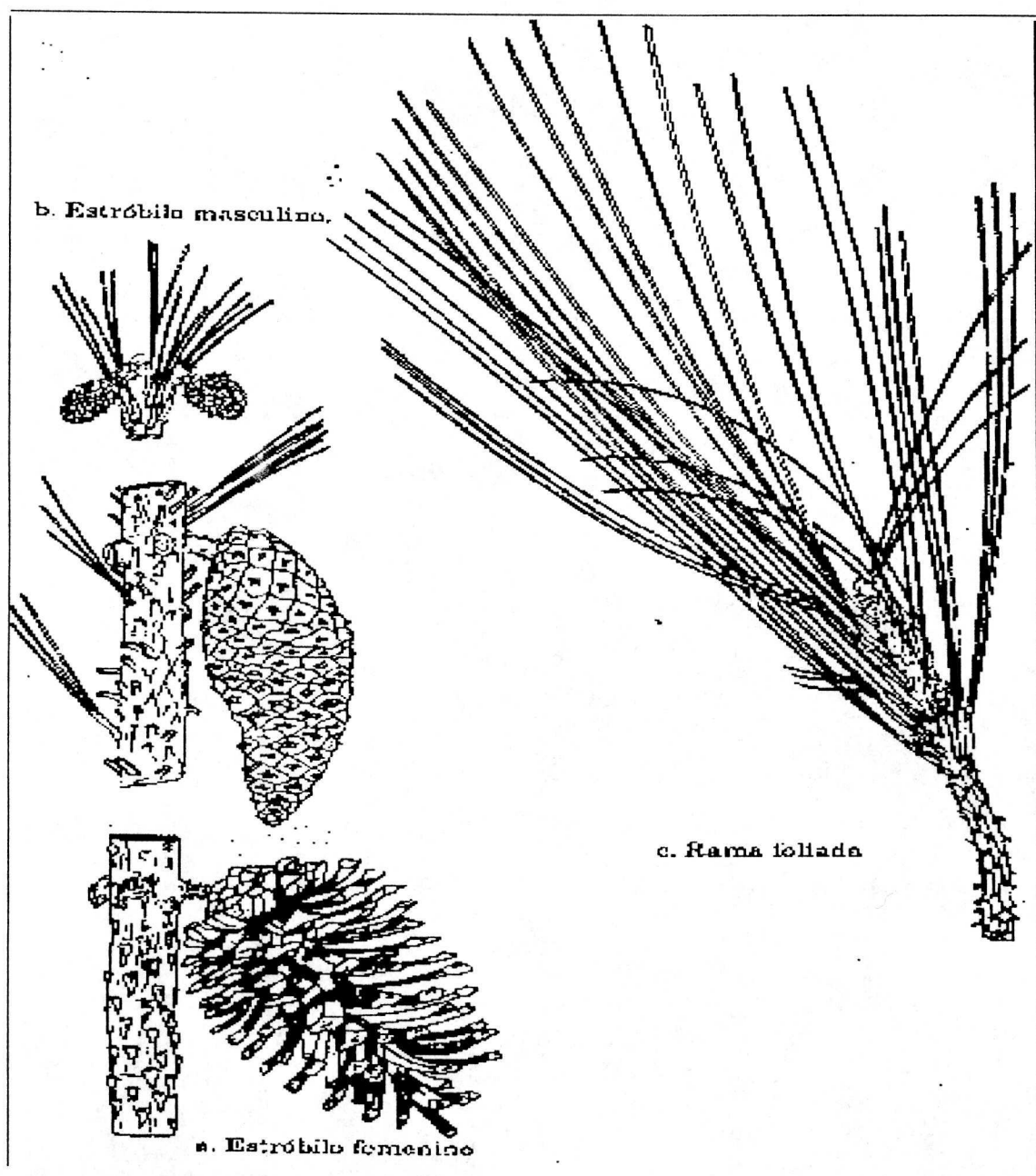


Figura 6. Característica morfológica de las hojas y los órganos reproductivos de Pino caribe (Tomado de Rojas y Ortiz, 1991).

corvas con los extremos levantados en los jóvenes, más tarde horizontales hasta inclinadas hacia abajo, más o menos espaciosas.

En rodales cerrados las ramas son muy delgadas, el fuste presenta poda natural y se desarrolla limpio y cilíndrico. Las ramas de los árboles solitarios en las sabanas son más gruesas pero aun así el fuste no llega a adoptar formas toscas o irregulares como se puede observar en muchas otras especies de pinos. Las ramas son de color verdusco y ascendentes en los ejemplares jóvenes, más tarde de color rojizo, horizontales y en la parte inferior y en los ejemplares solitarios, colgantes. En árboles jóvenes las ramas son más densas.

Las ramas inferiores son largas, en forma horizontal hasta inclinadas, las ramas superiores con frecuencia se elevan en forma abierta redondeando hasta culminar en forma piramidal.

1.9.5. Flores

Los árboles son monoicos (flores masculinas y femeninas en un mismo árbol), los órganos reproductores se presentan en forma de corpúsculos dentro de escamas dispuestas en espiral alrededor de una ramilla. Las flores masculinas son racimos de amentos de 25 a 45 mm de largo. Las femeninas forman conos de forma oblonga, asimétricos, de seis a 14 cm de largo, de 2.8 a 4.5 cm de ancho (Figura 7).

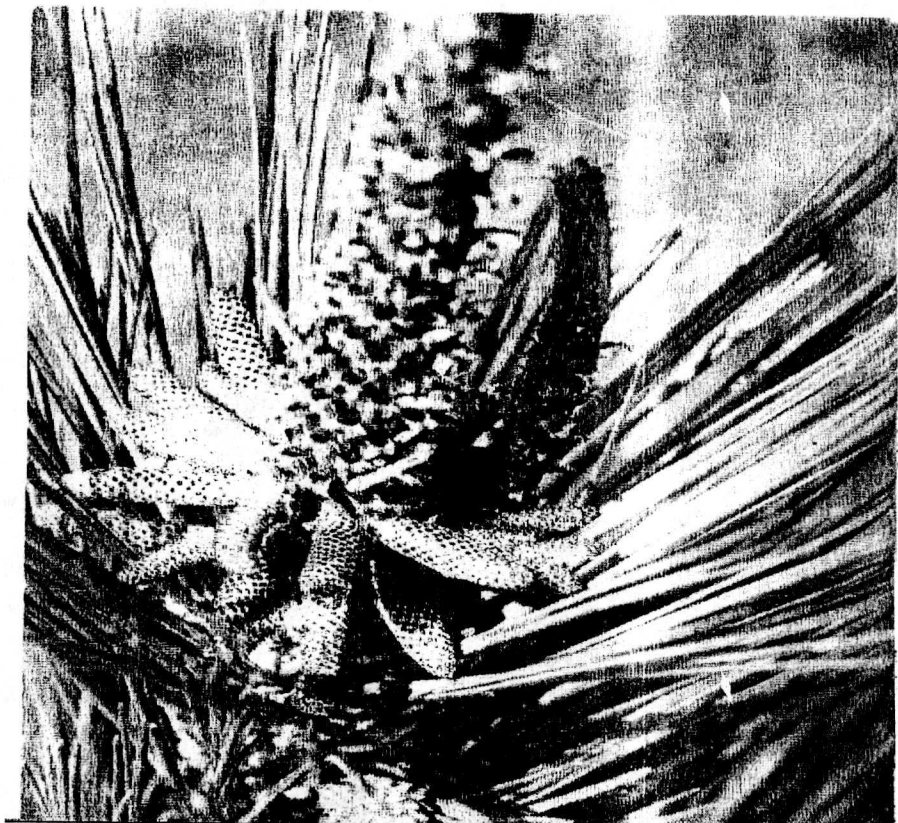
1.9.6. Conillos

Los conillos subterminales son ovoides, globulosos, con fuertes escamas, sobre fuertes pedúnculos, doblados hacia abajo y se encuentran en grupos de 2 a 4 (Figura 7).

1.9.7. Conos

Los conos son oblongos, color café claro cuando están maduros, asimétricos, de 6 a 14 cm de largo y de 2.8 a 4.8 cm de ancho, cuando están cerrados (Figuras 8) y de 6 a 7.5 cm cuando están abiertos; con péndulo corto, caedizos; escamas delgadas y flexibles, nacen solos y en grupos de 2 a 5 en pedúnculos tiesos y gruesos de 1 a 2 cm de largo. Son suaves, caducan pronto y el pedúnculo generalmente permanece adherido a la rama.

a.



b.



Figura 7. Flores y conos de árbol de Pino caribe (a Tomada de CVG-PROFORCA de Venezuela, 1994; b Tomada en Campo Gamma, Turrialba, Costa Rica, por Musálem, 1973).

a.



b.



Figura 8. **a.** Árbol en plena producción de conos en Puerto Cabezas, Nicaragua. **b.** Cono del Huerto Semillero de San Antonio Maturín, Venezuela (**b.** Tomada de CVG-PROFORCA, 1993).

Las escamas del cono son delgadas, débil, y tiesa, las apófisis levantados, a menudo en forma de pirámide y curvados, la carga distribuida de forma transversal; el umbo dorsal, erecto, prominente y sosteniendo una espina persistente afilada.

1.9.8. Semilla

Las semillas son angostamente ovoides de 6.5 mm de largo, 3.5 mm de ancho y 2 mm de espesor, tegumento algo más fuerte que en la variedad típica, color variable, de pardo claro a castaño y negruzco, algo más oscura que en la típica. Ala membranacea color castaño-oscuro, que se desprende fácilmente de la semilla (articulada) exceptuando aproximadamente un 10% que permanece adherida, cotiledones de 5 a 9 (Figura 9).

1.8.9. Madera

La madera con veteado color marrón con abundante resina y muy densa, un poco dura y pesada. El duramen es de café dorado a café rojizo, la albura es amarillo claro que contrasta con el duramen, presenta olor característico, no presenta sabor. El hilo es recto, textura fina, brillo de mediano a alto y veteado pronunciado (Figura 5).

La densidad de la madera es variable. En su distribución natural se reporta en Honduras de 0.55 a 0.62 gr/cm³, en Nicaragua de 0.518 gr/cm³ secado al aire libre, en Guatemala de 0.67 a 0.518 gr/cm³ secado al aire libre, y en Belice de 0.70 gr/cm³. En plantaciones, en Brasil se reporta de 0.37 a 0.39 gr/cm³ a los seis años de edad; en Uverito, Venezuela de 0.509, 0.643 y 0.516 gr/cm³ secado al aire libre a los 10, 15 y 20 años; en Costa Rica de 0.332 gr/cm³ a los 5.5 años de edad; en México de 0.541 gr/cm³ a los 5 años de edad, y en la Costa de Marfil de 0.341 a 0.389 gr/cm³.

La madera es fácil de aserrar y de trabajar con herramientas manuales y maquinaria para carpintería en general. El alto contenido de resina puede causar problemas en el filo de las cuchillas y dientes cuando se coagula. Es resistente a la extracción de clavos y tornillos; el engomado es satisfactorio.

Es usada en construcciones pesadas, puentes, carpintería, pisos, ebanistería, postes, pilotes y durmientes (cuando es preservada), estructuras de barcos, chapas y contrachapados, bates de béisbol, artesanías, carrocerías, mangos para herramientas,

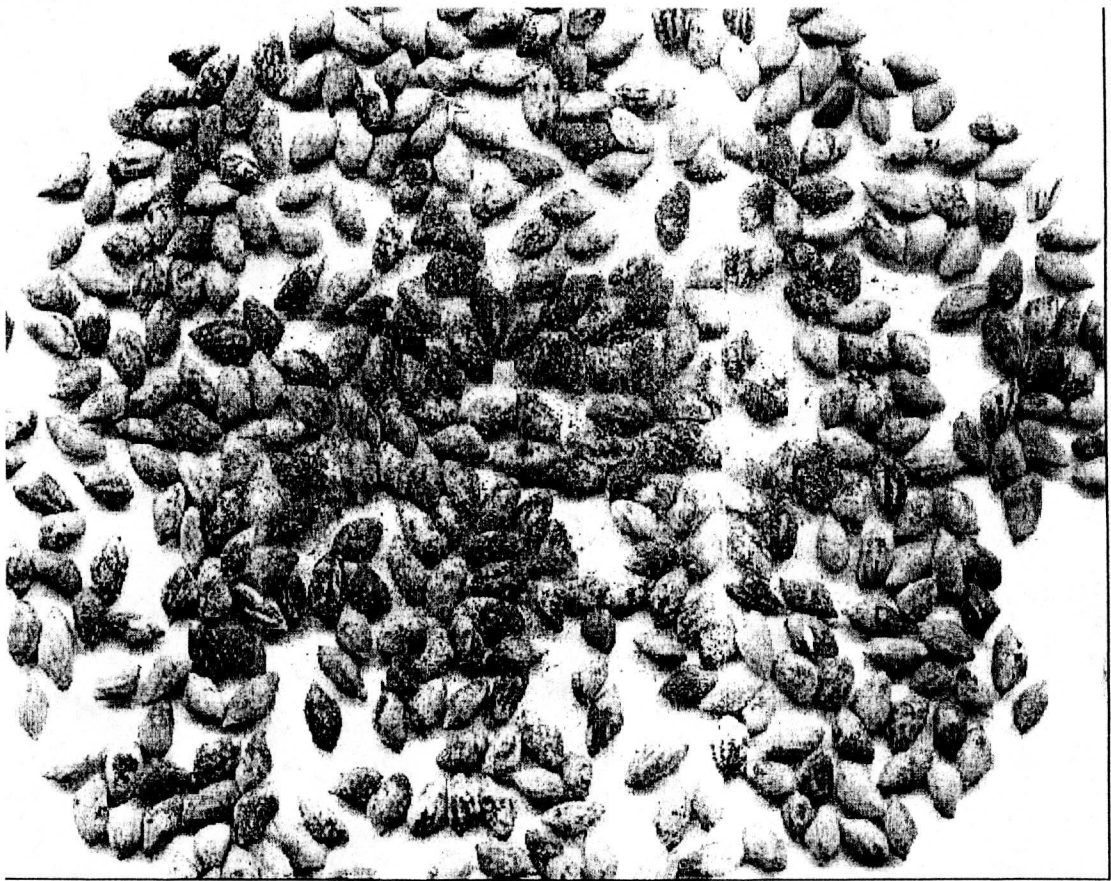


Figura 9. Semillas de Pino caribe procedente de Poptúm, Guatemala (Tomada por Perera, 2001).

encontrados, tableros de fibras y partículas, papel "kraft", cartón corrugado, papel periódico y pulpa, leña, carbón, palos de escobas, paletas, artículos tornados, gabinetes, juguetes y persianas flexibles, "parquet" para pisos, láminas para contrachapados, construcción y muebles. De la resina se fabrica el aguarrás y la colofonia, además, la resina de Pino caribe se usa en barnices, lacas, recubrimientos protectores, para mejorar la calidad de la película, para mejorar las características de viscosidad, como agente catalizador, en la industria de jabón y papel, en tintas y en la fabricación de adhesivos sensitivos a la presión.

1.10. Morfología de las plantas en condiciones de cultivo

Las hojas aciculares secundarias aparecen entre los 8 y 12 meses, llevando la planta hasta ese entonces las hojas primarias de color verde claro. Las plantas jóvenes se caracterizan por tener numerosos brotes adventicios en la base del tronco que persisten hasta los 3 ó 4 años. En los almácigos, el crecimiento de la parte aérea al año es muy superior al crecimiento en longitud de la raíz. En plantas jóvenes se observan brotes con ramillas blanquecinas y hojas de un promedio de 25 cm de largo.

En plantas 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. Este comportamiento atípico ha sido observado en sitios fuera de su ámbito de distribución natural en Sud-África, Trinidad y Tobago, Rodesia, Surinam, Guyana Británica, Colombia, Brasil, Costa Rica y Panamá y, principalmente, con 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.

1.11. Fenología reproductiva

1.11.1. En su área de distribución natural

En los bosques naturales, la formación de conos se inicia alrededor de los 20 años de edad en los pinos más precoces. Son conos muy pequeños y en número limitado, la mayoría con semillas vanas. A partir de los 20 años van aumentando los árboles productores de semillas, aunque no aumenta mucho el tamaño de los conos, y puede

decirse que a partir de los 30 años, la producción de conos de buen tamaño empieza a generalizarse en los árboles, de manera que entre los 30 y 35 años de edad el arbolado adquiere una capacidad de producción de semillas adecuadas para la regeneración natural masiva del terreno. La polinización ocurre en periodos secos (diciembre, enero, febrero y marzo) y los conos maduran al inicio de la época lluviosa, 16 ó 17 meses después de la polinización.

1.11.2. En plantaciones

En Trinidad se han obtenido semillas en pequeña cantidad en árboles de cuatro años con buenos resultados y la floración ocurre durante diciembre y enero, encontrándose flores receptivas hasta el mes de junio. Para la Costa de Marfil, las primeras flores aparecen a los cuatro años pero con semillas infértiles. En Costa Rica, esporádicamente se observan conos en edades desde 4 años y la floración comienza de fines de noviembre a diciembre.

En el rodal semillero de CHAGUARAMAS, Edo. de Monagas, Venezuela, la aparición de estróbilos femeninos se produce durante casi todo el año, siendo mayor de enero a marzo y de septiembre a diciembre. Los amentos solo se encuentran en cantidades importantes entre junio y agosto, coincidiendo con el período de máxima precipitación y poca receptividad de las estructuras femeninas, lo que dificulta la polinización. Se considera que la causa de la no-polinización en el rodal, es el estar ubicado en suelos extremadamente alcalinos y que su altitud, unos 500 metros sobre el nivel del mar, es inferior a la ideal (superior a 500 metros).

En los huertos semilleros de San Antonio de Maturín y de Santa Cruz de Bucaral, Venezuela, ambos a 850 metros sobre el nivel del mar, el período del año donde existe la mayor sincronización del estado reproductivo se ubica entre octubre y enero, que coincide con el fin del período de lluvia e inicio de sequía.

En Fiji, se han encontrado estróbilos receptivos desde mediados de marzo hasta finales de agosto; con máximos en junio y julio. La polinización se encontró adecuada, debido a la coincidencia de la apertura de las estructuras femeninas con la estación seca.

En Nigeria, la producción de conos femeninos se sucede durante todo el año; mientras que, la producción de amentos comienza en junio y termina en octubre.

En Queensland, Australia, Pino caribe tiene, entre marzo a junio, su periodo de flores receptivas; de mediados de abril a junio el polen está maduro; y febrero, 21 meses después de la floración, presenta la madurez de los conos.

1.12. Importancia

1.12.1. Importancia económica

Probablemente el Pino caribe 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.

Hasta 1970 se reportaron 26 448 ha plantadas de Pino caribe, distribuidos en Australia, Brasil, Congo, Fiji, Guayana, Jamaica, Sudáfrica, Surinam, Tanzania, Trinidad y Venezuela; y solo para 1975 se proyectaban plantar 19 850 hectáreas.

Actualmente no se dispone de un inventario ni de un estimado de la superficie plantada con Pino caribe, pero, las plantaciones más extensas se encuentran en Venezuela, en donde solo la Corporación Venezolana de Guayana-Productos Forestales de Oriente, C. A. (CVG-PROFORCA) tiene plantadas 600 000 ha. Otras superficies plantadas por países son: 9 000 ha en Tuxtépex, Oaxaca, México; 20 000 ha en el Atlántico Norte de Nicaragua, de las que quedan unas 13 000; más de 1 500 ha en Guatemala y más de 1 600 en la Yeguada, Panamá.

El Pino caribe se considera, desde el punto de vista ecológico, una de las coníferas más promisorias para proveer la materia prima de fibra larga necesaria para la producción nacional de pulpa para papeles de alta resistencia. Hay indicaciones de que se ha tenido éxito en su utilización industrial a partir del proceso al sulfato.

1.11.2. Importancia para la investigación

Pino caribe es uno de los pinos más interesantes de México y América Central. Una cantidad de cualidades poco comunes lo diferencian de los otros pinos; sobre su intervalo de distribución natural es completamente tropical, crece solo en climas libres

de heladas; crece a la altitud más baja de todos los pinos de México y América Central. En parte, debido a estas cualidades, este taxón se ha plantado con éxito en varios países con climas similares a los de la costa de Honduras, Belice y Nicaragua. Este interés mundial ha enfocado la atención en las selecciones y razas de crecimiento rápido de la variedad.

Desde 1964 el “Commonwealth Forestry Institute” de Oxford, ha construido grupos de fuentes de semillas identificadas de Pino caribe para países tropicales con fines de investigación de procedencia. Antes de 1964 países individuales enviaron sus propias expediciones de recolección de semillas, la más notoria fue la de Loock en 1949, la de Lückhoff en 1957 y la del Seminario de FAO en pinos tropicales de 1960. Expediciones posteriores fueron enviadas por África del Este y Australia. Desde 1969 el Reino Unido, con apoyo financiero de la FAO, ha apoyado una misión continua de colecta de semilla y datos en América Central, la que ha hecho un muestreo a la gama completa de Pino caribe, y se han enviado lotes experimentales de semilla a una gran cantidad de países tropicales desde 1971.

En 1971, el panel de expertos en recursos genéticos forestales de la FAO incluyó a Pino caribe en su lista como especie de primera prioridad para reconocimiento y colección y el Instituto Forestal de la Mancomunidad en Oxford (CFI) asumió responsabilidad por un programa de recolecta de semillas de procedencias de amplia fluctuación. Además, se iniciaron exploraciones para descubrir nuevas poblaciones de la especie. Aunque el Pino caribe, como especie, no está amenazado de extinción, varias procedencias importantes como Guanaja y Los Limones, Honduras; Trincheras y El Pinal, Guatemala; y Ejido Caobas, Quintana Roo, México, están severamente deterioradas y en peligro de extinción.

1.13. Literatura consultada

- AGUILAR, G., J.I. 1953. Pinos de Guatemala pp 27-28. In. VI Reunión Forestal Latinoamericana. Dirección General Forestal. Ministerio de Agricultura. La Aurora, Guatemala. 32 p.
- ALEXANDER, E.B. 1973. A comparison of forest and savanna soils in Northeast Nicaragua. Turrialba 23(2):181-191.
- ALONSO, R.M.; MAINTONI, A. 1990. Resumen de patologías más frecuentes sobre *Pinus spp.* en Cuba y países vecinos de la Cuenca del Caribe. CIDA. Habana, Cuba. Revista Forestal BARACOA. v 20(1):7-19.
- ARGUEDAS G., M.A.; TORRES C., G. 1995. Especies forestales de mayor utilización en Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Serie de apoyo académico. No. 13. pp. 29-30
- BANCO CENTRAL DE NICARAGUA. 1975. Departamento de Estudios Económicos. Programa Forestal. Reporte y análisis de resultados (Versión Preliminar). Managua. 301 p.
- BARBERENA SANCHEZ, B.I. 1978. Zonificación ecológica del *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* en Nicaragua. Facultad de Humanidades y Ciencias, Escuela de Biología y Recursos Naturales, Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 50 p.
- BARNES, R.D.; WOODEND, J.J.; SCWEPPEHAUSSER, M.A. 1977. Variation in diameter growth and wood density in six-year-old provenance trials of *Pinus caribaea* Morelet on five sites in Rhodesia. Silvae Genetica 26(5-6): 163-167.
- BARRETT, W.; GOLFARI L., H.G. 1962. Descripción de dos nuevas variedades del Pino del Caribe (*Pinus caribaea* Morelet). Caribbean Forester 23(2):59-71.
- BELL, T. 1979. *Pinus caribaea* seed from Fiji. In. Fiji pine research. Paper No. 4.
- BENITEZ RAMOS, R.F.; MONTESINOS LAGOS, J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, Propiedades y Usos. ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. 216 p.
- BETANCOURT BARROSO, A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. La Habana, Cuba, Editorial Científico-Técnica. 427 p.
- BID. 1989. Un patrimonio de pinos. Programa forestal venezolano rinde beneficios económicos y ecológicos. Agricultura de las Américas (3): 45-47.
- BRISCOE, C.B. 1959. Early results of mycorrhizal inoculation of pine in Puerto Rico. Caribbean Forest. 20(3-4): 73-77.
- BUNN, E.H. 1981. The nature of resource. New Zealand Journal of Forestry Sciences. 26(2): 162-99.
- CAMPOS DIAZ, J.L. 1993. Claves para la determinación de los pinos mexicanos. Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Serie de Apoyo Académico No. 22. 70 p.
- CENTRO TECNICO DE EVALUACION FORESTAL. 1972. Estudios de las propiedades físicas-mecánicas y estructura anatómica de 7 especies de pino de Guatemala. Centro Técnico de Evaluación Forestal. Guatemala. 115 p.

- CLAESON, A. 1983. Performance of *Pinus caribaea* as an exotic plantation species. Comprehensive examination. Question 2. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. New Haven, Conn. 18 p.
- COMBE, J.; GEWALD, N. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- CORNEJO GARCIA, L.M. 1983. Descripción morfológica y distribución geográfica de las especies del género *Pinus* en Honduras. Previa opción al título de Dasónomo. ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. 37 p.
- CORNELIUS, J.P.; HAWKINS, T.; PONCE, E.; ALVARADO, G. 1994. Distribución y estado de conservación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en las Islas de la Bahía. COHDEFOR-ODA-ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 54. 12 p.
- CORPORACION HONDUREÑA DE DESARROLLO FORESTAL; ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES. 1980. Recolección de semillas forestales, aspectos generales. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. 59 p.
- CRITCHFIELD, B.W.; LITTLE, L.E. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. Miscellaneous Publication 991 U.S. Department Agriculture. Forest Service. 97 p.
- CHALMERS, W.S. 1958. Observations on some caribbean forest. Caribbean Forester 19(1): 30-42.
- CHAVELAS POLITO, J. 1981. El *Pinus caribaea* Morelet en el estado de Quintana Roo, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota Técnica No. 10. 8 p.
- DUBOIS, J.; HALLEWAS, P.H.; KNOWLES, O.H. 1968. The role of the lower Brazilian Amazonas as a sources of wood products. In. Congreso Forestal Mundial, 6º., Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 3213-3223.
- DVORAK, W.S.; DONAHUE, J.K. 1993. Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE. 1980-1992. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. Carolina del Norte, E.U.A. 94 p.
- EGUILUZ PIEDRA, T. 1977. Los pinos del mundo. Publicación Especial número 1. Departamento de Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. 74 p.
- EGUILUZ PIEDRA, T. 1985. Descripción botánica de los pinos mexicanos. IX Congreso Forestal Mundial, México, D. F. 45 p.
- EGUILUZ PIEDRA, T. 1988. Distribución natural de los pinos en México. Centro de Genética Forestal, A. C., Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Nota Técnica No. 1. 6 p.
- EVANS, H.B.L.; SABIDO, O.A. 1980. Pruebas de procedencias de *Pinus caribaea* en Belice. In. IUFRO. Simposio. Producción de materia prima en los neotrópicos por medio de plantaciones. IUFRO/MAB/Servicio Forestal. Puerto Rico. pp 306-313.
- FAO. 1960. Estudio de los recursos agrícolas y forestales de Noreste - Nicaragua. Informe final FAO/SF: 49/NIC-2 Vol. 2. 287 p.

- FAO. 1987. La Madera: Combustible para promover el desarrollo. COD - Recursos naturales. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile. 22 p.
- FARJON, A.; STYLES, B.T. 1997. Flora neotrópica. The New York Botanical Garden. Bronx, New York. USA. 291 p.
- FREEZAILLAH, B.C.Y. 1966. Some notes on *Pinus caribaea* Mor. grown in Malaya. Malayan Forester Research Pamphlet No. 54.
- FUENTES SALINAS, M. 1986. Apuntes de tecnología de la madera I. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 86 p.
- GALEOTE REYES, M.A. 1995. Ensayo de procedencias y progenies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en la Sabana, Oaxaca. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Industrias Forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- GOLFARI, L. 1968. Elección de especies de coníferas para repoblaciones forestales de regiones tropicales y subtropicales húmedas. In. Congreso Forestal Mundial, 6°. Madrid. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 3223-3228.
- GOLFARI, L. 1972. Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v.1. pp: 264-273.
- GREAVES, A. 1978. Description of seed sources and collection for provenances of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Tropical Forestry Paper No. 12. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 98p.
- GREAVES, A. 1980. Review of the *Pinus caribaea* Morelet and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials, 1978. CFI Occasional papers, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. No. 12, 89 p.
- GREAVES, A. 1981. Progress in the *Pinus caribaea* Morelet and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials. Commonwealth Forestry Review, Inglaterra. 60(1):35-43.
- HOLDRIDGE, L.R. 1966. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica. 1 p.
- HUGHES, C.; GIBSON, G. 1985. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 75 p.
- HUGHES, J.F.A. 1967. Utilization of the wood of low altitude tropical pines. In. Simposio Mundial de la FAO sobre Bosques Artificiales y su Importancia Industrial, Canberra, Australia, v.1, pp: 845-864.
- INAFOR. 1977. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala. Instituto Nacional Forestal. Proyecto PNUD/FAO/GUA/72/006. Guatemala. Documento de Trabajo 17. pp. 59-74.
- INSTITUTO NACIONAL DE FORMACION PROFESIONAL. 1980. Manual de recolección de semillas de Pino. Tegucigalpa, Honduras. p. irr.

- INSTITUTO NICARAGÜENSE, DE DESARROLLO DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS. 1991. Diagnóstico de los recursos forestales. INDERA. Managua, Nicaragua. v IV. 94 p.
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE-CSSF. 1993. Secado al aire de 37 maderas nicaragüenses. Laboratorio de Tecnología de la Madera, IRENA. Managua, Nicaragua. 123 p.
- IRENARE-CATIE-BNP. 1988. El Pino Una especie de uso múltiple con gran potencial. CATIE. Panamá. 5 p.
- IYAMABO, D.E.; JACKSON, J.K.; OJO, G.O.A. 1972. Pine trials in the savanna areas of Nigeria. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 200-212.
- KEMP, R.H. 1972. Seed sources procurement of low-altitude tropical pines in Central America. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 9-16.
- KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Traducción de la segunda edición alemana por el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y el Servicio de la Madera. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 1, 675 p.
- LADRACH, W. 1980. Metodología de los ensayos de procedencia. **In.** Smurfit Cartón de Colombia, S. A. 1980. Mejoramiento de bosques a través de la selección genética. Quinta Reunión Anual de Investigación Forestal. Popayán, Colombia. 166 p.
- LAMB, A.F.A. 1968. Essentials of a tree improvement programmer for developing countries with special reference to fast grown species for industrial plantations in the tropics. **In.** Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid. Actas. Madrid. Ministerio de Agricultura. v. 2, pp. 1409-1413.
- LAMB, A.F.A. 1973. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics. *Pinus caribaea*. Unit of Tropical silviculture. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, England. No. 6. 254 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Traducción: Carrillo, A. GTZ, GmbH. República Federal Alemana. 334 p.
- LANNER, R.M. 1966. The phenology and growth habits of pines in Hawaii, U. S. Forest Service. Research Paper PSW 29. 25 p.
- LIGHTBURN M., W.E. 1974. Conservación y explotación del *P. caribaea*. Tesis de Licenciado en biología y Ciencias Naturales. Facultad de Humanidades, Departamento de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 31 p.

- LOAIZA, V.H.G. 1967. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari y *Eucalyptus saligna* Smithii en plantación. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA. 104 p.
- LOOCK, E.M. 1950. The pines of Mexico and British Honduras. South Africa Department. Agricultural Forestry Bulletin 35: 1-244.
- LUCKHOFF, H.A. 1964. The natural distribution, growth and botanical variation of *Pinus caribaea* and its cultivation in South Africa. Annals Universities Van Stellenbosch 39(1) Serie A. 153 p.
- MADELEÑA-3, CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- MESBRUGE, G. de la. 1968. Du choix des essences et des méthodes de reboisement industriel en Côte-d'Ivoire. In. Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 3207-3213.
- MESBRUGE, G. de la. 1972. First results of the introduction of pines in the low-land tropical zone of the Ivory Coast. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 213-225.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1993. Autoecología de la especie Pino caribe. SERFORVEN. Caracas, Venezuela. Cartilla No. 14. 13 p.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 1995. Especies para reforestación en Nicaragua. MARENA. Managua, Nicaragua. 185 p.
- MIROV, N.T. 1967. The Genus *Pinus*. New York. 602 p.
- MIROV, N.T.; LARSEN, E. 1958. Possibilities of Mexican and Central American pines in the world reforestation projects. Caribbean Forester 19(34): 43-49.
- MORELET, A. 1855. Descriptions de deux nouvelles espèces de pins (*Pinus tropicalis* et *P. caribaea*). Bull. Soc. Hist. Nat. Dép. Moselle 7:97-101.
- MORELET, A. 1951. Descriptions de deux nouvelles espèces de pins (*Pinus tropicalis* et *P. caribaea*). Rev. Hort. Côte d'Or 1:105-107.
- MUSALEM SANTIAGO, M.A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el Trópico Húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis de grado de Magister Scientiae. Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- MUSALEM, M.A. 1982. *Pinus caribaea* as an exotic plantation species. Comprehensive Examination. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. New Haven, Connecticut. 42 p.
- NAIR, P.N. 1972. Preliminary trials with tropical conifers in Kerala State. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and Breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, p. 302-317.

- NIKLES, D.G. 1972. A 15-year provenance trial study of *Pinus caribaea* Morelet in sub-tropical coastal lowlands of Queens land. Australia. In: BURLEY, J.; NIKLES, D.G. Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. CFI, Oxford. v. 1. pp. 400-417.
- NIKLES, D.G. 1979. Mejoramiento genético de las coníferas tropicales en tierras bajas. FAO. Roma. 52 p.
- OKARO, O.; OJO, O. 1985. Floración de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* en Nigeria. Recursos Genéticos Forestales No. 14: (7-9).
- PARSONS, JAMES J. 1955. The miskito savanna pine of Nicaragua and Honduras. University of California, Berkeley. Reprinted from annuals. Association of American Geographers. v. 45, N° 1. pp. 36-62.
- PEÑA D., F.E. 1990. Determinación del crecimiento en vivero de tres especies de Pinos: *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* procedente de 14 sitios en la localidad de Matagalpa, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 52 p.
- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- PERRY Jr., J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, Oregon. Timber Press. 231 p.
- PLANCARTE BARRERA, A. 1987. Variación del peso específico de arboles selectos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de la Sabana, Oaxaca. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 52 p.
- PLUMPTRE, R.A. 1984. *Pinus caribaea* wood properties. Unit of Tropical Silviculture. Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Paper No. 17 v. 2 University of Oxford. 147 p.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO-FAO. 1974. Investigación sobre el fomento de la producción de los bosques del Noreste de Nicaragua. Nicaragua: Inventario de los pinares en la Reserva Forestal del Norte. ONU. Roma. Informe Técnico 9. 80 p.
- PROSEFOR, CATIE. 1997. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales No. 11. 2p.
- RADLEY, J. 1960. The physical geography of the east coast of Nicaragua. Department of Geography, University of California. M.Sc. Thesis. 188 p.
- REID, H.A. 1962. Some factor affecting draft pulping of Pine Woods. Appita 15(4):102 p.
- REYNA RODRIGUEZ, N. 1978. Análisis del incremento de madera y estudio de la mancha azul en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 128p.

- REYNA, N.; GEWALD, N.J. 1980. Análisis del mercado de maderas en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett et Golfari en Turrialba, Costa Rica, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 30(2): 167-171.
- ROBBINS, A.M. 1983. *Pinus caribaea* Morelet. Danida Forest Seed Center. Seed Leaflet. No. 2. 17 p.
- ROBBINS, A.M.J. 1994. Regiones de procedencias para pinos en Honduras. **In.** Jara N., L.F. Selección y manejo de rodales semilleros. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnica No. 11. pp 11-31.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1991. Pino Caribe. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barrett y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 175. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- RIVAS, O.; ALFONSO, A.; CASTILLO, A. 1998. Fenología de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en huertos semilleros. **In.** Primer Congreso Venezolano de pino y eucalipto. CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela, p. 16.
- RUIZ MEZA, P. 1987. Pruebas de procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en el Bajo Mixe, Oaxaca, México. 35 p. (Inédito).
- SALAZAR F., R. S/F. Algunos recomendaciones para la reforestación comercial con Pino. Celulosa de Turrialba, S. A. Turrialba, Costa Rica. 6 p.
- SALAZAR, R. 1992. Situación actual de la producción de semillas forestales en América Central. MADELEÑA-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 6 p.
- SALAZAR, R.; BOSHIER, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 148. 80 p.
- SALAZAR, M. 1986. Evaluación de parcelas permanentes de evaluación fenológica (PROFORCA) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Unidad de Manejo Chaguaramas correspondiente al lapso enero-marzo de 1986. CONARE, Investigación Chaguaramas, Edo. Monagas, Venezuela. s.p.
- SALAZAR, M. 1986. Evaluación de parcelas permanentes de evaluación fenológica (PROFORCA) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Unidad de Manejo Chaguaramas correspondiente al lapso julio-septiembre de 1986. CONARE, Investigación Chaguaramas, Edo. Monagas, Venezuela. s.p.
- SALAZAR, M. 1987. Evaluación de parcelas permanentes de evaluación fenológica (PROFORCA) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Unidad de Manejo Chaguaramas correspondiente al lapso enero-marzo de 1987. CONARE, Investigación Chaguaramas, Edo. Monagas, Venezuela. s.p.
- SALAZAR, M. 1987. Evaluación de parcelas permanentes de evaluación fenológica (PROFORCA) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Unidad de Manejo Chaguaramas correspondiente al lapso abril-julio de 1987. CONARE, Investigación Chaguaramas, Edo. Monagas, Venezuela. s.p.
- SÉNÉCLAUZE, A. 1968. Les Conifères. Monographie descriptive et raisonnée classée Imprimerie générale de Ch. Lahure, Paris.

- SETH, S.K. 1972. An analysis on the performance of some tropical and subtropical pines in India. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 327-350.
- SLEE, M.U. 1977. A model relating needle less shoots and dieback in *Pinus caribaea* to strobilus production and climatic conditions. *Silvae Genetic.* 26(4):135-141.
- SPRICH, L. 1996. Taxonomía actual y distribución natural del género *Pinus* en El Caribe. CATIE. Turrialba, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana.* 16(5):25-30.
- STANDLEY, P.C.; STEYERMARK, S.A. 1958. Flora of Guatemala. *Fieldiana. Bot.* 24 (1) Chicago. Natural History Museum. 478 p.
- STREETS, R.J. 1962. Exotics forest trees in the British Commonwealth. Oxford, Clarendon Press. pp 315-320.
- STYLES, B.T. 1994. El género *Pinus* en Nicaragua. pp 7-9. **In.** CMG; BSF. Pinos de Nicaragua. MARENA-DANIDA. Managua, Nicaragua. 44 p.
- TAYLOR, B.W. 1959. Ecological Land use surveys in Nicaragua. Instituto de Fomento Nacional. Managua, Nicaragua. 338 p.
- TAYLOR, B.W. 1959. Estudios ecológicos para el aprovechamiento de la tierra en Nicaragua. Ministerio de Economía, Instituto de Fomento Nacional y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Managua, Nicaragua. Volumen No. 1. pp. 8-19 y 21-28.
- TORRES, R.; PINO, G.; SMITH, N.V. 1978. Correlación entre la cobertura de bosque de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y la diversidad del estrato herbáceo y de la microfauna de artrópodos. Cachipo, Estado de Monagas. Venezuela. Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales, La Salle. pp 9-18.
- VÁSQUEZ C., W. 1986. Tres intensidades de raleo en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; Análisis de 10 años de crecimiento en un diseño latino. Trabajo presentado en el Congreso Forestal Nacional de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 15 p.
- VERSTEEGH, P.J.D. 1968. Plantaciones de *Pinus caribaea* en Surinam. **In.** Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 1688-1697.
- VINCENT, A.J.; MANG, M. 1972. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf. In Fiji. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 351-365.
- WHITMORE, J.L.; GEARY, T.F. 1972. *Pinus merkusii* Jung, and Uriese provenance trial in Puerto Rico. **In.** Selection and breeding to improve some tropical conifers. (Burley, J y Nikles, D. G., Eds.). Oxford, Commonwealth, Forestry Institute. v.1, pp: 161-172.
- WHITMORE, J.L.; LIEGEL, L.H. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. USDA Forestry Service, Southern Forestry Experiment Station. New Orleans, Los Angeles. Resource Paper. 50-162. 8 p.

- WOLFFSOHN A., L.A. 1973. Ensayos silviculturales en el Noreste de Nicaragua. Documento de Trabajo FAO: SF/NIC-9 No. 8. FAO/INFONAC. Mimeografiado.
- WOLFFSOHN A., L.A. 1982. Los pinares de Honduras. ODA/ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Informe Técnico No. 2, Proyecto R-3548. pp. 8-17.
- WOLFFSOHN, A., L.A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: Estudio sobre su manejo en sitios nativos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 3. 67 p.
- WRIGHT, A.C.S. **et al.** 1959. Land in British Honduras (ed. D.H. Rommey). Colón. Res. Public. No. 24 H.M:S.O. Londres, 327 p.
- ZOBEL, B.J. **et al.** 1960. Geographic, site and individual tree variation in wood properties of loblolly pine. *Silvae Genetic.* 9(6): 149-158.
- ZOBEL, B.J.; TALBERT, J. 1984. Applied forest trees improvement. John Wiley & Sons. N. Y. 505 p.



RESUMEN

La madurez de los conos ocurre, en Belice y en Poptúm, Guatemala, en junio y julio; en Nicaragua el tiempo cumbre de maduración de los conos ocurre en forma temprana en mayo pero más frecuentemente en junio; y en Honduras, generalmente, entre abril y junio y hasta principios de agosto. La colecta de conos puede iniciarse tan pronto empiecen a cambiar de verde a café en el árbol. Como los conos empiezan a liberar semilla de 2 a 3 semanas después de haberse puesto color café en el árbol, el periodo de colecta es limitado.

Un cono contiene aproximadamente 38 semillas y un árbol contiene en promedio 100 conos. Los rendimientos varían de 0.25 a 0.50 kg de semillas por árbol. El peso de mil semillas de Pino caribe es de aproximadamente. 14 a 19g y, generalmente, existen de 50 000 a 78 000 semillas por kilogramo.

Los conos son extendidos sobre lonas para permitir su post-maduración. Luego, cuando las condiciones ambientales lo permiten, son secados al sol sobre mallas, durante 3 a 4 días, por periodos de 3 a 4 horas. Para conseguir una abertura completa, el contenido de humedad tiene que bajar hasta un intervalo entre 10% y 13%. Una vez llegado a esta meta de contenido de humedad y conociendo la rapidez de secado para diferentes condiciones ambientales, se puede predecir el tiempo necesario para la abertura de los conos como una base sana para regímenes de secado.

La semilla de Pino caribe generalmente es almacenada por periodos menores a cinco años, sin que pierda su viabilidad en forma significativa, siempre y cuando se mantenga a temperaturas entre 4 a 8 °C y con un contenido de humedad menor de 8% base verde.

La semilla de Pino caribe se puede comprar todo el tiempo, en cantidades abundantes y a bajo precio. En América Central, puede ser obtenidas de los bancos de semillas forestales de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Además, CAMCORE, en Estados Unidos de Norteamérica, dispone de un considerable número de procedencias para investigación. Es muy importante conocer la procedencia que debe utilizar, ya que se han encontrado diferencias muy importantes en crecimiento y forma de los árboles según la fuente de semilla.

2. MANEJO DE SEMILLAS

2.1. Producción y rendimiento de semillas

2.1.1. En su área de distribución natural

El tamaño de la semilla varía entre procedencias, entre árboles y de año en año. Un cono contiene aproximadamente 38 semillas con aspecto externo normal y un árbol contiene en promedio 100 conos. Los rendimientos usuales varían de 0.25 a 0.50 kg de semillas por árbol. El peso de mil semillas de Pino caribe es de aproximadamente. 14 a 19g y, generalmente, existen de 50 000 a 78 000 semillas con aspecto externo normal por kilogramo.

En Nicaragua, este pino produce un promedio de 40 semillas por cono con aspecto externo normal, con una cantidad de 78 000 semillas por kilogramo para la procedencia de Alamikamba y 57 000 para la procedencia de Santa Clara, ambas procedencias localizadas en la Costa Atlántica; aunque, en semillas totales, en 1990, se reportó 81 600 semillas para la procedencia de Alamikamba, 99 725 para Sisín y 106 700 para Kligna. Para Belice se reportaron de 52 000 a 71 000 semillas con aspecto externo normal por kg y 72 000 en Honduras. La periodicidad de producción de semilla de Pino caribe no está bien documentada, aunque, se han registrado años de escasa fructificación. En el Cuadro 2 se presentan datos del número de semillas viables de algunas procedencias de Honduras, Guatemala y Nicaragua.

2.1.2. En Plantaciones

En plantaciones de la Pericoca, Yaracuy, Venezuela, en 1993 se reportaron de 20 a 26 semillas con aspecto externo normal por cono como promedio. En la Yeguada, Panamá, se reportó un promedio de 36 semillas bien formadas por cono, además de un promedio de 90 semillas poco desarrolladas y muy adheridas al ala por cono. Entre semillas bien desarrolladas y poco desarrolladas se obtuvo un promedio de 122 semillas por cono. En Sao Paulo, Brasil, se reportaron 48 600, 43 700 y 46 500 semillas total/kg y 42 280, 39 525 y 36 706 semillas viables/kg.

Se debe tener cuidado en los huertos semilleros con el uso de pesticidas al momento de la floración, ya que se ha encontrado que todos los pesticidas inhiben la germinación del polen aún a concentraciones bajas. Por otra parte, la formación de conos

Cuadro 2. Número de semillas viables de algunas procedencias en Honduras, Guatemala y Nicaragua de Pino caribe.

País	Procedencia	Semillas viables
Honduras	El Marañón	41 678
Honduras	La Trinidad	36 668
Honduras	La Mosquitia	34 300
Honduras	Limón	37 233
Honduras	San Nicolás	39 370
Honduras	La Brea	35 495
Honduras	El Venado	42 111
Honduras	San Jerónimo	39 440
Honduras	Ojo de Agua	62 068
Honduras	Agalteca	65 040
Honduras	El Rusio	62 962
Honduras	Los Limones	53 365
Honduras	Santa Cruz de Yojoa	46 935
Honduras	Dulce Nombre de Culmi	45 253
Honduras	Las Trojas	47 472
Guatemala	Peten	26 060
Nicaragua	Santa Clara	50 558

Fuente: SETROS, S. de R.L. (2000).

masculinos podría ser estimulada por la deficiencia moderada de nitrógeno; por ejemplo, en el Distrito Nelson la producción de conos masculinos fue casi eliminada después de tratamiento con fertilizantes nitrogenados.

El Pino caribe ha presentado un florecimiento y fruto normal en muchos lugares con diferentes temporadas de invierno seco y clima caliente de tierras bajas, incluyendo Fiji, al Norte de Queensland, Australia, Jamaica y en la región costera de Kenia. En cada uno de estos lugares se ha producido semilla viable y se ha presentado regeneración natural. La falta de una atmósfera seca al momento de la floración cuando el Pino caribe crece en ciertos ambientes podría reducir la producción de semilla.

En Fiji se han recolectado semillas de plantaciones de Pino caribe de 8 a 9 años de edad procedentes de Mountain Pine Ridge, Belice. En Queensland, Australia desde 1967 estaba recolectando semilla de padres seleccionados liberados de competencia de los árboles vecinos por medio del aclareo, logrando en ese año la recolección de 8 libras de semilla de 101 padres.

El Pino caribe tiene muy poca semilla cuando se cultiva a nivel del mar en Zululand, al Sur de África (latitud 28°S y precipitación de 1 270 mm) o en Beerwah, Queensland, Australia a casi la misma latitud. En Costa Rica, estudios preliminares sobre recolección, viabilidad y germinación de la semilla no han tenido resultados satisfactorios. Resultados similares se han obtenido en otros países como Puerto Rico, donde la baja producción de semillas es debida, en parte, a que los estróbilos femeninos son abortados.

La existencia de semillas vacías ha sido reportada en Costa Rica, Guatemala, Puerto Rico, Panamá y Honduras y se atribuye el hecho a la no-polinización, a la autofecundación, la unión de genes laterales y a la colecta de conos verdes. Otros factores que pueden influir en la alta variabilidad encontrada de semillas por cono y la gran cantidad de semillas vacías, así como la no-producción de semillas en algunos conos pueden ser debidos a que el periodo lluvioso tan prolongado en la zona de estudio pueda reducir la diseminación del polen de manera que la fertilización sea muy por debajo de lo normal y por lo tanto se produzca una escasa producción de conos. Otros aspectos muy comúnmente encontrados en zonas con clima tropical húmedos es la variación en el

periodo de floración, la pérdida o alto nivel de conidios abortados y la no-coincidencia entre la producción de polen y la época de receptibilidad de los estróbilos femeninos.

CVG – PROFORCA de Venezuela tiene dos huertos semilleros exitosos de Pino caribe los que se localizan a altitudes de 850 msnm, temperaturas promedio igual o inferior a 21°C, suelos franco arcillosos y topografía semiondulada entre otros requerimientos. Por ejemplo, el huerto de Santa Cruz de Bucaral se ubica a 850 msnm, la temperatura promedio es de 21°C, las precipitaciones superan los 950 mm anuales, la humedad relativa es de 84 a 95 %, el suelo es franco arcilloso con pH de 4.3 a 6.1 y la topografía es semiondulada. En estas condiciones, en el año 2000 produjeron 1 500 kg de 194 hectáreas.

Se ha acumulado evidencia de que la semilla de plantaciones exóticas que han sido sujetas a un régimen de aclareo da mejor resultado en plantaciones locales que la semilla importada, si se usa una procedencia satisfactoria para formar la plantación original.

2.2. Época de colecta

En su área de distribución natural la madurez de los conos ocurre, en la costa, durante los meses de junio y julio, y en el interior, en julio y agosto. En Belice y en Poptúm, Guatemala, los conos maduran en junio y julio. En Nicaragua el tiempo cumbre de maduración de los conos ocurre en forma temprana en mayo pero más frecuentemente en junio y en Honduras, generalmente entre abril y junio y hasta principios de agosto. Aparentemente, la longitud tiene efecto en el periodo de producción de semillas, siendo mas temprano en menores longitudes. Como los conos empiezan a liberar semilla de 2 a 3 semanas después de haberse puesto color café en el árbol, dependiendo de la humedad atmosférica del momento, la colecta esta limitada por estas características. En plantaciones de Venezuela La fructificación ocurre a mediados de agosto y septiembre y se deben cosechar en septiembre.

2.3. Métodos de colecta

Previo a la realización de la colecta de conos, se deben inspeccionar los posibles sitios de colecta, con el fin de tramitar los permisos necesarios, así como tomar muestras de conos con el fin de evaluar la madurez y el estado de las semillas. La evaluación consiste en cortar longitudinalmente el cono y observar que las semillas estén llenas y

que su consistencia no sea ni lechosa ni masuda; también se cuenta el número de semillas de aspecto normal, y en caso de tomar muestras de varios sitios, hay que preferir aquel en el que se encontraron los conos con mayor número de semillas.

2.3.1. Colecta de árboles en pie

El método de colecta más empleado es el de arbolado en pie, porque se conoce la ubicación del árbol, se aprecia su fenotipo, así como la composición y estructura del rodal.

Los conos de Pino caribe, aún cerrados, se recolectan directamente del árbol cuando presentan una coloración café verdosa. La colecta de conos puede iniciarse tan pronto empiecen a cambiar de verde a café en el árbol; una colecta más temprana de conos podría dar semilla de baja viabilidad. Los conos empiezan a liberar semilla de 2 a 3 semanas después de haberse puesto color café en el árbol, dependiendo de la humedad atmosférica del momento.

Este método facilita la selección de conos buenos y sanos, sin maltratar o dañar el arbolado en el momento de la colecta. El método consiste en trepar a los árboles con equipo especial (bicicleta, escalera, redes, cinturón de seguridad, cuerdas, etc.), posteriormente se cortan los conos con ayuda de podadoras de ramas con mangos de 4 m de largo o con una cuchilla en un corte en forma de "V". Los conos derribados por el trepador se recogen, se guardan en costales y se apilan de manera que haya ventilación entre ellos y con una lona se cubren para protegerlos de la lluvia (Figura 10).

2.3.2. Colecta de árboles derribados en frentes de corta

Este método consiste en aprovechar los frentes de corta, siempre y cuando los aprovechamientos se lleven a cabo durante la época de madurez fisiológica manifiesta de los conos. La desventaja de este método estriba en que muchas veces, la calidad del rodal donde se realiza la extracción de madera, no siempre es adecuada, sin embargo, los individuos a seleccionar, deben ser los mejores fenotipos.

2.4. Beneficio de conos y semillas

El Programa de Semillas Forestales del CATIE menciona que, después de recolectados los conos, son transportados en sacos de yute a un lugar techado donde puedan ser extendidos sobre lonas para permitir su post-maduración. Luego son secados

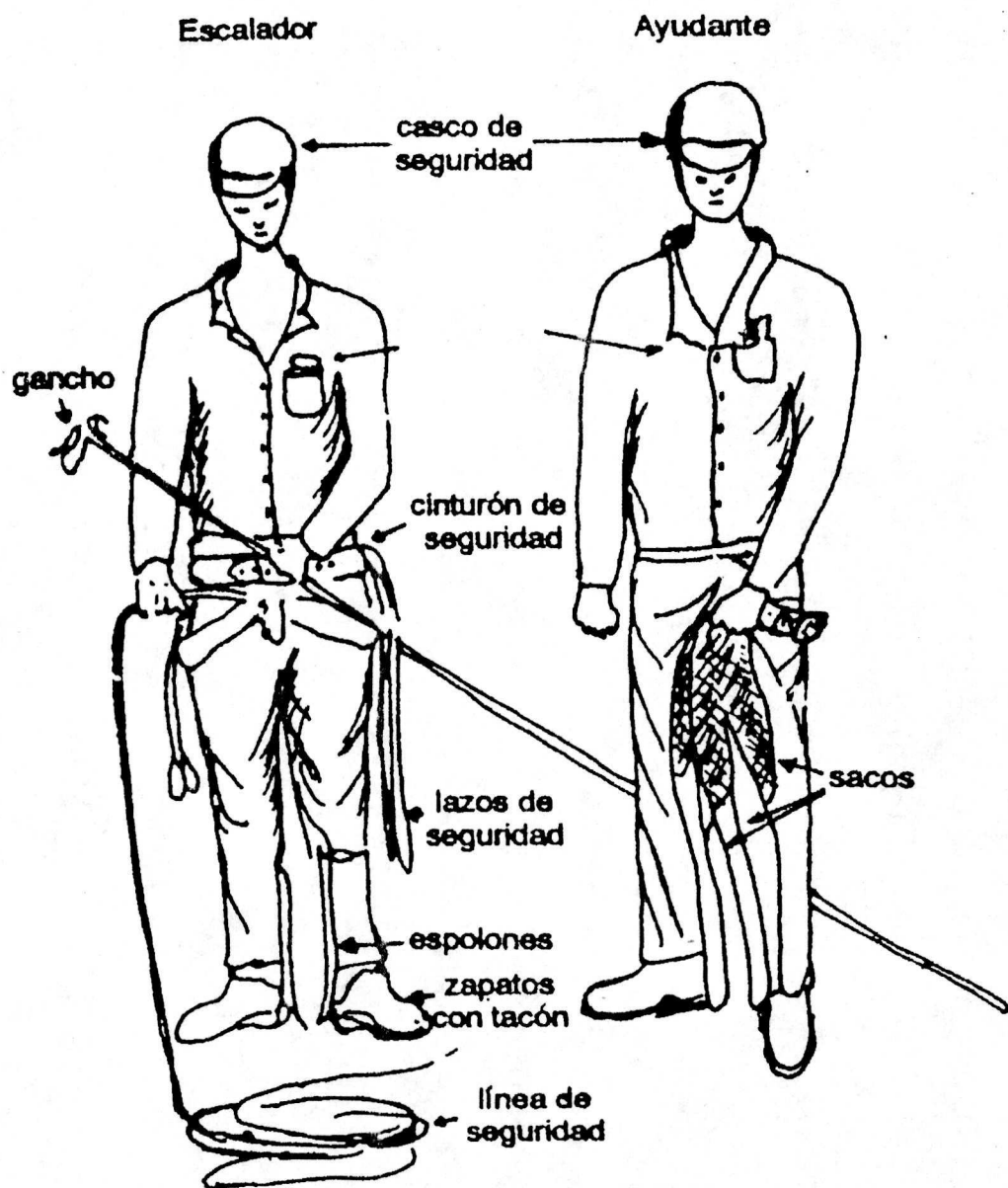


Figura 10. Equipo para la recolección de semilla de Pino caribe (Tomado de INTERFOR, 1993).

al sol sobre mallas, durante 3 a 4 días, por períodos de 3 a 4 horas. Una vez abiertos los conos las semillas se extraen golpeando los conos. La semilla se pasa a una desaladora y luego la mezcla de semillas, alas y basura pasan a una limpiadora con el objeto de eliminar impurezas. Finalmente se homogeneiza el lote y se procede al secado para su almacenamiento, exponiendo las semillas al sol y removiéndose constantemente.

Abertura de cono

En Honduras se encontró que para conseguir una abertura completa de los conos de Pino caribe el contenido de humedad tiene que bajar hasta un rango entre 10% y 13%. Una vez llegado a esta meta de contenido de humedad y conociendo la rapidez de secado para diferentes condiciones ambientales, se puede predecir el tiempo necesario para la abertura de los conos como una base sana para regímenes de secado.

Los conos de Pino caribe que abren primero del ápice en lugar de la base del cono y que no permiten su abertura completa tienen densidades y contenidos de humedad más altos que los conos normales y comienzan a abrir a un contenido de humedad más bajo. Es evidente que los conos que tienen un contenido de humedad inicial más alto que 60% van a abrir probablemente del ápice inicialmente y no va a llegar a un estado abierto completo. Este contenido de humedad implica una densidad de 1.14 g/cm^3 .

En conos de Pino caribe, con un promedio de 50% de contenido de humedad al momento de recolección se necesita una semana de presecado bajo condiciones de sombra, para bajar el contenido de humedad hasta 15% y 25%. Para llegar a la meta final de 10 a 13% de contenido de humedad es necesario secarlos adicionalmente en el horno o al sol.

Una posibilidad es dividir los conos después de la recolección en dos lotes sobre la base de la densidad del cono por medio de flotarlos en agua y después aplicar un régimen de secado distinto para cada lote. Los conos colectados con un contenido de humedad de más de 60% (densidad 1.14 g/cm^3) no pueden abrir completamente. En las Figuras 11 y 12, se presenta la curva de apertura de conos de Pino caribe secados a la sombra y al sol, procedente de Culmí y Santa Bárbara, Honduras.

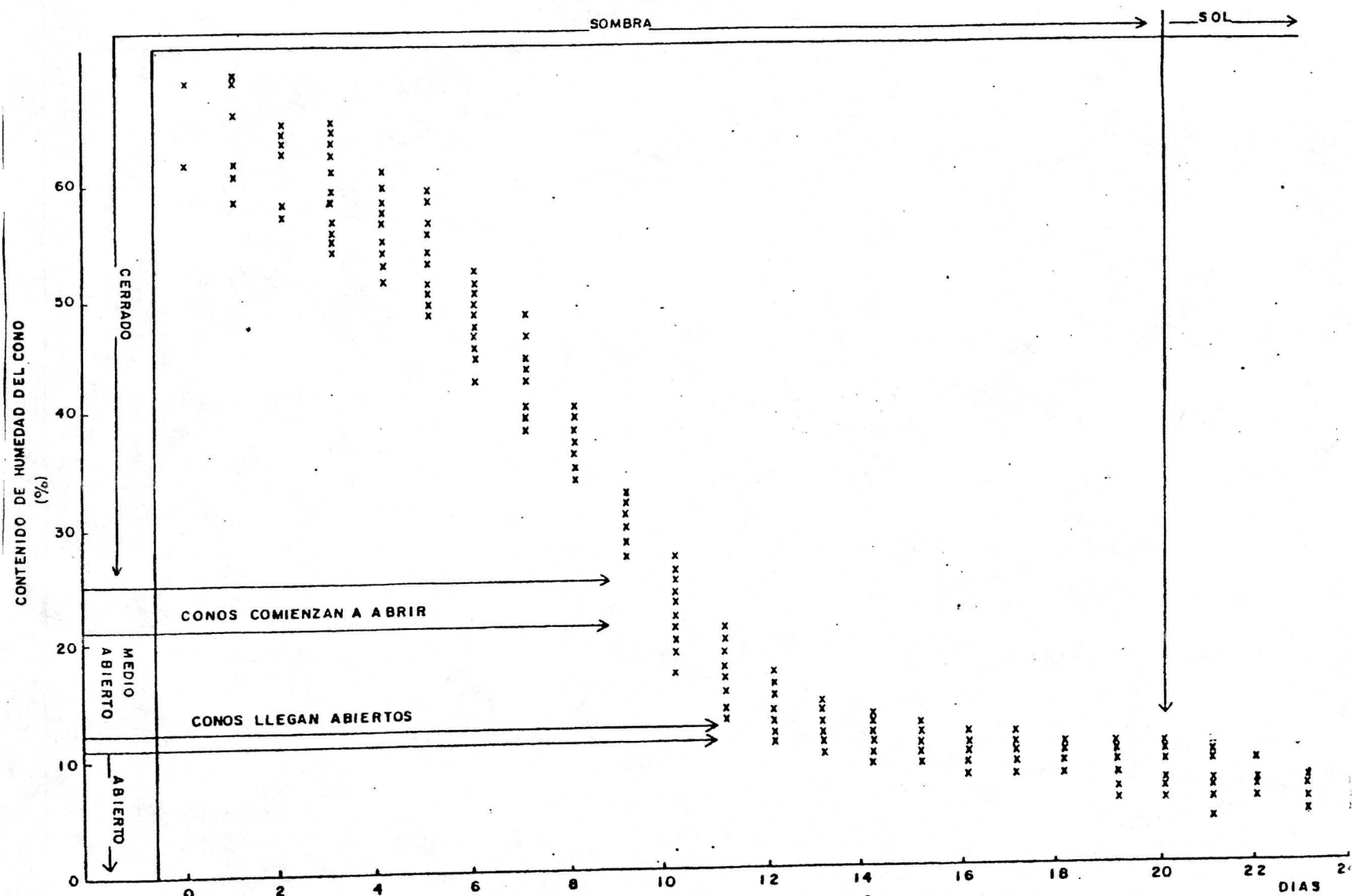


Figura 11. Curva de abertura de conos de Pino caribe procedente de Culmí, Honduras, secados a la sombra y al sol, y relacionando el contenido de humedad con el tiempo en días (Tomado de Hughes, 1982).

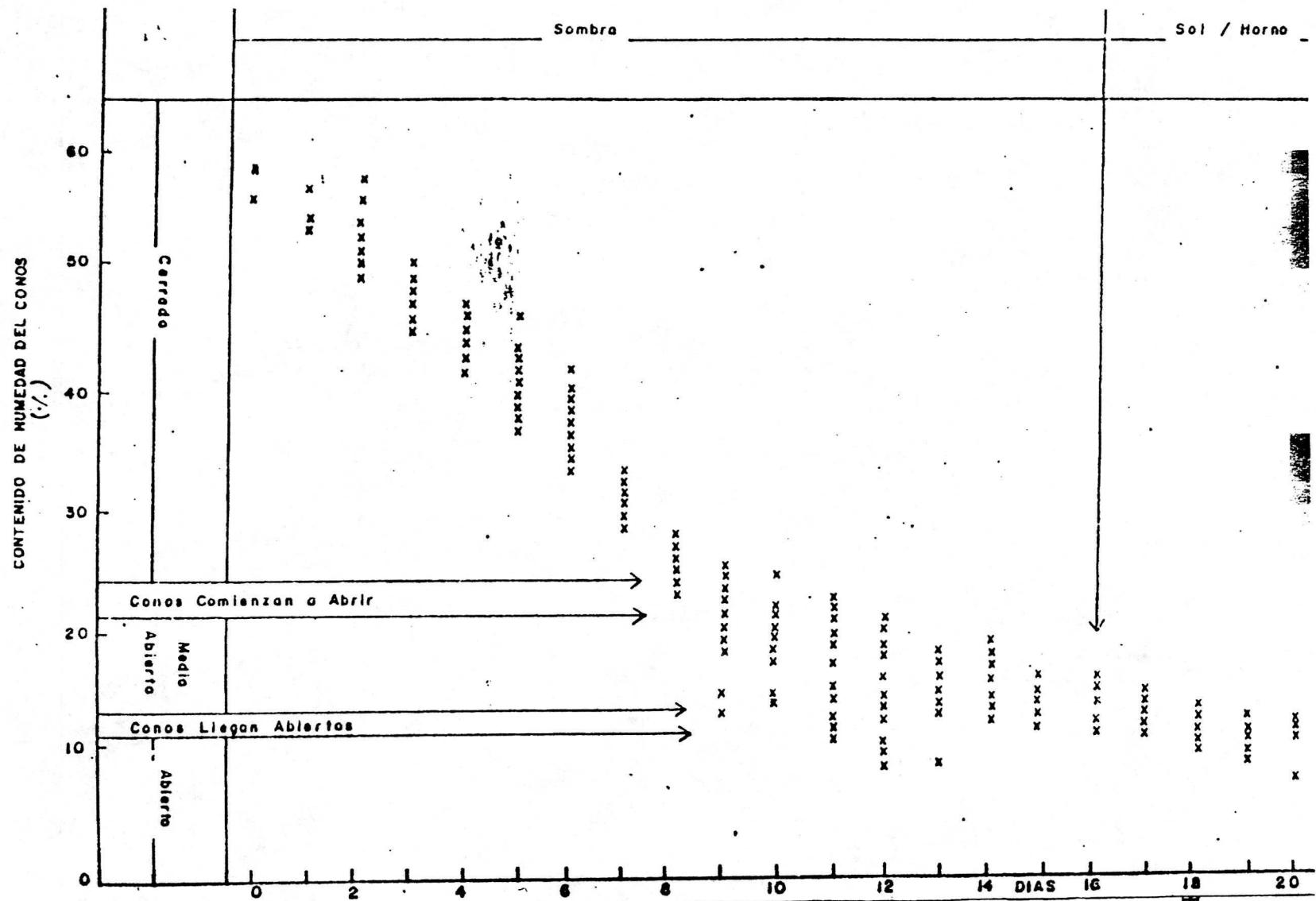


Figura 12. Curva de apertura de conos de Pino caribe procedente de Santa Bárbara, Honduras, secados a la sombra y al sol, y relacionando el contenido de humedad con el tiempo en días (Tomado de Hughes, 1982).

En el clima húmedo de la costa de Nicaragua ha sido eficaz un horno de secado para la extracción de semilla del cono, pero en Mountan Pine Ridge, Belice, el sol y el viento han sido adecuados para secar los conos esparciéndolos sobre plásticos.

Secado al sol

Los conos de Pino caribe se pueden secar al sol en bandejas o en lonas enceradas. Las bandejas se extienden individualmente, pero por la noche o en caso de lluvia pueden apilarse y ponerse a cubierto; otra posibilidad consiste en que en esas circunstancias se cubran las pilas de bandejas con lonas alquitranadas. En este último método se utilizan lonas impermeables y pesadas, por lo general de 5 x 7 ó 5 x 10 m, aunque pueden utilizarse tamaños más pequeños cuando es necesario mantener separados diversos lotes pequeños de semilla (por ejemplo, en recolecciones de procedencias).

Se extienden los conos en capas de un solo cono de grosor, y se deja sin cubrir una franja perimetral de unos 30 cm, de manera que no se pierda ningún cono por salirse de la lona. Durante la exposición diurna al sol se remueven los conos cada 2-3 horas, rastrillándolos y golpeándolo ligeramente con la parte posterior del rastrillo. Aproximadamente una hora y media antes de que se ponga el sol, o cuando amenace lluvia, se levanta hacia arriba y hacia adentro bruscamente, primero uno y luego el otro, los dos lados de la lona, hasta que al menos una tercera parte de ésta por cada lado está limpia de conos. Los conos quedan así apilados en una franja situada en el tercio medio de la lona. Después se cubre el montón levantando primero los lados cortos de la lona, hacia arriba y hacia el interior, en aproximadamente un metro, y después el primer lado largo (contrario a la dirección del viento), que se dobla sobre los conos de manera que llegue justamente hasta el lado más lejano del montón, y por último el otro lado largo, que se levanta y coloca sobre el montón, encima de la primera cubierta, procurando que el borde llegue al suelo. Puede asegurarse la lona colocando pesos o remetiéndola por debajo del montón. La mejor manera de retirar la semilla extraída consiste en destapar los conos al comienzo de cada día, golpear el montón con la parte posterior de un rastrillo para soltar las semillas, rastrillar suavemente los conos hacia el perímetro y después reunir todas las semillas con un cepillo en la franja central, para meterlas entonces en un recipiente adecuado.

Secado de conos en secadora

En Honduras, y tras un período de oreo previo, los conos de Pino caribe se secan satisfactoriamente en una estufa de aire caliente, mediante modificaciones de una estufa solar para secar madera. La ventilación se consigue con dos ventiladores de gran diámetro impulsados por un motor eléctrico de un caballo de potencia, mientras que el calor procede de un radiador de humo y un horno que se alimenta con conos desechados y leña. En caso necesario puede recircularse el aire abriendo una válvula que conecta los conductos de entrada y salida. La estufa tiene una capacidad de 3 200 kg de conos cerrados, dispuestos en ocho pilas de ocho bandejas cada una, con 50 kg de conos por bandeja. El régimen de temperaturas consiste en cuatro horas a 40°C y después 10 a 14 horas a 45°C. Los conos suelen abrirse por completo en 12 a 18 horas.

Desalado

En Honduras se quitan las alas de Pino Caribe en húmedo, mediante una pequeña hormigonera o tambor giratorio. La capacidad del tambor debe ser como mínimo el doble de la semilla que va a procesar, y la velocidad de rotación ha de ser de aproximadamente una revolución por cada 2 a 3 segundos. Las semillas con alas se voltean en seco en el tambor durante 15 minutos después, se rocían lentamente con agua, de la manera más uniforme posible, mientras el tambor sigue girando; debe emplearse más o menos un litro de agua por cada 50 litros de semilla. Tras añadir el agua se sigue volteando durante 45 minutos, y después se saca la mezcla a una bandeja cuyo fondo es de tela metálica; entonces, las semillas se separan de las alas. En este procedimiento, las semillas absorben agua y después han de secarse hasta que llegan a un contenido de humedad aceptable.

2.5. Almacenamiento de la semilla

Como guía general para el almacenamiento de las semillas ortodoxas se indica que se pueden almacenar por un período menor a seis meses con un contenido de humedad de la semilla de 6 a 8 % y una temperatura de 10 a 20°C; por un período menor a 5 años, con un contenido de humedad de la semilla de 5 a 8 % y una temperatura de 0 a 5°C; y por un período de más de 5 años, con un contenido de humedad de la semilla de 4 a 6% y una temperatura de 0 a -18°C.

En Fiji la semilla de Pino caribe se está almacenando con éxito por períodos menores a 5 años en contenedores herméticos después de sacudirlos con Ceresan. La humedad debe estar por debajo de 10% y la temperatura a 4.5° C. En el almacén de semilla de la Comisión Británica de Bosques se usan bolsas de polietileno dentro de los contenedores herméticos con humedad al 8% y temperatura de 4° C. En el Banco de Semillas de CVG-PROFORCA, Venezuela, después de hacerse los análisis rutinarios de estimación de porcentaje de germinación, pureza, número de semillas por kg y viabilidad, se almacena en un cuarto frío con temperaturas que oscilan de 4 a 5°C.

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.

En Honduras, el polietileno ha ofrecido resultados excelentes en el almacenamiento de semillas de Pino caribe durante un período de hasta cinco años, sin que se produjeran cambios significativos del contenido de humedad. En las condiciones de Honduras se recomienda un grosor de 100 a 125 micras, la cantidad de vapor de agua que pasa con el tiempo puede ser significativa, además de que el polietileno muy delgado está expuesto a sufrir daños mecánicos durante la manipulación. En las condiciones tropicales, incluso las más acentuadas, es suficiente el de 175 micras y alta densidad o 250 micras y densidad media. Es esencial cerrar correctamente las bolsas, operación que puede realizarse mediante una combinación de calor y presión. Un bajo contenido de humedad de toda la semilla a fumigar parece ser esencial (Figura 13).

2.6. Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio son determinantes, pues con los datos obtenidos, se pueden tomar decisiones acerca de la calidad de las semillas, su almacenamiento y el cálculo de necesidades para siembra. A continuación se describen las determinaciones más utilizadas.

2.6.1. Número de semillas por kilogramo

De acuerdo a las normas del ISTA, a una serie de 8 muestras de 100 semillas cada una, se les determina el peso, posteriormente se promedian los datos obtenidos y por proporciones se determina la cantidad de semillas correspondientes a un kilogramo.

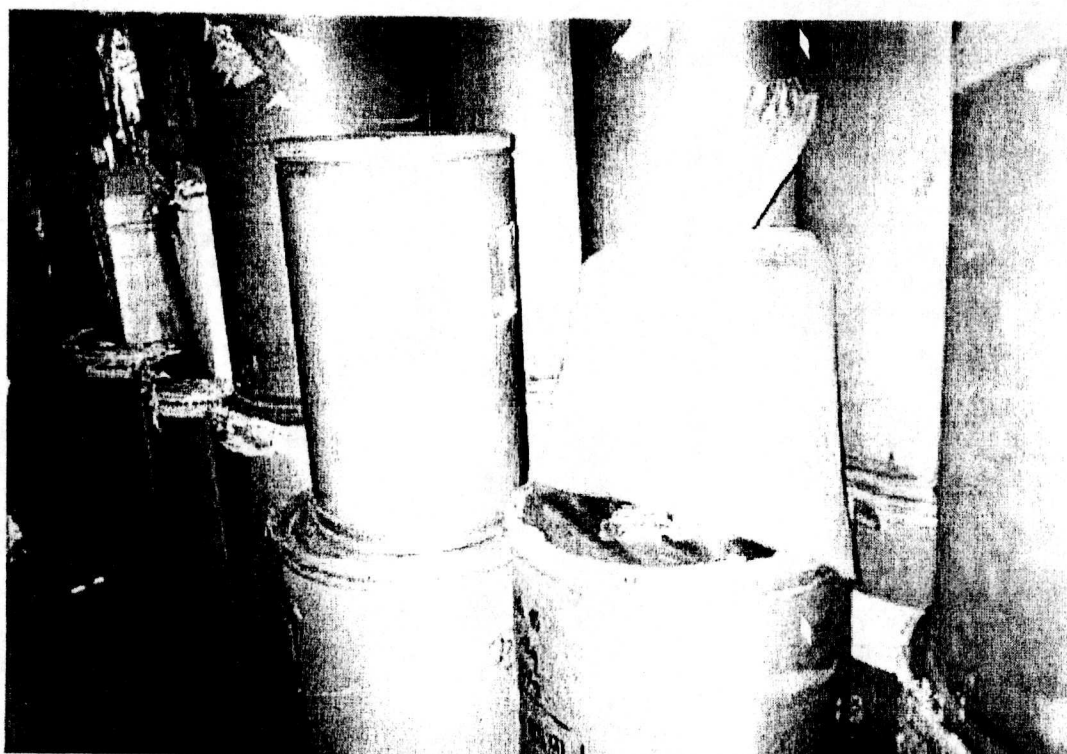
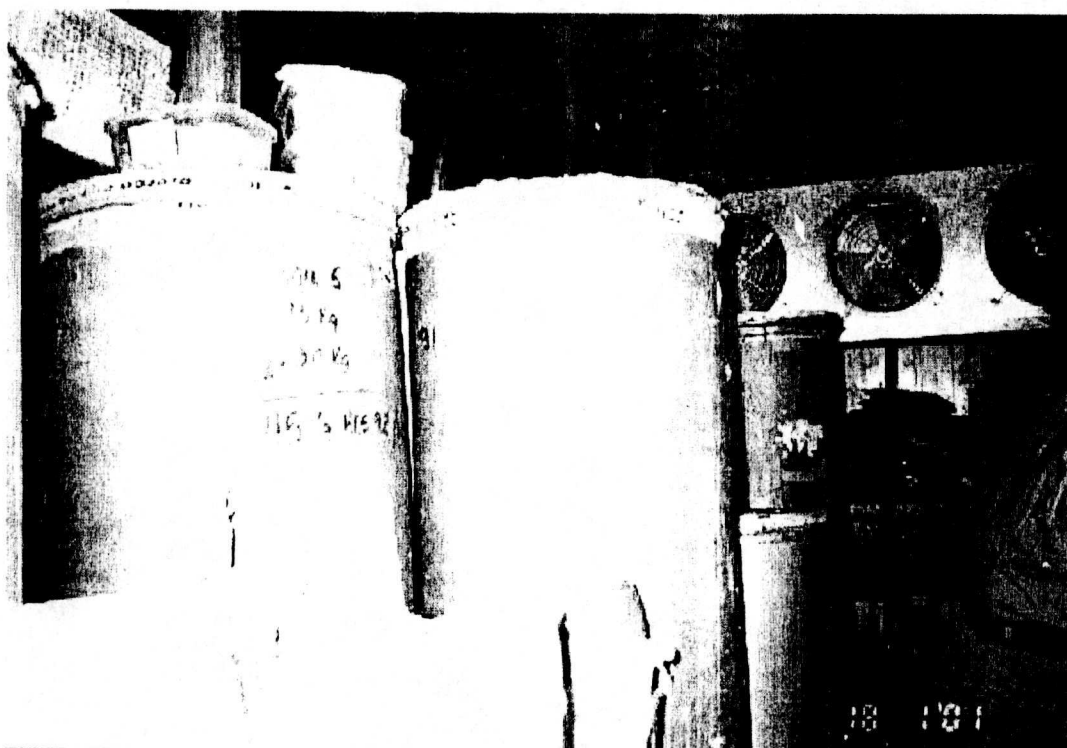


Figura 13. Interior de la cámara de almacenamiento de semilla de Pino caribe en CVG-PROFORCA, Venezuela. La semilla se introduce en bolsas plásticas y posteriormente en los barriles de cartón herméticamente sellados (Tomadas por Perera, 2001).

Para Pino caribe se encontró que el número de semillas por kilogramo es de 50 000 a 78 000, con un promedio de 64 000. Como parte del trabajo de laboratorio se recomienda separar las semillas en dos tamaños, utilizando tamices de 3 mm, ya que se ha comprobado que la semilla grande germina más rápido que la pequeña, y mediante la regulación del tiempo de siembra de cada clase de tamaño de semilla, se logra unificar el crecimiento de las plantas.

2.6.2. Análisis de pureza

Para llevar a cabo este análisis la muestra se separa en las tres siguientes partes: semillas puras, semillas de otras especies y materia inerte.

La pureza se determina a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Pureza (\%)} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

En Pino caribe, las semillas correctamente cribadas y sopladas tienen una pureza entre 95 y 99%.

2.6.3. Contenido de humedad base verde

En general, la determinación se realiza evaporando el agua que contienen las semillas, utilizando un horno a temperaturas de 104 a 106° C, donde una muestra de semillas de 5 a 6 gramos se deja de 16 a 18 horas hasta lograr un peso constante; posteriormente se aplica la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{l} \text{Contenido} \\ \text{de} \\ \text{humedad} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{Peso de la muestra} \\ \text{antes del secado} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Peso de la muestra} \\ \text{después del secado} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{Peso de la muestra} \\ \text{antes del secado} \end{array}} \times 100$$

La determinación de la humedad es necesaria para evitar una rápida pérdida de viabilidad de semillas en el almacén, cuando éstas tienen alto contenido de humedad. El contenido de humedad no debe ser superior al 12% y, de preferencia para Pino caribe, es conveniente se mantenga entre un 8 y un 6%.

2.6.4. Análisis de germinación

En las germinadoras de laboratorio se controla la temperatura, la luz y la humedad. La prueba se lleva a cabo en cajas de Petri, usando como sustrato papel filtro, con 400 semillas que se distribuyen en 4 submuestras de 100 semillas cada una. La duración de la prueba varía para Pino caribe de 24 a 28 días.

De acuerdo a las normas del ISTA, la prueba de germinación de Pino caribe requiere de 16 horas de luz blanca, fluorescente de 75 a 125 ft-c no continuas, y alternancia de temperaturas de 20°C por 16 horas y 30°C por 8 horas. Al final del análisis se suman las semillas germinadas en cada submuestra y se promedia el total para obtener el porcentaje de germinación del lote. En los conteos del número de semillas germinadas, no se consideran aquellas semillas con anomalías que les impedirán tener desarrollo en el campo como: ausencia de raíz, estrangulamientos o enrollamientos, entre otros defectos. Pino caribe tiene una germinación de 80 a 95% en condiciones de laboratorio.

2.6.5. Pruebas rápidas de viabilidad

Cuando se desean obtener resultados en uno o dos días, se pueden aplicar pruebas de viabilidad, las cuales estiman el porcentaje de germinación potencial con base en el número de semillas vivas, los métodos más empleados son la tinción con tetrazolio y el contraste con rayos X.

2.7. Cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas

2.7.1. Siembras al voleo y a chorrillo en almácigo con trasplante posterior a envases

Este es un método empleado con mucha frecuencia en América Central. Considerando todo el proceso de producción de las plantas de Pino caribe, desde la siembra en el almácigo hasta el establecimiento de las plantas en el sitio de plantación, se usa la fórmula siguiente que considera una serie de correcciones:

$$T = \frac{D}{(S) (I) (G) (B) (E) (F) (H)}$$

Donde: T = total de semilla a sembrar (se obtiene en kg).

D = cantidad de plantas requeridas.

- S = número de semillas por kg.
- I = pureza (en tanto por uno).
- G = porcentaje de germinación del lote.
- B = factor de campo, para esta especie se estima en 0.80.
- E = corrección por plantas transplantables a envases.
- F = corrección por selección y supervivencia en el trasplante en vivero.
- H = corrección por aptitud para la plantación de las plantas que sobreviven en el vivero.

Cantidad de plantas requeridas (D):

- Para siembras al voleo:

$$D = \text{plantas por m}^2 \times \text{área a sembrar en m}^2$$

- Para siembras a chorrillo:

$$D = \text{plantas por metro de surco} \times \text{metros lineales a sembrar}$$

Factor de campo o corrección del porcentaje de germinación (B). No todas las semillas que germinan en laboratorio, pueden producir una plántula en suelo, para lo cual se acostumbra multiplicar la germinación de laboratorio por una constante menor a la unidad, para estimar la emergencia de plantas que se tendrá en almácigo.

Para Pino caribe, la corrección B estimada es de 0.8 cuando las condiciones de siembra son buenas (la germinación en laboratorio es de 80 a 95%, con un promedio de 88% y una variación en campo de 8%)

Corrección por plantas transplantables a envases (E). Durante la extracción y en el momento de efectuar el trasplante, ocurren pérdidas inherentes al manejo y a la selección de planta. A falta de datos experimentales, se ha propuesto que el valor de estas pérdidas se estime en un 10%, lo cual se logra dando a E el valor de 0.90.

Corrección por selección y supervivencia en el trasplante en vivero (F). Algunas plantas no sobreviven al trasplante y otras se manifiestan débiles y mueren durante el período de crecimiento en vivero. Como en el caso anterior, se considera que a esta corrección se le de un valor de 10%, por lo que F vale 0.90.

Corrección por aptitud para la plantación de las plantas que sobreviven en el vivero (H). Una vez que el promedio de las plantas han alcanzado el desarrollo adecuado para establecerse en campo, deben eliminarse las que tengan defectos que les

impidan un establecimiento exitoso en el campo. A falta de datos experimentales, se ha propuesto que el valor de estas pérdidas se estime en un 10%, lo cual se logra dando a E el valor de 0.90.

Ejemplo del cálculo de necesidades de semillas de pino caribe para una siembra en almácigo con trasplante posterior a envases:

$$T = \frac{(D)}{1\ 000\ 000}$$

$$T = \frac{66\ 000 \times 0.95 \times 0.88 \times 0.80 \times 0.90 \times 0.90 \times 0.90}{(S) \quad (I) \quad (G) \quad (B) \quad (E) \quad (F) \quad (H)}$$

Donde: D = cantidad de plantas requeridas: 1 000000

S = número de semillas por kg: 66 000.

I = pureza: 95%, para la fórmula es 0.95.

G = porcentaje de germinación: 88%, para la fórmula es 0.88.

B = factor de campo, suponiendo buenas condiciones 0.80.

E = corrección por plantas transplantables a envases: 0.90.

F = corrección por selección y supervivencia en el trasplante en vivero: 0.90.

H = corrección por aptitud para la plantación de las plantas que sobreviven en el vivero: 0.90.

Con lo anterior se tiene que:

$$T = 31.07 \text{ kg}$$

2.7.2. Producción en bolsas

El sistema consiste en la siembra directa de una o más semillas por bolsa, complementada con la actividad de trasplante. El cálculo puede ser dividido convenientemente en dos partes: primero, debería determinarse el número de bolsas que se usará y segundo el número de semillas que hay que sembrar por cada bolsa y el que ha de sembrarse en cajas de germinación para la producción adicional de plántulas para trasplantes si son necesarios.

El número de bolsas que se ha de usar

Se requiere disponer de la siguiente información recopilada de los años anteriores:

Factor de sobrevivencia (post-trasplante) = 92% (0.92) o sea, que se espera perder 8% de las plántulas después de efectuar el trasplante.

Factor de clasificación = 90% (0.90). Se desclasifica 10% de las plántulas inmediatamente antes de entregarlas a la plantación.

Con estos factores se procede a hacer el cálculo para producir, por ejemplo un millón de plantas, de la siguiente manera:

$$1\ 000\ 000 / 0.90 \text{ (factor de clasificación)} = 1\ 111\ 111$$

$$1\ 111\ 111 / 0.92 \text{ (factor de sobrevivencia post-trasplante)} = 1\ 207\ 729$$

Así, será necesario usar 1 207 729 bolsas. En la ausencia de información para estimar factores se sugiere usar los siguientes factores para mayor seguridad:

Factor de clasificación 90%

Factor de sobrevivencia 90%

El número de semillas a sembrar por bolsa

En el vivero, la germinación es normalmente inferior a aquella lograda en el laboratorio (información proporcionada por el Banco de Semillas). Si no hay información de los años anteriores, se sugiere reducir la cifra de germinación del laboratorio en 15 puntos de porcentaje.

De un estudio de costos realizado en Honduras se recomienda la siembra del número de semillas indicado en el Cuadro 3, además se debe producir plántulas adicionales en cajas de germinación para completar las pérdidas de las diferentes tasas de germinación según el número de semillas sembradas por bolsa (Cuadro 4). Los datos se presentan sobre la base de probabilidades con los siguientes supuestos:

- 1) Que en las bolsas con una sola plántula se pierde el 10% antes del trasplante.
- 2) Que en las bolsas con dos o tres plántulas solamente el 50% de las plántulas adicionales sirvan para trasplante.

Cálculo del total de semillas

El cálculo se hace así:

- 1) Con una germinación anticipada en el vivero del 75%, el Cuadro 3 indica que será necesario sembrar 2 y 3 semillas a la producción. Por lo tanto, los requerimientos son:

$$1\ 207\ 730 \text{ bolsas} \times 1.5 \text{ semillas por bolsa} = 1\ 811\ 595 \text{ semillas}$$

Cuadro 3. Número de semillas que ha de sembrarse por bolsa con diferentes tasas de germinación del Pino caribe.

Germinación en Vivero (%)	Número de semillas por bolsa
Más de 85	1 semilla
65 – 84	1.5 semillas*
50 – 64	2 semillas
30 – 49	2.5 semillas**

* 1 semilla al 50% de las bolsas y 2 semillas al 50% de las bolsas.

** 2 semillas al 50% de las bolsas y 3 semillas al 50% de las bolsas.

Fuente: Reyes (1983).

Cuadro 4. Porcentaje de plántulas adicionales que se ha de producir para trasplante, en el sistema de producción de plantas de Pino caribe en bolsa.

Germinación Prevista (%)	Trasplantes necesarios a producir (%)			
	1 semilla por bolsa	1.5 semillas por bolsa*	2 semillas por bolsa	2.5 semillas por bolsa**
30	73	62	50	41
35	70	56	42	33
40	66	51	35	25
45	60	44	28	18
50	55	38	21	11
55	52	33	15	4
60	46	27	8	0
65	42	22	2	0
70	37	17	0	0
75	33	12	0	0
80	28	6	0	0
85	24	2	0	0
90	19	0	0	0
95	15	0	0	0

* 1 semilla al 50% de las bolsas y 2 semillas al 50% de las bolsas.

** 2 semillas al 50% de las bolsas y 3 semillas al 50% de las bolsas.

Fuente: Reyes (1983).

2) Además de eso, el Cuadro 4 muestra que será necesario producir un 12% adicional con plántulas para trasplante:

$$(1\ 207\ 730 \times 12)/100=144\ 930 \text{ plántulas}$$

3) En la producción de trasplantes se estima que el logro de plántulas es 30 puntos de porcentaje más bajo que la producción en laboratorio. Así la producción de trasplantes útiles será:

$$90\%-30\%=60\%$$

$$144\ 930/0.06=241\ 550 \text{ semillas}$$

4) En total se necesitará 2 053 145 semillas para la producción de 1 millón de plántulas útiles (1 811 595 + 241 550).

Si el certificado de calidad de semillas indica que hay 66 000 semillas viables y no viables por kilogramo; entonces, debe ordenarse $2\ 053\ 145 / 66\ 000 = 31.1$ kg de semillas para la producción de 1 millón de plántulas útiles.

2.7.3. Producción a raíz desnuda

Para el cálculo del requerimiento de semillas, es menester disponer de la siguiente información recopilada de los años anteriores:

- 1) El factor de germinación es $88\% - 8\% = 80\%$ (0.80).
- 2) Factor de sobrevivencia (post-germinativo) = 90% o sea, se espera perder 10% de las plántulas en el período inmediatamente después de la germinación.
- 3) Factor de raleo = 60%. Se prevé la pérdida del 40% de las plántulas durante el raleo.
- 4) Factor de sobrevivencia (post-raleo) = 96% (0.96). Se pierde solamente el 4% de las plántulas después del raleo.
- 5) Factor de clasificación = 85% (0.85). Se desclasifica el 15% de las plántulas inmediatamente antes de entregarlas a la plantación.

En el vivero de CVG – PROFORCA, Venezuela, produciendo plantas a raíz desnuda, contemplan como valores máximos de pérdida los siguientes: 20% de germinación, 5% por profundidad de siembra, 15% por labores culturales del primero al séptimo mes y 20% por selección, arrancado y transporte de planta.

La experiencia general en los viveros de pinos de Honduras, indica que se puede producir alrededor de 180 plántulas útiles cuando las mismas son cultivadas dejando una

densidad de 200 a 220 por metro cuadrado. Entonces ¿Cuántas semillas deberán sembrarse para producir 180 plántulas útiles por metro cuadrado? Ejemplo:

180 plántulas útiles/m ² / 0.85 (factor de clasificación)	=212
212 / 0.96 (factor de sobrevivencia post-raleo)	=221
221 / 0.60 (factor de raleo)	=368
368 / 0.90 (factor de sobrevivencia post-germinativo)	=409
409 / 0.80 (factor de germinación)	=511

Así, es necesario sembrar 511 semillas/m² para producir 180 plántulas útiles bajo las condiciones arriba mencionadas. Para producir un millón de plántulas útiles, será necesario sembrar $1\,000\,000 / 180 = 5\,556\text{ m}^2$ de bancal en el vivero. Esto requerirá $5\,556\text{ m}^2 \times 511\text{ semillas/m}^2 = 2\,893\,116$ semillas. Si el certificado de calidad de este lote de semillas indica que hay 66 000 semillas, viables y no viables por kilogramo, entonces se debe ordenar $2\,893\,116 / 66\,000 = 43.01$ kg de semillas.

En la ausencia de información para estimar estos factores, por ejemplo, en el caso de un vivero nuevo, en Honduras, se sugiere utilizar los siguientes factores:

- 1) Factor de germinación, 10 puntos de porcentaje inferior a la germinación mostrada en el laboratorio.
- 2) Factor de sobrevivencia (post-germinativa) 85%
- 3) Factor de raleo 50%
- 4) Factor de sobrevivencia (post-raleo) 95%
- 5) factor de clasificación 80%

2.8. Fuentes de abastecimiento de semillas

2.8.1. Con fines comerciales

La semilla de la Pino caribe se puede comprar todo el tiempo, en cantidades abundantes y a bajo precio. En América Central, puede ser obtenidas de los bancos de semillas forestales de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (Cuadro 5). En América del Sur, en Brasil y próximamente en Venezuela. 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 semilla.

Cuadro 5. Bancos de semillas donde puede solicitarse semillas de Pino caribe

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
Honduras*	SETROS (Semillas Tropicales, S. de R. L.)	Siguatepeque, Tel. (504) 730 767
Nicaragua	Instituto de Recursos Naturales (IRENA)	Carretera Norte, Las Mercedes, Managua, Nicaragua
Costa Rica	Banco Latinoamericano de Semillas Forestales	CATIE, Turrialba, Costa Rica
Brasil	Schuckar & Cia. Ltda., División Forestal	Praca das ceregeiras, 1-54 – 17.040 - 500 Bauru – SP. Tel. 0142 – 23 60 23
Venezuela**	CVG-PROFORCA	Torre Empresarial Ferrocasa (A) Piso 6, Puerto Ordaz, Edo. Bolívar.
Brasil	Champion	Rodovia SP 340 – Km 171 13840-970 Mogi Guacu SP Tel. 5519 861 8603
Brasil	RIGESA, Ltda.	Av. Rigesa 2929, Bairro Sao Paulo 11 89490 000 Tres Barras, SP Tel. 47 621 5260

Notas: * SETROS de Honduras tiene previsto ofertar semilla de tres huertos semilleros en el 2010, 2018 y 2022. Actualmente ofrece semillas de árboles selectos de 15 procedencias de Honduras, una de Nicaragua, una de Guatemala y dos de Brasil.

** CVG-PROFORCA estima ofertar semilla procedente de dos huertos clonales de primera generación en el 2003. Actualmente los 1 500 kg de semilla que produce los utiliza en sus plantaciones.

2.8.2. Con fines de investigación

CAMCORE suministra semillas de Pino caribe con fines de investigación de más de 24 procedencias de México y América Central, y está ubicada en: “Research Annex. West. Department of Forestry. N. C. State University. Raleigh, N.C. USA” (Cuadro 6). Otras procedencias de pino caribe en América Central, se enumeran en el Cuadro 7.

2.9. Procedencias y comportamientos de semillas

2.9.1. Comportamiento de las procedencias nicaragüenses en otros países

En ensayos internacionales que incluyó cuatro sitios en América del Sur y el Caribe (Brasil, Ecuador y Puerto Rico); nueve sitios en Africa (Costa de Marfil, Congo, Kenia, Tanzania, Zambia y Sudáfrica); y ocho sitios en la región Asia-Pacífica (Tailandia, Malasia, Australia y Fiji), se encontró que:

a). En Volumen sin corteza, la procedencia más sobresaliente, aunque sólo fue plantada en tres sitios debido a la falta de semilla fue la procedencia de Laguna del Pinar, Nicaragua, la presencia más sureña de esta especie; sin embargo, tanto Alamikamba como Santa Clara demostraron una buena producción de volumen en todas las localidades, y sólo la procedencia insular hondureña de Guanaja produjo un volumen sin corteza más alto.

b). En la forma del fuste, las procedencias costeras de tierras bajas, y en particular, Alamikamba, cuentan con mejor forma del fuste que las fuentes del interior; sin embargo, de las fuentes interiores, Santa Clara es sobresaliente por su forma del fuste en una amplia gama de sitios y es comparable con las mejores procedencias costeras de tierras bajas. Las procedencias nicaragüenses combinan los atributos de buena forma del fuste y alta producción de volumen. En comparación, Potosí, Honduras produce un volumen similar a Alamikamba y Santa Clara, pero con una forma del fuste inadmisibles, mientras Brus Lagoon y Melinda demuestran una forma del fuste comparable, pero quedan lejos de igualar las procedencias nicaragüenses en términos de producción de volumen.

c). El defecto de ramificación más común y serio en Pino caribe es la formación de largos entrenudos en el eje principal del fuste, conocidos como “colas de zorro”,

Cuadro 6. Resumen de los sitios de colectas de semilla de Pino caribe efectuado por CAMCORE en el periodo de 1981 a 1997.

Procedencia	Depto/Edo País	Latitud/ Longitud	Elevación (m)	Precipitación anual (mm)	No. de árboles
1982-1991:					
Lanquín	Alta Verapaz	15°33' N	370-630	2 401	18
El Pinal (Tikal)	GUATEMALA	89°58' W			
	El Petén	17°18' N	210-230	-----	16
Poptúm	GUATEMALA	89°29' W			
	El Petén	16°21' N	470-580	1 688	77
Trincheras	GUATEMALA	89°25' W			
	Isabel	15°27' N	150-500	-----	50
La Brea	GUATEMALA	89°03' W			
	Colon	15°46' N	10-400	2 630	50
Limón	HONDURAS	86°02' W			
	Colon	15°51' N	20-85	2 452	173
San Patricio	HONDURAS	85°23' W			
	Comayagua	14°55' N	300-600	1 604	40
El Marañón	HONDURAS	87°44' W			
	Cortés	15°22' N	200-415	1 373	19
El Venado	HONDURAS	88°02' W			
	Cortés	15°16' N	200-450	1 446	20
Santa Cruz de Yojoa	HONDURAS	88°04' W			
	Cortés	14°53' N	530-720	2 758	50
Los Limones	HONDURAS	86°56' W			
	El Paraíso	14°08' N	660-750	616	89
El Porvenir	HONDURAS	86°53' W			
	Fco. Morazán	14°23' N	560-600	805	50
Araslaya	HONDURAS	87°25' W			
	Gracias a Dios	15°42' N	10	2 528	50
Dursuna	HONDURAS	84°47' W			
	Gracias a Dios	15°00' N	20	2 750*	50
Isla de Guanaja	HONDURAS	84°54' W			
	Gracias a Dios	16°28' N	60-165	2 447	75
Puerto Lempira	HONDURAS	85°54' W			
	Gracias a Dios	15°15' N	12	3 043	50
San Pedro de Catacamas	HONDURAS	83°41' W			
	Olancho	14°39' N	200-600	1 441	40
Culmí	HONDURAS	85°51' W			
	Santa Bárbara	15°06' N	400-600	1 441	60
Gualjoco	HONDURAS	85°33' W			
	Santa Bárbara	14°55' N	240-355	1 200	49
Pinalejo	HONDURAS	88°14' W			
	Santa Bárbara	15°23' N	290-650	941	40
Zacapa	HONDURAS	88°26' W			
	Santa Bárbara	14°45' N	300-650	1 714	50
1997:					
El Limón	HONDURAS	88°10' W			
	//Colón	15°51' N	-	-	50
Ejido Caobas	HONDURAS	85°25' O			
	Quintana Roo	18°15' N	120	1 280*	12
Monteca	MEXICO	89°00' W			
	//La Unión	16°52' N	-	-	20
	EL SALVADOR	88°54' W			

* Estimado.

Fuente: Dvorak y Donahue (1993); /CAMCORE (1996) y CAMCORE (1997).

Cuadro 7. Datos geográficos de otros sitios de procedencia de Pino caribe.

País	Localidad	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Altitud (msnm)	Precipitación anual (mm)	Meses secos	Temp. media (°C)
Nicaragua	Alamikamba	13°34'	84°17'	25	2 610	3	20.7
Nicaragua	Río Coco	14°45'	83°55'	75	2 863	2	25.4
Nicaragua	Santa Clara	13°48'	86°12'	700	1 818	-	-
Nicaragua	Laguna Pinar	12°13'	83°42'	10	4 184	-	-
Nicaragua	Karawala	12°58'	83°34'	10	3 897	-	26.4
Nicaragua	Kuakuil	14°12'	83°30'	20	3 208	-	-
Honduras	Brus Lagoon	15°45'	84°40'	10	2 840	2	26.5
Honduras	Briones	15°34'	86°44'	600	1 000	3	-
Honduras	Potosí	15°20'	88°25'	650	1 200	4	-
Honduras	La Mosquitia	15°15'	84°47'	12	3 043	4.5	27.1
Honduras	Lepaguare	14°23'	86°16'	535	1 442	3	24.0
Honduras	San Antonio Cortés	15°03'	88°00'	400	3 178	-	24.0
Honduras	San Jerónimo	14°35'	87°35'	400	1 034	4	25.9
Honduras	San Juan	14°17'	88°21'	1 400	1 274	4.5	22.4
Honduras	Tierra Blanca	14°53'	88°11'	600	1 234	4	25.5
Honduras	Agalteca	14°25'	87°15'	660	1 121	5	20.4
Belice	Mountain Pine Ridge	16°58'	89°00'	487	1 558	3	23.9
Belice	Melinda	17°01'	88°20'	12	2 137	2	26.9
Belice	Silver Creek	16°40'	88°25'	30-100	2 297	-	-
Belice	Las Lomitas	16°30'	88°35'	30	2 398	-	-
Brasil	Agudo	23°10'	48°55'	550	1 400	-	-
Senegal	Bambey	14°42'	16°28'	17	350	-	28.7

Fuente: Evans y Sabido, 1980; Salazar, 1982; Greaves, 1978, 1979; SETROS, 2000.

presentándose una incidencia mucho más alta en las procedencias costeras de tierra baja como Alamikamba que las fuentes interiores como Santa Clara y la fuente insular de Guanaja.

d). Referente a la floración, las procedencias del interior, tales como Santa Clara fueron más fructíferas y florecieron más temprano que las procedencias costeras de tierra baja.

En general, a través de 15 años de ensayos internacionales colaborativos, las procedencias nicaragüenses de Alamikamba y Santa Clara han demostrado su excelente calidad, combinando alta producción de volumen con excelente forma del fuste. El sobresaliente rendimiento tanto de Alamikamba como de Santa Clara ha impulsado al Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales de Nicaragua (CMG y BSF) a establecer una capacidad de recolección de semillas dentro de estas procedencias y de implementar un programa ambicioso de manejo de rodales para la conservación y mejoramiento de los recursos genéticos en esta especie.

Comportamiento de las procedencias nicaraguense en Costa Rica

En Turrialba, entre 1942 y 1973 se realizaron 250 ensayos. De las procedencias probadas se encontró que el Pino caribe procedente de Belice y Nicaragua mostró tasas de crecimiento en diámetro mayor, en comparación con *Pinus caribaea* var. *caribaea* de Cuba y *Pinus caribaea* var. *bahamensis* de Bahamas.

En los sitios de alta precipitación (2 600 a 3 400 mm) y con estación seca de uno a dos meses, las mejores procedencias probadas de Pino caribe fueron Alamikamba (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).

Pruebas establecidas bajo el control de Commonwealth Forestry Institute, evidencian que Mountain Pine Ridge (Belice), Alamikamba (Nicaragua), Brus Lagoon (Honduras), Santa Clara (Nicaragua) y Culmí (Honduras) aparecen como las más promisorias en crecimiento diamétrico, altura y forma del fuste; aunque en algunos sitios se observa una alta incidencia de cola de zorro y fuerte ramificación. En general, una gran proporción de variación fue detectada entre árboles; Santa Clara, presentó árboles

superiores en algunas localidades; Guanaja, presentó alto volumen y alta densidad de madera; Alamikamba, generalmente presentó los fustes más rectos y menor bifurcación aunque con baja densidad de la madera y sistema de ramificación poco deseable.

Comportamiento de las procedencias nicaraguenses en México

En La Sabana, Oaxaca, se probaron Pino caribe de Nicaragua y Guatemala; *Pinus patula* de Oaxaca y *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* de México; *Pinus oocarpa* var. *ochoteranae* de Belice y Guatemala; *Pinus tropicalis* de Cuba; *Pinus caribaea* var. *caribaea* de Cuba; *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus taeda* de Estados Unidos. Las especies que dieron mejores resultados en crecimiento en diámetro y altura, fueron Pino caribe de Nicaragua y *Pinus oocarpa* de Belice.

2.9.2. Comportamiento de las procedencias nicaraguenses en Nicaragua

En un estudio de determinación del crecimiento en vivero de *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii* y Pino caribe procedente de 14 sitios en la localidad de Matagalpa, en 1990, se encontró que a los tres meses de edad, después de la siembra las procedencias de Alamikamba, Santa Clara y Sisín de la especie Pino caribe, mostraron un crecimiento en altura superior comparadas con las demás procedencias en la etapa de vivero, pero, a los siete meses de edad, *Pinus oocarpa* procedente de Pércilas fue la que presentó el mejor crecimiento en altura; sin embargo, Pino caribe procedente de Santa Clara, y Alamikamba mostraron un buen crecimiento en altura, lo contrario de la procedencia de Klinna que presentó crecimiento inferior en altura.

2.9.3. Nivel de mejoramiento genético

En el Centro Occidente de Venezuela se estableció un ensayo con híbrido de pino procedentes de polinización controlada. Las semillas fueron obtenidas a través de cruces específicos de árboles seleccionados de Pino caribe y *Pinus tecunumanii*, por el Departamento Forestal de Queensland. Durante los dos primeros años, los árboles presentaron una sobrevivencia alta con un promedio de 92%. El crecimiento y desarrollo de los árboles en general fue excelente, en promedio la altura de los híbridos fue de 3.6 m, el de *Pinus tecunumanii* 3.2 m y el Pino caribe 3.1 m. Los resultados aquí mostrados se evaluaron a muy temprana edad, considerando el turno de 12 a 14 años para el pino; sin embargo, marca una primera tendencia hacia lo que sería la utilización de este tipo de híbridos.

Heredabilidad

En Queensland, Australia, en 1985, al probar la especie se encontró que existe alta heredabilidad en sentido estricto, en características como altura de la planta (0.41), diámetro (0.73), rectitud (0.49), ángulo de ramas (0.37) y diámetro de ramas (0.30). Estos resultados indican que la especie puede responder favorablemente a la selección sobre estos rasgos. Las correlaciones genéticas obtenidas demuestran también que no puede obtenerse de manera simultánea una ganancia en crecimiento y forma, por lo que es importante definir cuál será el objetivo de la plantación y en consecuencia definir los rasgos a mejorar.

2.9.4. Áreas y huertos semilleros

En México, para satisfacer la necesidad de semilla requerida en la producción de plantas tanto para el programa normal de La Sabana, Oaxaca, como para el de nuevas plantaciones (que abarca la región Tuxtepec-Choapan) se estableció en 1989 un área semillera de Pino caribe en 84 hectáreas, de donde se pretende obtener una producción por cosecha hasta de 400 kg de semilla, cantidad por arriba de las necesidades, lo cual permitirá tener un excedente para venta; además, en Poptún, Guatemala, se dispone de un huerto semillero para esta variedad.

En Honduras, la empresa Semillas Tropicales, S. de R. L. (SETROS), reporta que estará ofertando semilla de huertos semilleros localizados en La Soledad, Santa Rosa y El Zamorano, Honduras a partir del 2010, 2018 y 2022 respectivamente.

En Brasil, la empresa ESCHUKAR and Cia. Ltda., oferta anualmente 1 500 kg de semilla procedente de dos áreas semilleros de 7.7 y 30.7 ha de superficie, localizados en el municipio de Lencois Paoulista, Estado de Sao Paulo.

En Venezuela, CVG-PROFORCA tiene dos huertos clonales semilleros localizados en San Antonio de Maturín (32 ha) y Santa Cruz de Bucaral (164 ha), ubicados en los Estados de Monagas y Falcón, respectivamente, los cuales produjeron 1 500 kg de semilla en el año 2000. Además dispone de 63 clones ubicados en las plantaciones de Monagas y Anzoategui.

En zonas como Fiji y Queensland, Australia, donde se tienen estaciones bien marcadas, se producen semillas de huertos semilleros con buen éxito.

2.10. Plagas y enfermedades de conos y semillas

2.10.1. Principales insectos que atacan conos y semillas de Pino caribe

Los principales insectos que atacan los conos y semillas de Pino caribe en América Central, por tipo de daño y gravedad del problema se resumen en el Cuadro 8.

2.10.1.1 *Dioryctria erythropasa* (Dyar); *D. pinicolella* Amsel (Lepidoptera: Pyralidae)

Por efecto de la barrenación causa la muerte de los conos o de partes de ellos. Por el ataque ocurre un cambio de color que es fácilmente reconocible, ya que el cono adquiere tonos rojizos en la parte afectada. El orificio de entrada sirve como evidencia de ataque, ya que casi siempre se presenta en la parte media del cono y está cubierto por un grupo de resina mezclado con excremento. Estas especies son las principales plagas de conos que se encuentran en el género. Para su manejo, en huertos y áreas semilleras la aplicación de insecticidas al principio de la primavera contribuye a la protección de la cosecha (Figura 14, a).

2.10.1.2 *Rhyacionia frustrana* (Lepidóptera: Tortricidae)

Las larvas son las únicas con capacidad de hacer daño en yemas, brotes y conillos. En el caso de los conos afectan el pedúnculo y parte de escamas y embriones.

Cuando las infestaciones están establecidas y son severas se pueden aplicar medidas de supresión de carácter biológico. En la plantación de Oaxaca, México, cada mes y durante 18 meses se liberaron alrededor de 20 000 avispas/ha de *Trichogramma* sp. y con ello se logró reducir el nivel de infestación (Figura 14, c).

2.10.1.3 *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae)

Las ninfas y adultos causan daños diferentes en los conillos y conos en que se alimentan. Las ninfas de los primeros instares provocan el aborto de conillos; en cambio, cuando se alimentan de conos en crecimiento, dañan a las semillas sin matar todo el cono (Figura 14, b). Los adultos también pueden alimentarse de conillos y llegan a causar el aborto de algunos de ellos. En los que no abortan, las semillas afectadas presentan el endospermo colapsado. Cuando los adultos se alimentan de las semillas de conos de segundo año, éstas quedan vacías o con el embrión parcialmente dañado, lo que depende de la fecha e intensidad en que son atacados.

Cuadro 8. Insectos que atacan conos y semillas de Pino caribe en América Central, por tipo de daño y gravedad del problema.

Nombre	Tipo de daño	Gravedad del problema
<i>Conotrachelus sp.</i> (COL., Curculionidae)	Dstrucción de conos	E
<i>Dioryctria erythropasa</i> (LEP., Pyralidae)	Dstrucción de conos	C
<i>Dioryctria majorella</i> (LEP., Pyralidae)	Dstrucción de conos	C
<i>Leptoglossus sp.</i> (HEM., Coreidae)	Dstrucción de conos y semillas	E
<i>Megastigmus sp.</i> (HYM., Torymidae)	Dstrucción de conos	C
<i>Tetyra sp.</i> (HEM., Pentatomidae)	Dstrucción de conos	E
<i>Rhyacionia frustrana</i> (LEP., Tortricidae)	Dstrucción de conos	NE

NE: No especificado

C: Problema crónico, casi siempre presente, que en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicos

E: Problema esporádico que ha demandado por lo menos una vez esfuerzos de combate

Fuente: CATIE (1991).

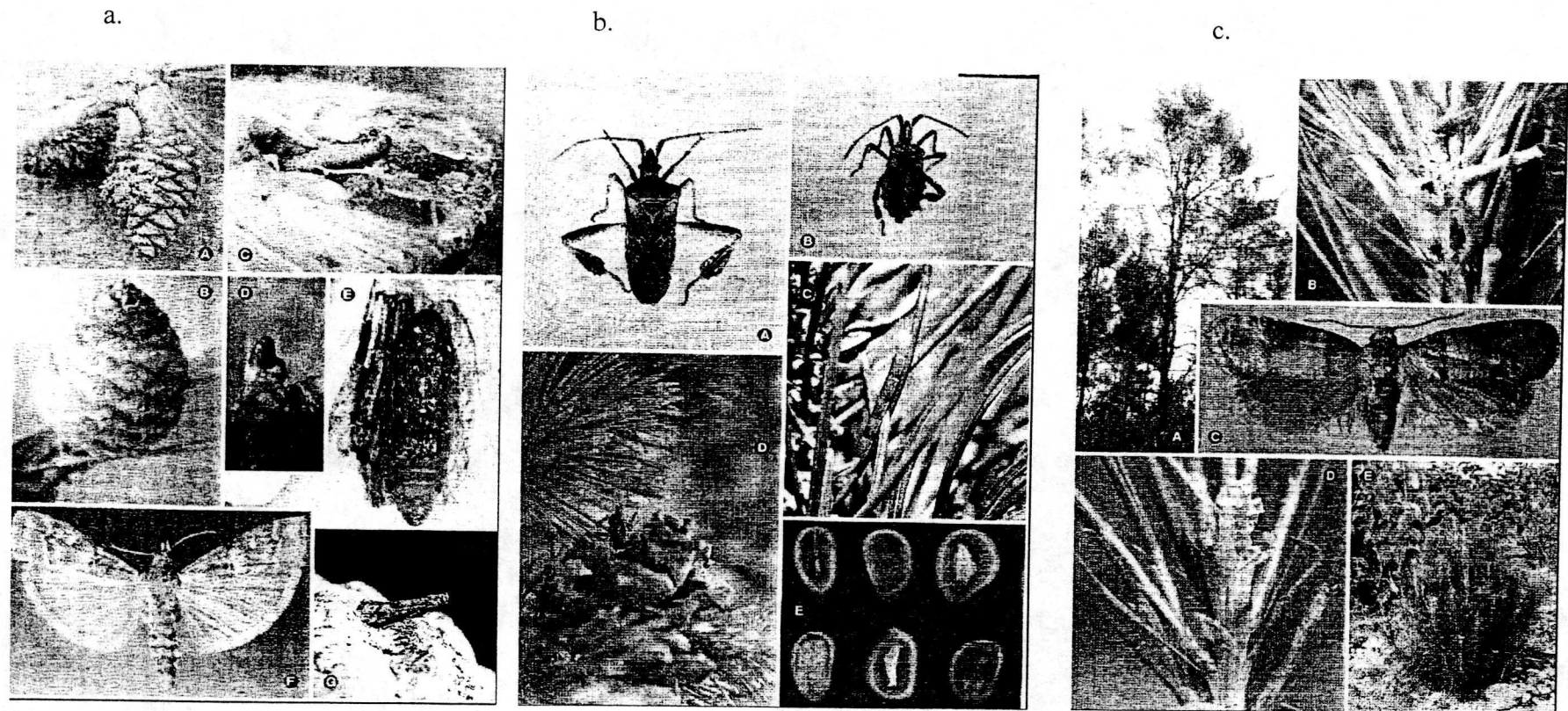


Figura 14. **a.** *Dioryctria* spp.: **A** Evidencia de daño de *D. Pinicolella* en *Pinus leiophylla*. **B** Cono dañado por *D. Erythropasa*. **C** Larva de *D. Erythropasa*. **D, E** Pupa. **F** Adulto de *D. Erythropasa*. **G** Adulto de *D. Pinicolella*
b. *Leptoglossus occidentalis*: **A** Adulto. **B** Ninfa de quinto instar. **C** Huevos. **D** Adulto alimentándose en semilla de Pino piñonero. **E** Radiografía de semillas con embrión dañado.
c. *Rhyacionia frustrana*: **A** Árbol de *P. oocarpa* con deformación en el fuste. **B** Yema infestada y exuvia pupal. **C** Adulto. **D** Larva. **E** Pino caribe con infestaciones repetidas (Tomado de Cibrián et al., 1995).

La aplicación de medidas de control sólo se justifica en huertos y áreas semilleras. El uso de insecticidas sistémicos, inyectados en el fuste o aplicados al suelo constituye la medida de control ecológicamente más aceptable y puede ser usada para árboles de diferentes tamaños. En árboles de menos de 15 m de altura se tiene la opción adicional de aplicar insecticidas de contacto. Los tratamientos se deben realizar cuando los conillos están creciendo para forman conos, lo que generalmente sucede en la segunda mitad de abril. Se tiene demostrado que una segunda aplicación en agosto permite una protección adicional de la cosecha.

2.10.1.4 *Tetyra bipunctata* (Herrich-Schaeffer). (Hemiptera: Scutelleridae)

Las ninfas y adultos se han encontrado posados y alimentándose sobre semillas de conos de segundo año, en los cuales insertan su aparato bucal en forma de estilete. Causan avanamiento de las semillas, que se colapsan o quedan con un daño parcial. En la superficie del cono no se observan evidencias de daño. No se realizan actividades de control sobre esta especie (Figura 15, b).

2.10.1.5. *Conotrachelus neomexicanus* Fall. (Coleoptera: Curculionidae)

Los adultos invernantes emergen del suelo a principios de la primavera y ovipositan sobre las escamas de los conos que inician su segundo año de crecimiento. Las larvas emergen, penetran al cono y se alimentan de todo su interior. Las larvas se alimentan de todo el cono, de manera que éste suspende su crecimiento y queda de tamaño pequeño. A medida que avanza el daño, el exterior del cono se torna de color café rojizo y muere (Figura 15, a). En rodales naturales no se recomienda su control. En áreas semilleras donde este insecto se constituye en un problema, se pueden aplicar quemadas controladas de mediados de invierno a finales de la primavera. La aplicación de insecticidas sistémicos inyectados en el suelo que rodea al árbol o al fuste, o bien de insecticidas de contacto aplicados a la copa, se debe realizar cuando los insectos estén por iniciar su ataque a los nuevos conos.

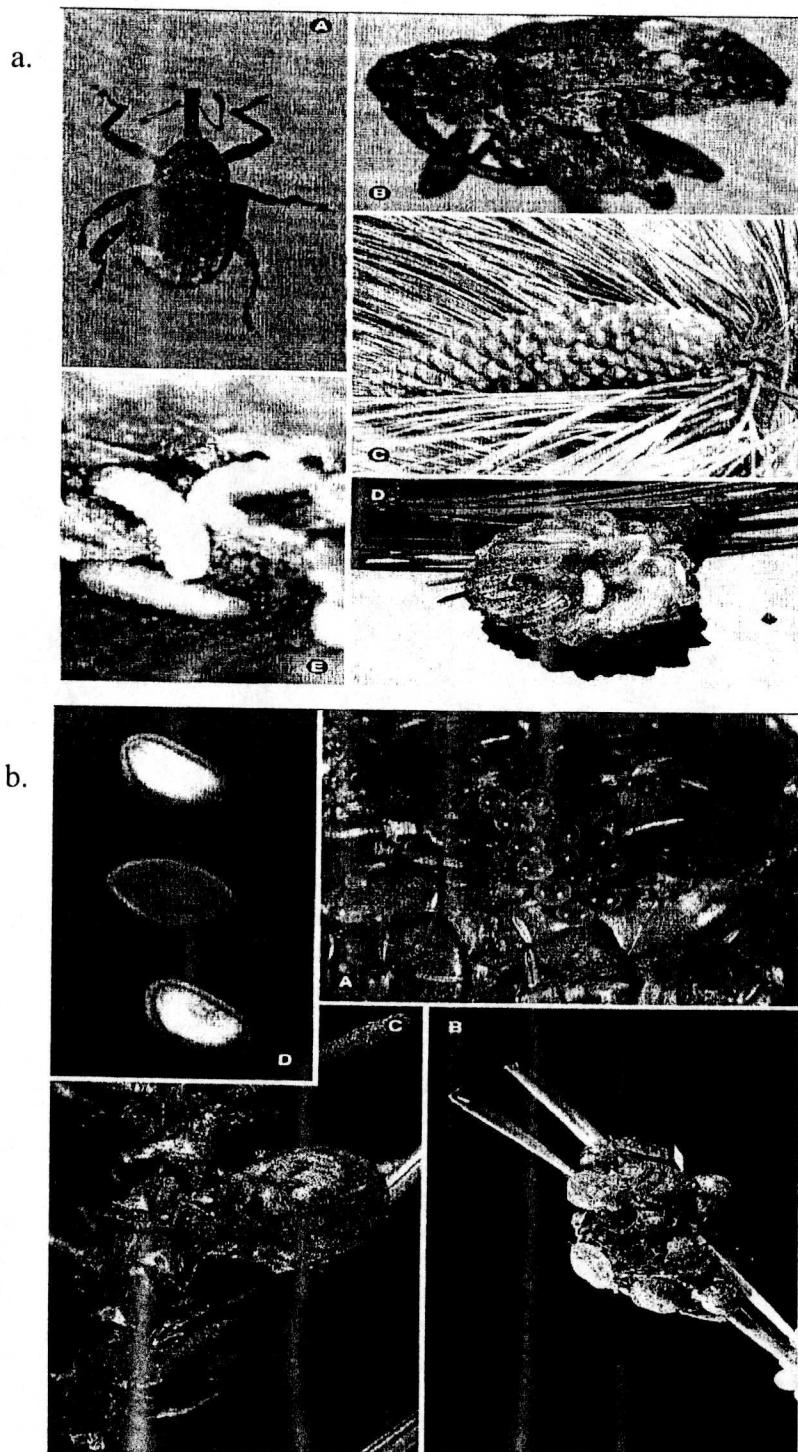


Figura 15. a. *Contrachelus neomexicanus*. A, B Adulto. C Cono dañado. D Larva y daño de *Pinus oocarpa*. E Larva.

b. *Tetyra bipuncata*. A Huevos. B Ninfas. C Adultos. D Radiografía mostrando daños en semillas del centro y abajo (Tomado de Cibrián et al., 1995).

2.10.1.6 *Megastigmus* spp. (Hymenoptera: Torymidae)

Las hembras ovipositan en las semillas, insertando su ovipositor a través de las escamas de los conillos que han iniciado el segundo año de crecimiento (Figura 16). Por lo general sólo una larva completa su desarrollo dentro de la semilla y consume el interior de ella hasta dejarla completamente vacía. Para su manejo se recomienda la aplicación de insecticidas sistémicos o de contacto poco antes de la emergencia de los adultos, lo que ocurre de junio a julio.

2.10.1.7 *Frankliniella brevisata* Thysanoptera: Thripidae

Habita comúnmente en las flores masculinas, donde raspan y desgranar los tejidos de los cuales se alimentan, ocasionando daños a los granos de polen. Para su manejo, en rodales y huertos semilleros es posible la utilización de insecticidas de contacto o sistémicos, debiéndose aplicar al momento que se presenta la polinización de los estróbilos femeninos. Dependiendo del tipo de producto, se pueden usar aspersores de alta presión o inyección del fuste.

2.10.2. Enfermedades

En análisis fitosanitarios a lotes de semillas efectuados en Turrialba, Costa Rica, se reportaron hongos como: *Mucor* (50%), *Curvularia* (20%), *Botryodiplodia* (13%), *Trichoderma* (13%) y *Fusarium roseum* (7%). También se mencionan como los principales patógenos que atacan los conos y semillas de Pino caribe en América Central, por tipo de daño, planta y gravedad del problema a los siguientes: *Aspergillus* sp., *Botryodiplodia* sp., *Cronartium conigenum*, *Chaetomium* sp. y *Fusarium* sp. A continuación se describen las principales enfermedades:

2.10.2.1 *Aspergillus* sp.

Aspergillus es el género más representativo de los hongos que producen “mohos” en frutos y semillas almacenados. La mayor parte de las especies de *Aspergillus* son saprofitas y conocidos como los mohos negros; sin embargo, otras son causantes de pudriciones de importancia económica. Las especies más comunes son *Aspergillus candidus*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger* y *A. tamaril*.

En muchas semillas infectadas por *Aspergillus*, se observan áreas levemente deprimidas, y generalmente en semillas claras, éstas áreas toman coloraciones oscuras.

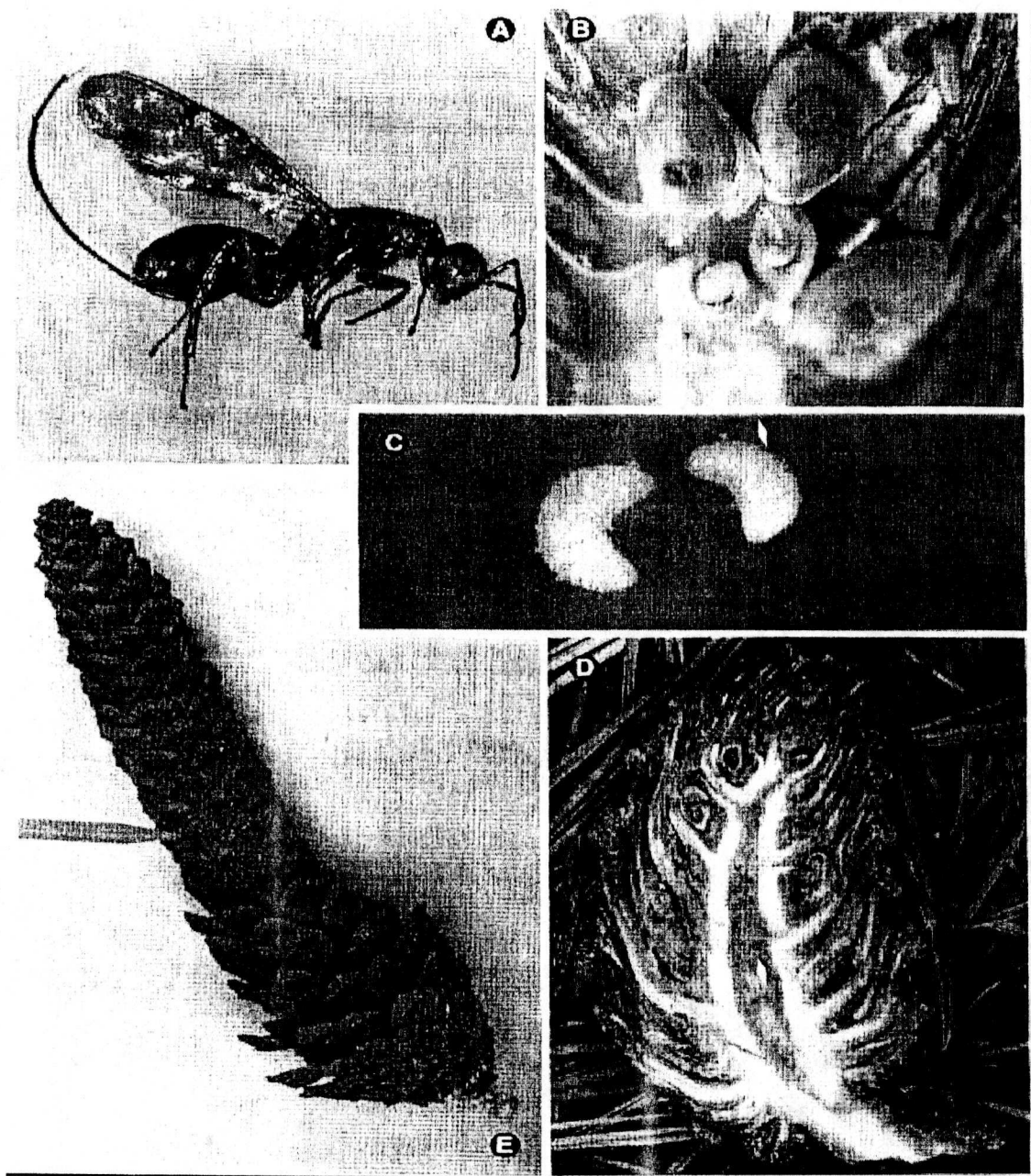


Figura 16. *Megastimus albifrons*. A Hembra. B Larvas dentro de semillas que muestran la evidencia de la infestación. C Larvas. D Cono de pino con semillas infestadas. E Orificios de emergencia de adultos (Tomado de Cibrián et al., 1995).

Al poco tiempo, crecen diminutas estructuras sobre las partes afectadas como “cabecitas de alfiler”, cuya coloración varía de amarillo verdoso, pardo rojizo, azul verdoso o negro, dependiendo de la especie. Pueden llegar a atacar los tejidos internos como el embrión, lo que hace que disminuyan notablemente los porcentajes de germinación de los lotes infectados.

2.10.2.2 *Botryodiplodia* sp.

Botryodiplodia es un estado imperfecto del hongo ascomiceto *Botryosphaera*. *Botryodiplodia* produce daños en especies forestales, tanto en follaje como en el tallo, los frutos y las semillas. Se desconoce si las especies de *Botryodiplodia* tienen una relación parasítica cuando se diagnostican en semillas, o bien, son hongos secundarios que aprovechan las pudriciones causadas por otros microorganismos. En las áreas de las semillas afectadas por pudriciones se observan puntitos negros que corresponden a las estructuras reproductivas de *Botryodiplodia*.

2.10.2.3 *Cronartium conigenum*

Las especies de *Cronartium* causan la “roya blanca” y “roya fusiforme” de los *Pinus* sp. Los conos se infectan durante el primer año de desarrollo, cuando comienzan a hincharse por la formación de agallas de diversos tamaños. No llegan a producir semilla ni se abren, hasta que llegan a morir, por lo que no se producirán nuevas infecciones, como los ataques en las ramas y fuste. Las agallas en las ramas reducen el crecimiento de árboles y causan su deformación, mientras que las agallas del fuste debilitan los árboles y reducen la calidad de la madera.

2.10.2.4 *Chaetomium* sp.

Las especies más comunes son *Chaetomium globosum*, *C. cochliodes* y *C. funicola*. Aparentemente puede producir pudriciones en las semillas sobre las cuales crecen en forma libre, diminutas esferas peludas color gris verdoso correspondientes a las estructuras reproductivas del hongo.

2.10.2.5 *Fusarium* sp.

La especie más común causante de pudriciones en frutos y semillas es *Fusarium oxysporum*. Es un hongo que permanece como saprófito en el suelo y en la materia orgánica, sin embargo, cuando encuentra tejidos vivos como semillas y las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del hongo, puede fácilmente invadir los

tejidos de las semillas. Las partes de los frutos y las semillas atacadas se presentan húmedas y con manchas marrón, sobre las cuales crece un micelio amarillo o rosado, por lo que se denomina a esta enfermedad los “mohos amarillos o rosa”. El género *Fusarium* es uno de los principales causantes de la enfermedad de plántulas en camas de germinación denominada “mal de talluelo” o “damping off”. Por tanto, aunque se desarrolle sobre las semillas como saprofito, existen grandes posibilidades que posteriormente invada el embrión u otras estructuras de la planta cuando germinen las semillas contaminadas.

2.10.3. Vertebrados

Antes que las semillas caigan de los conos, a veces son atacadas por ardillas, guacamayas o papagayos, pero dichos daños son raramente graves. Un pájaro pequeño, *Spinus notatus* saca semillas de los conos en el momento que se abren y parece que se pierden muchas semillas por ésta causa. Otra destrucción de los conos la causa un loro del Noreste de Nicaragua que se alimenta de los mismos; para llegar a la semilla, el loro arranca las escamas del cono dejando desnudo su eje. Después de caídas las semillas al suelo se pierden más por pájaros y, en sitios no quemados recientemente, por ratones.

2.11. Literatura consultada

- ABELL, T.M. 1969. The silviculture of *Pinus caribaea* Morelet with reference to its natural distribution. CFI, Oxford. (Unpublished).
- ACEVEDO HERRERA, O.A. 1992. Las plantaciones forestales comerciales: Estudio de caso La Sabana, Oaxaca. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- BARRETT, W.; GOLFARI L, H.G. 1962. Descripción de dos nuevas variedades del Pino del Caribe (*Pinus caribaea* Morelet). Caribbean Forester 23(2):59-71.
- BELASDALE, J. K. A. 1977. Plant Physiology in relation to Horticulture. American Edition, The Avi Publishing Company, N. C. Westport, Connecticut, USA. pp. 1-22.
- BIRKS, J.S.; BARNES, R.D. 1990. Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* spp. *tecunumanii*. Tropical Forestry Papers, Oxford Forestry Institute, University of Oxford. No. 21. 40 p.
- BORJAS, M.; ROSALES, C. 1994. Evaluaciones entomológicas en los huertos semilleros de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In. Investigación y Desarrollo Forestal. CVG – PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Boletín Técnico No. 9 pp. 1-8.
- BOYD, C. W. 1969. A better estimation of nursery survival used in the sowing formula. Tree plant notes for planters of Forest and Shelterbelts for nurseryman. v. 20 (no 3). pp. 21-24.
- BRYNDUM, K. 1975. Handling and storage of seed at Thai-Danish Pine Project. In Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling. Vol. 2. FAO. Roma.
- BUSZEWICS, G. W. 1980. Banco de semillas. Suministro de semillas y cooperación con viveros. Nota Técnica No. 1 ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras, 4 p.
- CAMACHO M., F. 1990. Deducción de una función de rendimiento para siembras mateadas agrícolas. In. Memorias del IV Foro de Estadística. UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades. México. pp. 59-72.
- CAMACHO M., F.; GONZÁLEZ K., V. 1994. Manejo de semillas. In. Guía tecnológica para el establecimiento de plantaciones de Pino patula (*Pinus patula*) en México. INIFAP. México, D. F. pp. 15-27.
- CAMCORE. 1994. Annual report. College of Forest Resources. North Carolina State University. Raleigh, N.C., U.S.A. 17 p.
- CAMCORE. 1995. Annual report. College of Forest Resources. North Carolina State University. Raleigh, N. C., U. S. A. 24 p.
- CAMCORE. 1996. Annual report. College of Forest Resources, North Carolina State University. Raleigh, N. C., U. S. A. 32 p.
- CAMCORE. 1997. Annual report. College of Forest Resources, North Carolina State University. Raleigh, N. C., USA. 23 p.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico No. 4. 260 p.
- CATIE. 1997. Plagas de semillas forestales en América Central y el Caribe. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico No. 25. 113 p.

- CIBRIÁN TOVAR, D.; MÉNDEZ MONTIEL, J.T.; CAMPOS BOLAÑOS, R.; YATES III., H.O.; FLORES L., J. 1995. Insectos forestales de México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 453 p.
- COMBE, J.; GEWALD, N. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- CORPORACION HONDUREÑA DE DESARROLLO FORESTAL; ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES. 1980. Recolección de semillas forestales, aspectos generales. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. 59 p.
- CVG – PROFORCA. 1998. Pinares de Oriente; Un bosque para salvar los bosques. Gráficos Acea. Caracas, Venezuela. 135 p.
- GRACIUN, C.C.T. 1978. *P. caribaea* Morelet international provenance trials progress report. Northern Territory, Australia. **In.** (eds. Nikles D. G.; Burley J.; Barnes, R. D.), Progress and problems of genetic improvement of tropical trees. CFI, Oxford. v. I. pp. 325-333.
- DVORAK, W.S.; DONAHUE, J.K. 1993. Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE. 1980-1992. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. Carolina del Norte, E.U.A. 94 p.
- EGENTI, L.C. 1978. Provenance trial of *P. caribaea* Morelet in Southern Nigeria. **In.** (eds. Nikles, D. G.; Burley, J.; Barnes, R. D.), Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. CFI, Oxford. Vol. 1. pp. 342-355.
- ESCÁRPITA HERRERA, J. 1984. Plantaciones comerciales de la Sabana: Estudio de un caso. **In.** XIV Reunión del Grupo de Mejoramiento Genético Forestal. Comisión Forestal de América del Norte. FAO. Durango, Dgo. México. Pp. 157-170.
- EVANS, H.B.L.; SABIDO, O.A. 1980. Pruebas de procedencias de *Pinus caribaea* en Belice. **In.** IUFRO. Simposio. Producción de materia prima en los neotrópicos por medio de plantaciones. IUFRO/MAB/Servicio Forestal. Puerto Rico. pp 306-313.
- FALKENHAGEN, E.R. 1978. *Pinus caribaea* Morelet provenance variation in South Africa. **In.** (eds. Nikles D. G.; Burley J.; Barnes, R. D.), Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. CFI, Oxford. Vol. I. pp. 356-369.
- FAO. 1971. Insectos que atacan a *Pinus caribaea* en el Noreste de Nicaragua. **In.** Investigación sobre el fomento de la producción de los bosques del Noreste de Nicaragua. FAO. Roma. 13 p.
- GIBSON, G.L. 1994. Resultados de los ensayos internacionales de procedencias. **In.** CMG; BSF. Pinos de Nicaragua. MARENA-DANIDA. Managua, Nicaragua. pp. 17-27.
- GIBSON, G.L.; BARNES, R.D.; BERRINGTON, J. 1983. Flowering and its interaction with environment in provenance trials of *Pinus caribaea*. Commonwealth Forestry Review 62:251-263.
- GRUPO INDUSTRIAL Y COMERCIAL PIPSA. 1990. Fabrica de Papel Tuxtepec: Un bosque artificial en La Sabana. PIPSA. Tuxtepec, Oaxaca, México. 18 p.

- HARRINGTON, J.F. 1973. Packaging seed for storage and shipment. *Seed Sci. and Techn.* 1. 701-709.
- HUGHES, C.E. 1982. Abertura de los conos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* con relación a la densidad y el contenido de humedad del cono. **In.** Actas de la IV jornada de reforestación. COHDEFOR. Tegucigalpa, Honduras. pp 3-104.
- HUGHES, C.; GIBSON, G. 1986. Report on a consultancy to the IRENA Forest Seed Bank Project. OFI, United Kingdom. 74 p.
- HUNT, D.R. 1962. Some notes on the pines of British Honduras. *Emp. Forestry Review* 41(2): pp. 134-145.
- IBRAHIM SHEIKH. 1977. Problems of seed production in moist tropical climates. **In.** Consultation on Forest Tree Breeding. 3rd. Canberra, Australia. (Documento FO-FTB-77-4/7). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Canberra. 1977. pp. 807-808.
- INTECFOR-IRENA-UNA. 1993. Manual técnico forestal. IRENA. Managua, Nicaragua. 250 p.
- JOURNAL OF SEED TECHNOLOGY. 1995. Rules for testing seeds. Volumen 16, número 3. Montana, USA. 113 p.
- KEMP, R.H. 1972. Seed sources procurement of low-altitude tropical pines in Central America. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 9-16.
- LADRACH, W.E. 1985. Comparaciones entre procedencias y fuentes de catorce coníferas en la zona Andina al finalizar cinco años. Smurfit Cartón de Venezuela. Acarigua, Venezuela. Investigación Forestal. Informe de investigación No. 102. 11 p.
- LAMB, A.F.A. 1973. Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics. *Pinus caribaea*. Unit of Tropical silviculture. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, England. No. 6. 254 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Traducción: Carrillo, A. GTZ, GmbH. República Federal Alemana. 334 p.
- LÓPEZ G., T. E. 1991. Determinación de fórmulas simplificadas para calcular las necesidades de semillas para la siembra de *Pinus cooperi* Blanco, *P. montezumae* Samb. y *P. patula* Shiede. Tesis Ing. Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. 63 p.
- MADELEÑA-3, CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- MESSE, F. 1990. Pruebas de procedencias de *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*. **In.** Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 156. pp. 9-34.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1993. Autoecología de la especie Pino caribe. SERFORVEN. Caracas, Venezuela. Cartilla No. 14. 13 p.

- MITTAK, W.L. 1978. Manual 2 para la recolección de semillas forestales. Guatemala. INAFOR-BANSEFOR-FAO/TCP. Documento de trabajo N°. 4. 21 p.
- MONROY R., C.; TRINIDAD H., A. 1992. *Pinus patula* Schl. Et Cham. como productor de semilla, Noroeste de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Experimental Papantla. Folleto Técnico No. 8. México. 20 p.
- MUSALEM SANTIAGO, M.A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el Trópico Húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis de grado de Magister Scientiae. Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- NAPIER, I. 1980. Efecto del uso de fungicida Agallol en la germinación de *Pinus caribaea*. In. Actas de las Segundas Jornadas de Reforestación. 27 y 28 de noviembre 1980. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. 306 p.
- NAPIER, I. 1982. Enfermedades fungosas en los pinos de los viveros de Honduras: Identificación, prevención y control. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. Nota Técnica 3. 12 p.
- NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Publicación Miscelánea No.5. 274 p.
- NIKLES, D.G. 1979. Mejoramiento genético de las coníferas tropicales en tierras bajas. FAO. Roma. 52 p.
- OCHOA, O. 1989. Estrategia para el reforzamiento de los bancos de semillas forestales del área centroamericana. Consultoría AID/ROCAP. Siguatepeque, Honduras. 110 p.
- PADILLA M., W. 1983. Manual del viverista. CICAFOR. No. 32. Perú. p. 63.
- PATÍÑO V., F. 1973. Flowering, fruiting, cone collection and some aspects from seed of the mexican pines. In. International Symposium on Seed Precessing. Vol. 2 Paper No. 22. Berger, Norway. 20 p.
- PEÑA D., F.E. 1990. Determinación del crecimiento en vivero de tres especies de Pinos: *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* procedente de 14 sitios en la localidad de Matagalpa, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 52 p.
- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- PERRY Jr., J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, Oregon. Timber Press. 231 p.
- PROSEFOR-CATIE. 1997. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales No. 11. 2p.
- REYES, A. J. 1983. Cantidad de semillas para la producción de plántulas de pino en viveros forestales de Honduras. ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. 5 p.
- ROBBINS, A.M.J. 1983a. DANIDA Forest Seed Centre, seed leaflet N° 2, *Pinus caribaea* Morelet (mimeo).

- ROBBINS, A.M.J. 1983b. DANIDA Forest Seed Centre, seed leaflet N° 3, *Pinus oocarpa* Schiede (mimeo).
- ROBBINS, A.M.J. 1985. The 'ESNACIFOR' cone kiln. CFI Occasional Paper, N° 26.
- ROJAS D., J.C. 1995. Comportamiento del híbrido de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* X *Pinus tecunumanii* a uno y dos años de edad en el pie de monte del centro occidente de Venezuela. Smurfit Cartón de Venezuela. Acarigua, Venezuela. Investigación Forestal. Informe de investigación No. 14. 8 p.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1991. Pino caribe. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barrett y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 175. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- SALAZAR, R. 1982. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett y Golfari en Costa Rica. Celulosa de Turrialba, S. A. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 32, No. 4. pp. 387-397.
- SCHUCKAR & CIA. LTDA. S/F. Carta de oferta de semillas. Schuckar & Cia. Ltda. SP, Brasil, S.N.
- SEMILLAS TROPICALES, S. DE R.L. 2000. Somos proveedores de semillas tropicales a nivel mundial. SETROS, S. DE R. L. Siguatepeque, Honduras, 15 p.
- SILVA, R. 1994. Metodología para el estudio de viveros y plantaciones de Pino caribe. **In.** Investigación y Desarrollo Forestal. CVG – PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Boletín Técnico No. 7. 50 p.
- UGALDE ARIAS, L.A. 1981. Producción de semillas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Yeguada, Panamá. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 9 p.
- VENATOR, C.R.; MACIAS SANABRIA, F. A. 1973. Problem of empty seed in *Pinus caribaea* in Puerto Rico. Turrialba, Costa Rica. 23(2): 236-238.
- 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.
- VINCENT, A.J.; MANG, M. 1972. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr and Golf. in Fiji **In.** Selection and breeding to improve some tropical conifers. (Burley, J. y Nikles, D. G. Eds.). Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v 1, pp: 351-365.
- WOLFFSOHN A., L.A. 1982. Los pinares de Honduras. ODA/ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Informe Técnico No. 2, Proyecto R-3548. pp. 8-17.
- WOLFFSOHN, A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: Estudio sobre su manejo en sitios nativos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 3. 67 p.
- WRIGHT, J.A. 1991. Resultados de ocho años de ensayos sobre procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii* en el Valle del Cauca, Colombia. Smurfit Cartón de Venezuela. Acarigua, Venezuela. Investigación Forestal. Informe de investigación No. 134. 9 p.



RESUMEN

En la producción de plantas en bolsas de polietileno se pueden utilizar dos sistemas: siembra previa en germinadores y siembra directa en la bolsa. En los germinadores una vez que las plántulas alcancen de 3 a 4 cm de altura y tenga forma de fosforito se les transfiere a los envases. La producción de plántulas en bolsas requiere de cinco a seis meses, llevándose al campo cuando tienen de 20 a 30 cm. El sustrato de las bolsas mas utilizado es la tierra de monte mezclada con arena de río, pudiéndose utilizar en proporción de 75:25, 50:50 a 40:60. Para cubrir la semillas, un material generalmente disponible y conveniente es la arena tamizada.

Para una germinación uniforme y pronta, las semillas pueden tratarse sumergiéndolas en agua limpia por espacio de 12 horas. La germinación se inicia a los siete días después de la siembra y, en la mayoría de los casos, al cabo de 15 días el 80% de la semilla habrá germinado. El Pino caribe se siembra a una profundidad de 0.5 a 1 cm, y en el germinador se siembra en surcos distantes 2.5 cm, 1.8 cm entre semillas y a una densidad que produce 2 150 plántulas/m². Se recomienda utilizar bolsas de polietileno negro, de 15 a 18 cm de alto, con un diámetro que oscile entre los ocho y 14 cm y un calibre de 200 a 250 micras.

En Pino caribe, los hongos ectomicorrízicos mas eficientes son: *Pisolithus tinctorius* y *Thelephora terrestris*. La aplicación de abonos nitrogenados es recomendable en el transcurso del segundo al tercer mes de edad, mientras que la aplicación temprana del fósforo es recomendada para favorecer la formación de la micorriza.

El período de más susceptibilidad de las plántulas a enfermedades, insectos y otros agentes dañinos es durante las cuatro a seis semanas después de la siembra. El problema más serio es el damping-off. La mejor forma de protección es la prevención a través del buen manejo del vivero con las técnicas culturales.

La producción de plantas a raíz desnuda es una buena alternativa a implementar en las condiciones de Nicaragua. La disminución de costos, el éxito en Venezuela con más de 600 000 hectáreas plantadas y lo tropical del país son buenos argumentos.

3. PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN VIVERO

3.1. Técnicas de producción de plantas en vivero

3.1.1. Técnica de producción de plantas en bolsas de polietileno

En la producción de plantas en bolsas de polietileno se pueden utilizar dos sistemas: siembra previa en germinadores y siembra directa en la bolsa. En los germinadores una vez que las plántulas alcancen de 3 a 4 cm de altura y tenga forma de fosforito se les transfiere a los envases. Otra alternativa es trasplantar a los 20 días después de la siembra.

La producción de plántulas en bolsas 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. Las plantas se llevan al campo cuando tienen de 20 a 30 cm.

3.1.1.1. Sustrato en el almácigo

El tipo de sustrato que se deba utilizar está en función del tiempo de permanencia de la planta en el semillero. En el sistema de trasplante anticipado, que se realiza cuando las plántulas solo tienen radícula, el sustrato del almácigo debe ser un material inerte que no contenga nutrientes, tales como arena cuárcica debidamente lavada y esterilizada, tezontle harneado en malla fina y lavado, vermiculita, agrolita, insulex y perlita. Cuando las plántulas estarán un mes o más, el sustrato debe proveer los nutrientes necesarios para fomentar el desarrollo y propiciar la micorrización. Para esto, la tierra agrícola y la arena en igual proporción son una buena alternativa.

Se recomiendan los materiales que presenten buen drenaje, textura ligera y pH igual o menor a 5.5; y lo anterior se logra haciendo una mezcla de 60% de tierra de monte y 40% de arena o 50% de tierra de monte, 30% de tierra del lugar y 20% de arena fina.

3.1.1.2. Sustrato en la bolsa

El sustrato a utilizarse en la bolsa 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).

La tierra de monte mezclada con arena de río en diferentes proporciones es el sustrato más utilizado en proporción de 50:50 y de 30:70. Otra alternativa es utilizar un 40% de tierra de monte mezclado con un 60% de tierra lama, la cual es producto de los azolves depositados en los lechos de los ríos.

En la Sabana, Oaxaca, se encontró que la tierra local y tierra de monte en proporción de 50:50 presentó los valores más altos en altura, peso de parte aérea y % de micorrización en plantas de Pino caribe y que las mezclas de sustrato que contienen 45:45 y un 10 % de corteza de pino, no presentan diferencia estadística significativa, por lo que para fines prácticos se podrían usar un 10% de corteza de pino con resultados semejantes, pero con un ahorro considerable en costos de extracción y acarreo de tierra.

En Puerto Cabezas, Nicaragua, se utiliza de 25 a 30% de arena y de 70 a 75% de tierra de monte; pero, no existen estudios comparativos con otras proporciones.

3.1.1.3. Preparación del sustrato y llenado de bolsas

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, posteriormente se efectuará la mezcla en la proporción requerida (Figura 17). El llenado de bolsas es una labor de alto costo y deben utilizarse sustratos 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



Figura 17. Proceso de tamizado del sustrato base 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, previo a la mezcla en la proporción requerida (Tomada por Perera, 2000).

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.

3.1.1.4. Tratamientos para estimular la germinación

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. Si la semilla tiene un porcentaje alto de germinación se puede sembrar directamente en la bolsa.

Espolvorear la semilla por medios mecánicos antes de la siembra para eliminar la semilla hueca y defectuosa puede mejorar notablemente la germinación y hacer posible la siembra de semillas solas directamente en contenedores en lugar de sembrarlas primero en camas de germinación o cajas. Cuando la semilla de Pino caribe tiene más de un año de estar almacenada deben ser estratificadas de 2 a 4 semanas a 4°C.

3.1.1.5. Germinación

La germinación 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. Se ha reportado que la germinación de semillas de Pino caribe, sin mencionar en que condiciones, se obtiene en un 10% a los 10 días, 50% a los 15 días, 90% a los 23 días y la germinación completa se alcanza a los 24 días; aunque, en otros estudios se ha logrado hasta los 27 días. En las plantaciones de Pino caribe, introducidas en Costa de Marfil, el promedio de germinación de las semillas importadas es del 60%.

Es necesario tener presente que existirán diferencias en los porcentajes de germinación entre las procedencias, tanto del hábitat natural de la especie, como de plantaciones; por ejemplo, se ha reportado que es superior la germinación de las semillas de Nicaragua a las de Belice. Así mismo, se informa que en Matagalpa, Nicaragua, las procedencias de Santa Clara, Alamikamba, Klinna y Sisin, la mayoría germinaron después de los primeros 6 días de sembradas hasta llegar a los 20 días.

3.1.1.6. Siembra previa en el almácigo

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. Después de haber tratado el suelo del semillero contra Damping-off, las semillas se esparcen en surcos o al voleo en camas o cajas de germinación y se cubren con una capa delgada de arena.

Las cajas germinadores son de 30 cm de ancho, 50 cm de largo y 10 cm de profundidad, montados sobre tarimas de 70 a 90 cm de altura; por sus características, son fáciles de llevar al sitio donde están las bolsas, para efectuar el repique.

Inmediatamente antes de la siembra, es necesario asegurar que la superficie del sustrato quede perfectamente nivelada y firme y debe aplicarse un riego a los semilleros a razón de 5 litros de agua/m².

Material para tapar la semilla

La textura del material para tapar la semilla es importante, una arena muy fina o un suelo limoso o arcilloso, tenderá a formar una costra impermeable en la superficie. Si esto ocurre, se impide la salida del hipocótilo además de reducir la penetración de agua en el sustrato, en casos extremos puede resultar en la formación de pequeños estancamientos de agua en la superficie del semillero, provocando el mal de semillero.

Para cubrir las semillas de Pino caribe, un material generalmente disponible y conveniente es la arena tamizada. Se recomienda el uso de arena que pase por un tamiz de 2.0 mm (malla No. 8) pero que quede atrapado en un tamiz de 1.4 mm (malla No. 12). Se prefiere un sustrato de color claro en vez de oscuro, porque refleja el calor con más eficiencia y no permite subir excesivamente la temperatura alrededor de la semilla. La cubierta de grava fina puede reemplazarse por carbón quebrado finamente o algún otro material estéril y la arena fina debe esterilizarse o reemplazarse después de cada siembra. Al terminar la siembra se efectúa un riego ligero, lo que asegura un buen contacto entre la semilla y el sustrato.

Densidad de siembra

Para los pinos tropicales es recomendable la siembra de suficientes semillas para producir de 3 000 a 4 000 plántulas/m² cuando se efectúe el trasplante dentro de los 4 días después de la germinación. Para un trasplante 20 días después de la germinación, esta densidad baja entre 1 000 y 2 000 plántulas/m². En Malasia, el Pino caribe se siembra en surcos distantes 2.5 cm entre sí y a una densidad que produce 2 150 plántulas/m² (un promedio de 1.8 cm entre plántulas a lo largo del surco). Generalmente son trasplantadas 4 a 6 días después de la germinación.

Protección de los germinadores

Se puede colocar un mosquitero para prevenir que los insectos dañen los tallos. Toda la cama puede ser protegida por un techo corredizo para dar control a la humedad y la luz. Se puede remplazar el techo corredizo por un techo permanente sobre las camas de germinación y área de trasplante. Cuando se utilice techo, este debe estar inclinado, con la parte alta en el Oeste y la baja en el Este porque el viento y la lluvia vienen del Este y en la tarde el sol da a la parte trasera del cobertizo.

La maleza puede reducirse utilizando “mulch” en las camas, envases y cajas germinadoras. Si se utiliza aserrín, el aserrín de conífera es más ácido que la mayoría de los aserrines de frondosas por lo que es más recomendable. Algunos de los aserrines de frondosas tienen un efecto tóxico en la plantas, por lo que las pruebas locales son esenciales.

Cuando se siembra la semilla y la superficie del suelo está con “mulch”, no es necesario dar sombra a las plántulas en el germinador; sin embargo, cuando es probable se presenten lluvias fuertes después de la siembra en semilleros, se considera esencial colocar un techo sobre las cajas en germinación para prevenir condiciones de humedad del suelo que podrían provocar el damping-off. Este techo puede ser permanente o una cortina de polietileno extendida sobre un marco de madera. Este último tiene ventajas en condiciones de colinas húmedas en donde los viveros están en colinas terraplenadas y empinadas ya que previene daño de lluvia y asegura iluminación difusa y calor adecuado para germinación en climas más fríos. Este tipo de sombra reduce el peligro de daño por

heladas al que son muy sensibles las plántulas de Pino caribe. También se puede utilizar diferentes tipos de malla plástica para sombra.

Una alternativa es cubrir las camas o envases sembrados con una cortina plástica. El plástico lleva humedad a la superficie creando condiciones para una germinación uniforme. El plástico se retira cuando se inicia la germinación. Otra alternativa es utilizar hojas de palmas para cubrir las camas o envases los días previos a la germinación (Figura 18).

3.1.1.7. Época de siembra en almácigo

La siembra en almácigo se recomienda efectuarla después de pasado el peligro de las lluvias torrenciales. En el trópico húmedo de Nicaragua, si se quiere plantar a partir del establecimiento de las lluvias que se da entre mayo y junio, se puede sembrar las semillas a partir de enero, cuando se produzcan plantas en bolsas de polietileno con un periodo de producción de seis meses, mientras que para plantas a raíz desnuda deberá hacerse por lo menos un mes antes. En Venezuela, la siembra se inicia a mediados del mes de octubre.

3.1.1.8. Profundidad de siembra

3.1.1.8.1. Profundidad de siembra en el almácigo

La semilla se coloca en surcos transversales y se cubre con una capa del mismo sustrato de 0.5 a 1 cm de espesor.

3.1.1.8.2. Profundidad de siembra en el envase

En la siembra directa en envases, las semillas se colocan en hoyos poco profundos. 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 0.5 y 1 cm; 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.

En ésta 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



Figura 18. Cobertura de bolsas de polietileno con hojas de coco, por un periodo de 6 a 7 días después de la siembra y antes de la germinación de Pino caribe, en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (Tomada por FADCANIC, 2000).

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 (Figura 19).

3.1.1.9. Trasplante a la bolsa

La plántula proviene de dos fuentes: el almácigo portátil o fijo que previamente se instaló o de las bolsas en las que germinó más de una semilla, al efectuarse la siembra directa en los envases.

El 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. 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.

La semilla pre-germinada puede transferirse conforme germina, de 6 a 10 días después de colocarla en el germinador. Esto se hace cuando la plántula alcance de 3 a 4 cm de altura y tenga forma de fosforito (Fase 5 de Figura 20) , este sistema es el denominado trasplante anticipado. Este método es apropiado para operaciones a baja escala pero para siembra a gran escala es menos satisfactoria debido a la necesidad de transferencia diaria de la semilla que acaba de germinar. En Surinam se hace el repique a bolsas después de 3 semanas de germinación, con muy buenos resultados, a este trasplante se le llama trasplante tradicional (Figura 21). En general, se recomienda contratar mujeres, para el repique ya que hacen este trabajo mejor que los hombres.

Secuencia del trasplante anticipado:

1. Regar el sustrato de los envases a capacidad de campo, pudiendo utilizar mangueras o regaderas.
2. Hacer perforación en el centro del sustrato de la bolsa con estaca de 10 cm de largo, a una profundidad un poco mayor que la longitud de la raíz.
3. Extraer plántula seleccionada, sujetándola de los cotiledones, sin comprimirla, ni dejarlas expuestas al medio, teniendo el cuidado de no

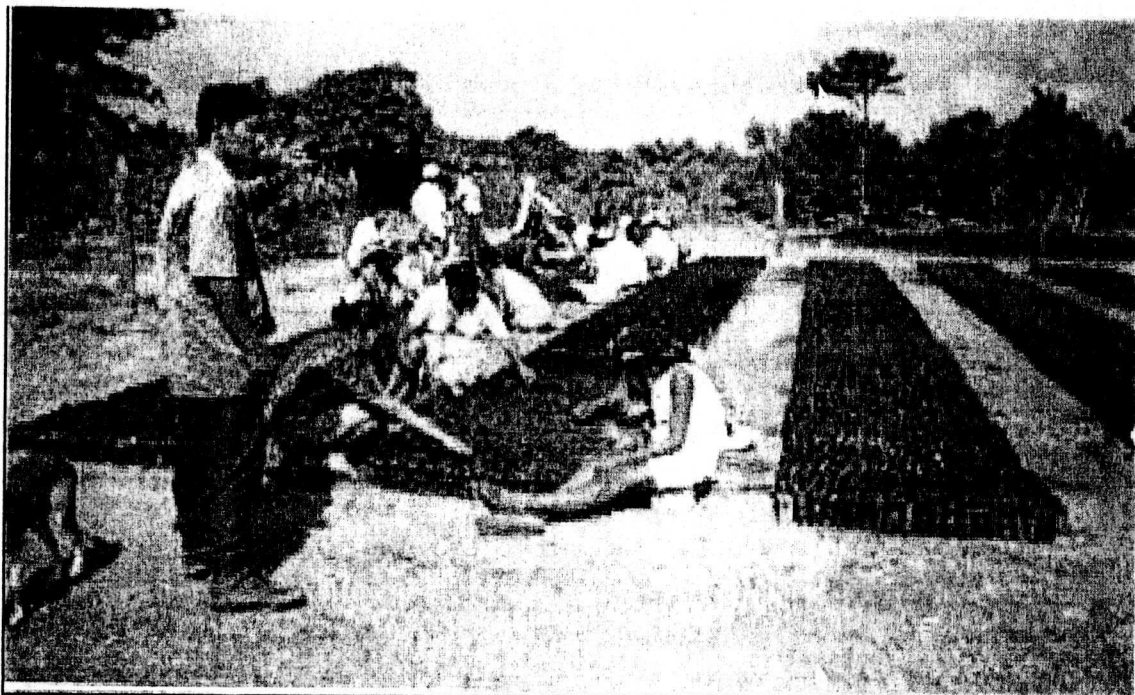


Figura 19. Siembra directa de Pino caribe en bolsas de politileno, efectuado en Puerto Cabezas, Nicaragua (Tomada por FADCANIC, 2000).

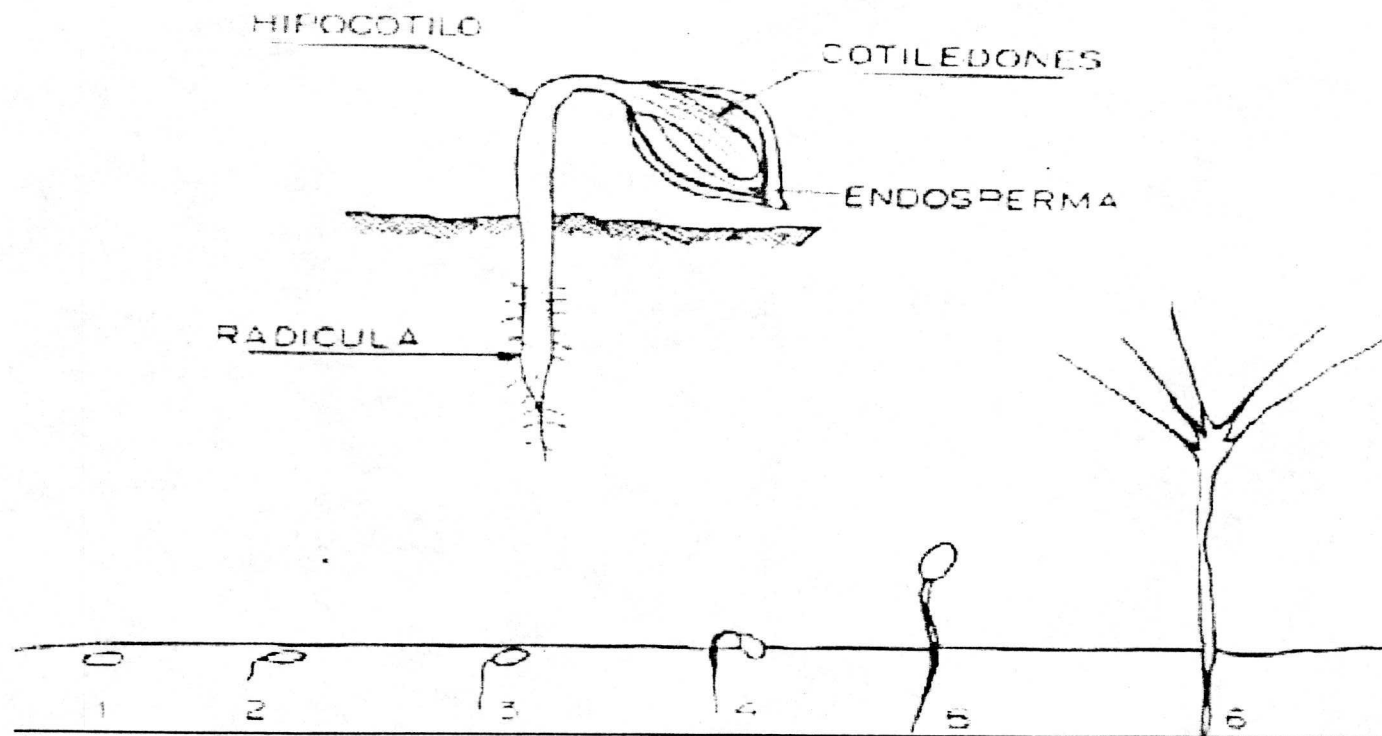


Figura 20. Proceso de germinación de Pino caribe (Adaptado de Napier, 1985).

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)

a.



b.



c.



Figura 21. **a.** Arrancado de plántulas para el trasplante tardío en Boom Sirpi, Nicaragua.
b. Trasplante tardío en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua.
c. Brigada de trabajadoras trasplantando en Boom Sirpi, Puerto Cabezas, Nicaragua (Tomadas por FADCANIC, 2000).

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.

4. Introducir la radícula a la perforación, posteriormente, con la estaca, efectuar otra perforación paralelo al de la planta, y sin retirar la estaca, inclinarla hacia la plántula para que la radícula quede en contacto con el suelo.
5. Extraer la estaca y presionar la tierra con todos los dedos alrededor de la planta, para eliminar espacios vacíos a su alrededor.
6. Efectuar riego con agua que tenga 2 gramos de Captán por un litro de agua, al tener plantadas unas 500 plántulas.

Secuencia del trasplante tradicional:

1. Regar el sustrato de los envases a capacidad de campo y dejar que el agua se consuma hasta que no haga lodo.
2. Regar el semillero fijo a sobresaturación.
3. Extraer plantas del semillero fijo, con el auxilio de una estaca, y depositarlas en un recipiente con agua limpia.
4. Hacer perforación en el centro del sustrato de la bolsa con estaca de 1.5 a 2 cm de diámetro, a una profundidad un poco mayor que la longitud de la raíz.
5. Tomar una plántula y adherir la raíz a una estaca húmeda de 1 cm de diámetro.
6. Introducir la raíz de la plántula acompañada de la estaca a la perforación, procurando que no roce en las paredes. Retirar la estaca, dándole un pequeño giro y deslizándola sobre la pared. La raíz debe quedar recta para evitar deformaciones posteriores que son muy perjudiciales (En México son conocidos como cola de cochino).
7. Efectuar otra perforación con la estaca paralelo al de la plántula, y sin retirar la estaca, inclinarla hacia la plántula para que la radícula quede en contacto con el suelo.
8. Presionar la tierra con todos los dedos alrededor de la plántula, para eliminar espacios vacíos a su alrededor.

9. Efectuar riego ligero con agua que tenga 2 gramos de Captán por un litro de agua, al tener plantadas unas 200 plántulas.

3.1.1.10. Características del envase

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.

Se recomienda utilizar bolsas de polietileno negro, de 15 a 18 cm de alto, con un diámetro que oscile entre los ocho y 14 cm y un calibre de 200 a 250 micras. En la Sabana, Oaxaca, México, se utilizó bolsas de polietileno de 8 cm de diámetro por 15 cm de altura y calibre 200, con un periodo de producción de ocho meses.

3.1.1.11. Poda de plantas en envase

Cuando las plantas están a nivel del suelo, es necesario moverlas a intervalos para cortar las raíces que sobresalen por los agujeros de drenaje o por abajo de las bolsas. Una superficie dura bajo los tubos evita que las raíces penetren el subsuelo. Lo mínimo es una poda 15 días antes de la plantación. El momento de la poda se aprovecha para eliminar las plantas muertas o enfermas, y para pasar las plantas de la orilla al centro y viceversa, de la cama de sustrato, con el fin de uniformizar el tamaño.

3.1.2. Técnica de producción de plantas en vivero a raíz desnuda

En Nicaragua, no existe experiencia en la producción de plantas a raíz desnuda; pero, conociendo el éxito logrado en Honduras con condiciones similares y la experiencia generada por la Corporación Nacional de Reforestación (CONARE) de Venezuela que hasta 1999 tenían establecido 494 000 ha, y estaban estableciendo de 20 000 ha a 30 000 ha anuales a raíz desnuda, con sobrevivencias en las plantaciones superiores al 80%, se considera que es una técnica alternativa a aplicarse en Nicaragua.

Para la producción de plantas a raíz desnuda, se preparan bancales de 15 a 20 cm de altura y de 1 a 1.4 metros de ancho, separados entre sí por espacios de 40 a 70 cm. Las plantas pueden ser producidas en germinadores y cuando están en estado de fosforito, se trasladan a los bancales a una distancia que varía entre 6 y 8 cm entre plantas; pero, lo más común es hacer la siembra directa de la semilla en el bancal. La siembra directa se recomienda 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. Partiendo de la experiencia desarrollada en Honduras recomienda también, al igual que para las bolsas, que los bancales 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; en general, se recomienda una densidad de 150 a 250 plantas por metro cuadrado, por ejemplo, en Venezuela se emplean 200 semillas/m² y al final de la fase de vivero quedan de 100 a 110 plantas/m².

3.1.2.1. Ventajas de la producción de plántulas a raíz desnuda

1. Los costos de producción, transporte y plantación son bajos.
2. Facilidad de transporte a la plantación.
3. Uso del mismo suelo en el vivero año tras año.
4. Cuando son plantadas correctamente no hay problemas de deformación de raíces.

3.1.2.2. Desventajas

1. La exposición al aire libre y el daño a las raíces pueden reducir la sobrevivencia en la plantación.
2. Las plántulas con raíces expuestas y dañadas no son aptas para la plantación en sitios difíciles (suelos delgados, infértiles, rocosos y con pendientes fuertes) y en zonas áridas o donde la llegada de las lluvias es inconsistente o donde las lluvias son intermitentes.
3. Requiere supervisión cuidadosa y trabajadores bien entrenados y experimentados.
4. El área del vivero es muy grande, 3 o 4 veces más grande que aquella necesaria para la producción en envases, debido a la necesidad de rotar el cultivo y de producir plántulas a raíz desnuda en densidades más bajas que las plántulas en envases pequeños.
5. Requiere más cuidado en la selección del sitio del vivero y el manejo del suelo se vuelve muy importante.

3.1.2.3. Selección del sitio

Dado que se producen las plántulas en el mismo suelo del vivero, es muy importante elegir un sitio que tenga un suelo apropiado y especialmente asegurarse que el pH y la textura están dentro del rango requerido. El suelo de un vivero forestal dedicado a la producción de plántulas a raíz desnuda debe tener las siguientes características:

- Profundidad mínima de 50 cm sobre perfiles permeables y libres de capas endurecidas de arcilla.
- Textura areno arcillosa o franco arenosa (en el Cuadro 9 se ejemplifica algunas texturas utilizadas en varios países).
- Materia orgánica de 2 a 4%.
- pH preferiblemente entre 5.0 y 6.0 nunca arriba de 6 para coníferas.

3.1.2.4. Determinación del área de crecimiento

El área que será dedicada al crecimiento de las plántulas es el elemento básico para el cálculo del tamaño del vivero. Cuando se requiere producir 1.5 millones de plántulas de Pino caribe a raíz desnuda, el área ocupada por los bancales se determina de la siguiente manera:

La producción de Pino caribe a raíz desnuda requiere de una densidad de 180 plántulas útiles por m², consecuentemente, el área necesaria es $1\,500\,000/180 = 8\,333\text{ m}^2$.

Si el vivero es permanente será necesario ampliar el área de crecimiento para permitir la rotación de los cultivos producidos a raíz desnuda. Con una rotación de un año con plántulas forestales y dos años de abono verde sería necesario ampliar en tres veces el tamaño del área de crecimiento para plántulas a raíz desnuda.

3.1.2.5. Preparación del sitio

Cada año antes de confeccionar los bancales se remueve el terreno con arado y rastrillo. Durante estas operaciones se puede incorporar las enmiendas necesarias; por ejemplo, materia orgánica, fertilizantes y químicos para el ajuste del pH. También se toman las medidas preventivas contra los agentes dañinos por ejemplo los hongos, insectos y las

Cuadro 9. Textura del sustrato para la producción de plantas en viveros de diferentes países.

País	Especie	Tipo de Plántula	Arcilla %	Limo %	Arena %
Malasia	<i>P. caribaea</i>	Bolsas	-	20*	80
Zambia	Pino y Eucalipto	Bolsas	-	20*	80
Inglaterra	Coníferas y latifoliadas	Raíz desnuda	-	25*	75
San Juan, Honduras	<i>P. oocarpa</i>	Raíz desnuda	16	22	62
Dursuna, Honduras	<i>P. caribaea</i>	Raíz desnuda	0	22	78
África del Sur	<i>P. radiata</i>	Raíz desnuda	15	8	77
África del Sur	<i>P. radiata</i>	Raíz desnuda	1	5	94

* Indica la combinación máxima de arcilla y limo.

Fuente: Napier (1985).

malezas. Estas últimas pueden efectuarse antes de preparar los bancales o después según el tipo de químicos a utilizar y el método de aplicación.

Durante la preparación del sitio para una producción a raíz desnuda, es imprescindible conservar la capa superficial del suelo. La capa superficial del suelo (el horizonte A) normalmente tiene una textura más apropiada para el desarrollo de plántulas que las capas inferiores y también es fuente de materia orgánica, importante para la aireación y la retención de humedad y de nutrientes en el suelo.

3.1.2.5.1. Tala de vegetación leñosa

Es necesario eliminar los árboles y el monte bajo con hachas y/o motosierras, dejando tocones de un metro de altura. Estos pueden ser posteriormente extraídos por un tractor de oruga con una cuchilla dentada, para reducir la perturbación del suelo y también reducir la cantidad de suelo perdido al remover las raíces.

Es recomendable minimizar el uso de equipo pesado porque tiende a compactar los suelos y hace necesario el subsiguiente subsolado del suelo. Al final de esta operación se remueve o se quema toda la vegetación leñosa incluyendo tocones grandes, dejando así el sitio listo para ser arado.

3.1.2.5.2. Arado y limpieza

Se procede a arar el terreno hasta una profundidad de 30 cm, quebrando así la capa superficial incluyendo raíces, zacate y tocones de vegetación herbácea. Donde sea posible es conveniente utilizar un tractor agrícola con arado para esta operación. Se dan dos a cuatro pasadas cruzadas al terreno. Si es necesario subsolar el terreno para quebrar una capa endurecida de arcilla o reducir la compactación del suelo, se realiza durante esta operación, dando por lo menos dos pasadas cruzadas con el arado subsolador a una profundidad de 40 cm o más. Todo el material leñoso debe ser removido del suelo durante y después de estas operaciones; sin embargo, se puede dejar los restos de la vegetación herbácea de tamaño pequeño, si hay suficiente tiempo para su descomposición, antes de la siembra. Lógicamente todas estas operaciones pueden ser realizadas a mano o con bueyes e implementos no sofisticados, dependiendo del tamaño del vivero y de las condiciones locales.

3.1.2.5.3. La nivelación

Una ligera pendiente hasta 2 ó 3% es requerida para facilitar el drenaje superficial y evitar estancamientos de agua. La pendiente en un vivero con suelo arenoso será inferior a aquella en un vivero donde el suelo es más arcilloso.

Esta labor puede ser realizada a mano o en forma mecanizada. En el último caso se utiliza una motoniveladora o un tractor agrícola con cuchilla para redistribuir la capa superficial del suelo. Ocasionalmente puede ser necesario traer suelo para nivelar el terreno. Donde el terreno no es muy plano, es necesario una redistribución de tierra; para esto, se remueve la capa superficial del suelo a un lado temporalmente, luego se efectúa la nivelación y posteriormente se redistribuye la capa superficial del suelo uniformemente sobre todo el vivero. Si no se anticipa incorporar algunos arreglos adicionales al suelo después de la nivelación, se termina la preparación del sitio con un rastreo final.

3.1.2.6. Arreglos Adicionales

Son introducidas al suelo para modificar la textura, el pH y la fertilidad; es conveniente incorporarlas a la capa superficial (20 cm) del suelo a través del arado. Cualquier arreglo adicional es incorporado más uniformemente, cuando se le aplica en dos o tres partes cada una seguida por una pasada de arado.

3.1.2.6.1. Modificación de la textura

Se recomienda utilizar un suelo con textura areno arcillosa o franco arenoso, pero con un contenido de más de 70% de arena. Donde sea necesario, la textura de un suelo arcilloso puede mejorarse con la adición de arena, vegetación descompuesta o estiércol. De un modo parecido la retención de humedad y nutrientes en un suelo muy arenoso puede mejorarse por medio de la adición de materia orgánica en forma descompuesta.

En el suelo del vivero se prefiere mantener un nivel de materia orgánica de alrededor de 2 a 4% (en la capa superficial de 20 cm), esto es especialmente importante en suelos muy arenosos, pero puede ser difícil de lograr y mantener estos niveles. La presencia de materia orgánica mejora la retención de humedad y nutrientes, mejora la estructura y reduce la erosión y propensión del suelo a formar capas superficiales duras.

Para aumentar el porcentaje de materia orgánica en el suelo se ha utilizado entre otros, turba, estiércol, aserrín y materia vegetativa descompuesta; sin embargo, es muy importante que la materia orgánica sea descompuesta. La descomposición es efectuada por bacterias que absorben nitrógeno en cantidades relativamente grandes; por lo tanto, el uso de materia no descompuesta puede provocar complicaciones en la nutrición de las plántulas, especialmente por deficiencias de nitrógeno, debido a que el proceso de descomposición de la materia continúa durante el período de producción.

Para descomponer materia orgánica en el vivero, se amontona la materia vegetativa y/o estiércol en capas de 10 a 20 cm alternando con capas de tierra, encima de cada capa de materia vegetativa se puede añadir un fertilizante mineral, especialmente nitrógeno y también cal en polvo. Es necesario que la mezcla se mantenga húmeda y que se evite un drenaje de agua excesiva que lixiviaría los nutrientes. También hay que airear la mezcla cada mes, revolviéndola. A un pH de 7 el proceso de descomposición sucede más rápidamente y cuando el pH es menor, la tasa de descomposición disminuye. Si la materia a descomponer no es leñosa e inerte, se puede producir materia descompuesta dentro de 6 meses. Materia leñosa y otras materias como paja, turba ácida, aserrín y acículas de pino, necesitan más tiempo. Las desventajas con la aplicación de materia orgánica descompuesta se basan en la posibilidad de introducir patógenos y semillas de malezas al vivero, aunque la fumigación de la materia con bromuro de metilo, por ejemplo, reduce estos riesgos. Puede aplicarse alrededor de 40 a 60 toneladas de materia orgánica por hectárea al suelo de un vivero, sin ningún problema, si está bien descompuesta. Evidentemente, es necesario agregar materia descompuesta periódicamente durante los años para mantener el nivel de materia orgánica deseada por razón de la descomposición continua que ocurre en el suelo.

La rotación de cultivos y el uso de abono verde

Otra manera de mantener el nivel de materia orgánica requerido en el suelo del vivero es por medio de la rotación de cultivos. Esto consiste principalmente en alternar la producción de plántulas forestales con otros cultivos. Deben preferirse cosechas de leguminosas que tienen la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo. Las plantas

leguminosas de uso más común como abonos verdes en el trópico son: *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema plumieri*, *C. pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *P. thunbergiana*, *Stizolobium aterrimum* y *S. deeringianum*. Además las leguminosas comestibles tales como *Cajanus cajan*, *Canavalia spp.* y *Phaseolus spp.* también son utilizadas como abonos verdes en América Central.

Se deja desarrollar bien el cultivo pero antes de que produzca semilla y por lo menos dos meses antes de la siembra del pino, se le incorpora en el suelo por medio del arado y rastrillo. De esta manera es posible introducir materia orgánica al suelo con un alto contenido de nitrógeno. Sin embargo, el efecto de una cosecha de este abono verde es solamente reemplazar las pérdidas por descomposición que ocurren durante un período de producción. Un suelo arenoso que contiene 2% de materia orgánica tiene el equivalente de 50 a 60 toneladas de materia orgánica seca por hectárea. Dado que una buena cosecha de abono verde puede incorporar al suelo de 20 a 30 toneladas de materia orgánica fresca, esto representa solamente 5 a 6 toneladas de materia seca. Además, una vez incorporado al suelo, un 50 a 75% puede descomponerse dentro de meses dejando alrededor de uno a dos toneladas de humus por agregar a la reserva del suelo.

Donde sea posible, y donde la disponibilidad del terreno lo permita, se turnan dos cosechas de plántulas forestales con una cosecha de abono verde cada 3 años. En zonas donde la cosecha forestal ocupa menos de 6 meses, se puede incorporar un abono verde cada año. En los viveros de CONARE en Venezuela, se produce una cosecha de Pino caribe a raíz desnuda en un año, seguido por dos años de producción de abono verde de frijol en un suelo que contiene 85 a 95% de arena y 0.5% de materia orgánica. Otra práctica es dejar una parte del vivero en barbecho todos los años y rotar ésta con la cosecha forestal. El terreno en barbecho debe ser cultivado periódicamente para eliminar las malezas antes de que éstas produzcan semillas maduras.

3.1.2.6.2. Modificaciones del pH

Cambiar el pH de un suelo es muy complicado y sumamente difícil, por otra parte, es mucho más problemático bajarlo que aumentarlo. La aplicación continua de fertilizantes en forma de nitratos por varios años suele aumentar el pH, en cambio, la

aplicación en forma de sulfato suelo bajarlo; por ejemplo, la aplicación de 200 kg de sulfato de amonio a un suelo arenoso puede reducir el pH en 0.5 dentro de un año. Por otra parte, la aplicación de nitrógeno a través del fertilizante nitrato de amonio no cambia la acidez del suelo porque es neutro.

Cuando el vivero tiene un suelo con pH inferior a 4.5 a 5.0, es necesario aumentarlo. Los químicos de uso más común para esto son la piedra caliza molida (CaCO_3) y piedra dolomita molida ($\text{Ca, Mg (CO}_3)_2$), los cuales tienen más o menos el mismo efecto en la neutralización del suelo. La cal apagada (Ca(OH)_2) y la cal viva (CaO) son más eficientes y más rápidos, pero la cal viva es difícil de aplicar. La efectividad de estos materiales en la neutralización depende del tamaño de sus partículas; cuanto más finas son, más efectiva es su aplicación, y la malla debería ser menos que el número 8 (tamaño de partícula 2 mm) y preferiblemente menos que el número 18 (tamaño de partícula 850 micrones).

Para aumentar el pH del suelo en el vivero se acostumbra incorporar entre 1 000 y 3 500 kg/ha de piedra caliza o piedra dolomita. Una regla general en los suelos canadienses es incorporar 112 a 170 kg/ha de piedra caliza para aumentar el pH en 0.1, cuando el pH original del suelo es entre 5 y 7.

Cuando el pH es superior a 6 pero menos de 7.5 se recomienda la incorporación de 560 kg/ha de azufre molido para reducción del pH en 0.5. Para reducir el pH, se recomienda la aplicación del ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) a razón de 2 000 a 4 000 litros/ha, diluido en una solución al 2% de volumen y el de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) o sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) a razón de 750 a 1 500 kg/ha.

Cuando se requiere cambiar el pH de un suelo, es menester incorporar el químico al suelo por medio de un arado por lo menos 3 a 6 meses antes de la siembra del pino. A pesar de todo lo anterior no se recomienda que un viverista intente modificar el pH de un suelo sin la asesoría de un especialista de suelos y un previo análisis completo del suelo. El químico y la dosis a emplear dependen completamente de la textura del suelo, el pH original, el pH deseado y las condiciones climáticas de la zona.

3.1.2.7. Construcción de bancales

Por lo general, son de 1 a 1.4 m de ancho y 15 a 20 cm sobre el nivel de los caminos entre bancales. Estos caminos tienen un ancho de 40 a 70 cm. La longitud del bancal varía entre 20 y 300 m dependiendo del tamaño y forma del vivero. Se prefiere los bancales largos especialmente en viveros mecanizados porque se reducen al mínimo las vueltas del tractor durante las diferentes labores y también se reducen las pérdidas de terreno ocupado con caminos. Por otra parte, en viveros no mecanizados los bancales son de 20 a 50 m de largo por la conveniencia y economía del movimiento de personal.

Los bancales se puede hacer a mano o con un tractor y una máquina diseñada para tal función. Cuando se trata de un vivero mecanizado el ancho del bancal puede llegar hasta 1.4 m y está determinado por la maquinaria y el tractor, igual que las calles entre bancales. Se inicia la formación manual de los bancales marcando las esquinas de cada bancal con una estaca y delimitando los bancales mediante cuerdas entre las estacas, luego se traslada la tierra de las calles a los bancales, de esta manera el nivel del bancal sube y el de la calle baja hasta el desnivel deseado. Posteriormente, la tierra en los bancales es removida con palas y rastrillos, hasta que todos los terrones sean deshechos. El bancal deberá quedar plano, sin depresiones donde el agua puede estancarse, y completamente desmenuzable.

En zonas donde las lluvias caen durante o al final del período de producción, los bancales y especialmente sus márgenes pueden sufrir una erosión seria. Si esta erosión resulta en la pérdida de plántulas entonces los bancales deben ser forrados. Unos revestimientos prácticos y baratos son los desperdicios de un aserradero, madera rústica y aún los restos de un raleo no comercial. Se mantiene el revestimiento al lado de los bancales con estacas rústicas. Tal revestimiento no es factible en un vivero mecanizado. En caso de que el riego por aspersión provoque la erosión, la respuesta queda en una revisión del funcionamiento y manejo del sistema de riego y no en el revestimiento de los bancales.

3.1.2.8. La siembra

La producción de plántulas a raíz desnuda generalmente implica la siembra directa de los bancales en el área de crecimiento. Ocasionalmente, con semillas de baja viabilidad se producen plántulas en un semillero y luego se transfieren a los bancales. La siembra puede ser efectuada a mano o en forma mecanizada, pero casi siempre se siembra la semilla en líneas paralelas a la longitud del bancal. Esta es la única manera de sembrar en un vivero mecanizado, y en viveros manuales, facilita la realización de las operaciones tales como la poda de raíz y deshierbe, además permite un fácil control de densidad.

Generalmente se siembran más semillas de lo necesario y poco después de haber terminado la germinación se efectúa un raleo para dejar las plántulas en su espaciamiento deseado. Evidentemente la densidad está también controlada por la distancia entre surcos en el bancal, además de las variables indicadas en el cálculo de la semilla a sembrar.

Se controla la densidad de siembra a mano colocando el número de semillas indicado por metro lineal. Es ventajoso marcar el bancal cada metro o dos metros para los sembradores. Conviene confeccionar un pequeño recipiente (por ejemplo de bambú) en el que cabe el número de semillas deseado por uno o dos metros lineales de surco, de esta manera, el sembrador aprende rápidamente a sembrar en la densidad deseada. Cuando se transplanta las plántulas de un semillero a un bancal la densidad se determina por la distancia entre trasplantes. En Venezuela, estiman que de un kg bruto de semilla de Pino caribe obtienen una cosecha efectiva de 21 300 plantas.

En la siembra mecanizada se utiliza una máquina sembradora tirada por un tractor agrícola. La máquina sembradora prepara los surcos, deposita la semilla y la cubre con el mismo suelo de bancal. Algunos tipos de máquinas no cubren la semilla dejando tal operación a otra máquina. Estas últimas lo hacen con grava o arena y compactando los bancales con un rodillo. Solamente en los viveros grandes (de varios millones de plántulas) se justifica la inversión necesaria para la compra de estas máquinas. Por ejemplo, en Venezuela, la sembradora de neumáticos "Agro Forest Technik" de fabricación Austriaca, se ajusta de manera que la densidad final sea

aproximadamente de 110 plantas por metro cuadrado, con una profundidad de siembra no mayor a un centímetro, ocho hileras con separación de 15 cm y un distanciamiento de 6 cm entre semillas (Figura 22).

Existen varias herramientas para preparar los surcos manualmente y son fáciles de fabricar. La tabla surcadora (Figura 23), tiene un ancho igual o ligeramente menor al ancho del bancal. En una de sus caras tiene una serie de listones de forma triangular (cuña) o rectangular, distanciados a 15 cm entre sí. Cuando la tabla se coloca sobre el suelo aproximándola suficientemente, los listones marcan los surcos de siembra, luego se levanta la surcadora y se repite la operación a lo largo del bancal, haciendo coincidir los surcos.

Otra herramienta usada es el rodillo estriado. Este consta de un rodillo de ancho similar a la tabla surcadora, en el cual van adosados los listones. Dos personas uno a cada lado del bancal, tiran del rodillo a lo largo del bancal haciendo los surcos. El rodillo, de madera o concreto, debe pesar lo suficiente para cavar surcos de la profundidad deseada. Esta profundidad se determina por medio del tamaño de los listones. Los surcos también pueden ser hechos con rastrillos o simplemente con una regla y cualquier objeto punzante.

3.1.2.9. La necesidad de sombra en los bancales

Por lo general, con la siembra directa de la semillas es demasiado costoso proveer sombra para toda el área del vivero bajo germinación. Además, la necesidad de riego frecuente durante la germinación, requiere la remoción de la sombra cada vez que ésta se efectúe, o la provisión de una sombra alta.

Con los pinos se utiliza una capa de acículas frescas de pino, la cual se remueve al momento de máxima germinación. También se puede mantener la capa sobre el bancal y eventualmente incorporarla al suelo; sin embargo, en este caso habrá que utilizar una materia bien desmenuzada y descompuesta y considerarla como una herramienta en el manejo general del suelo.

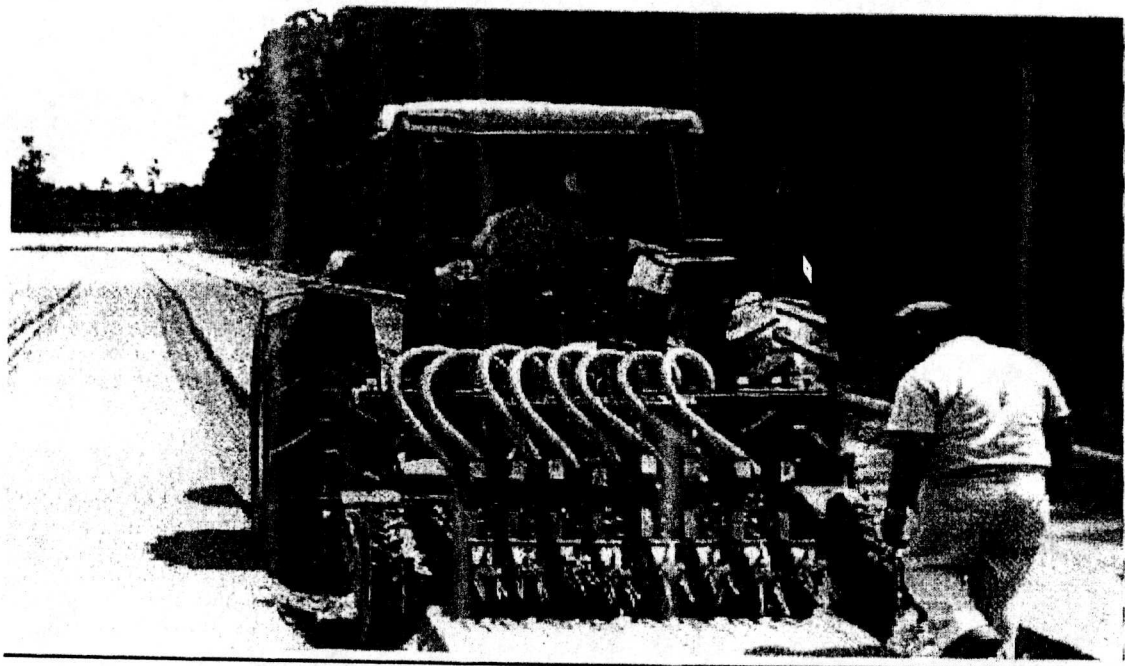


Figura 22. La siembra directa mecanizada de la semilla de Pino caribe, es la técnica corrientemente utilizada en los viveros de CVG-PROFORCA (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).

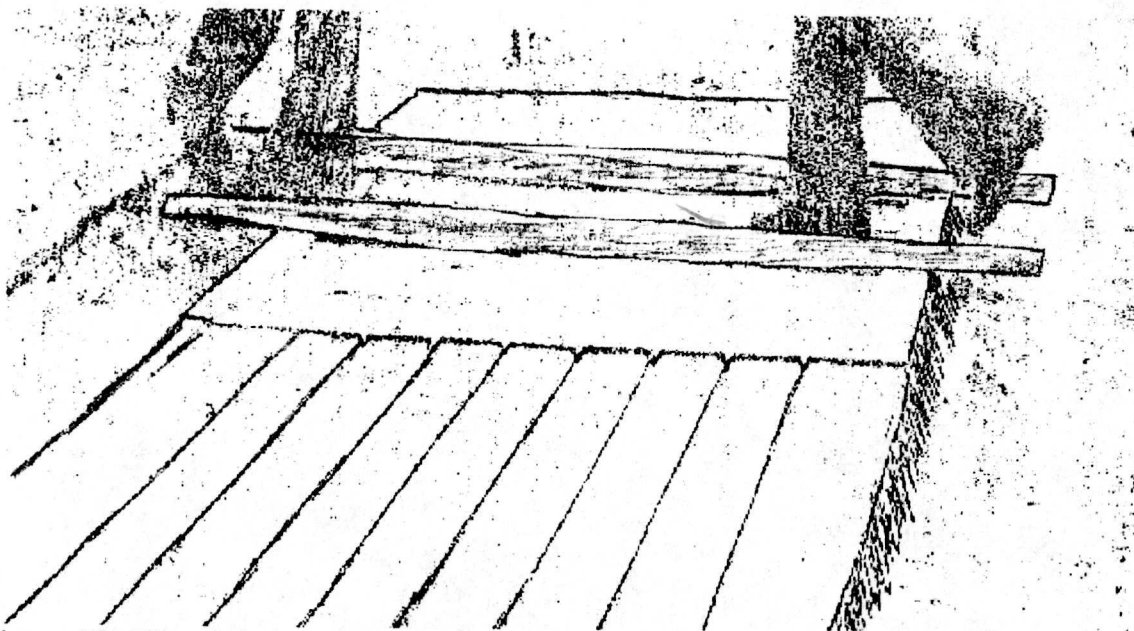


Figura 23. El uso de la tabla surcadora para la siembra directa y manual en el bancal (Tomado de Napier, 1985).

3.1.2.10. Poda de raíz

La poda de raíz, tanto vertical como horizontal, es un tratamiento esencial en la producción de plantas a raíz desnuda. Debe realizarse un mínimo de 3 podas verticales en el tercero, quinto y séptimo mes de sembrado y dos podas horizontales en el cuarto y quinto mes. En Venezuela, además de estas podas, se realiza una remoción del suelo ocho días antes de la extracción de las plantas.

Evidentemente, si se quiere tener éxito con plántulas a raíz desnuda, es necesario producir una plántula que resista con poco o sin daño, la alteración fisiológica ocurrida al plantarla, para que empiece su crecimiento poco después de ser plantada.

La poda de la raíz reduce el crecimiento en altura y diámetro, y el peso seco de las plántulas. Adicionalmente, la técnica mejora la relación raíz/tallo, modifica la forma del sistema radicular, la lignificación del tallo, incrementa el número de plántulas útiles por unidad de área y mejora significativamente la sobrevivencia de las plántulas. La poda mecánica en la base de la raíz aumenta la fibrosidad de la raíz. En varias especies, la poda lateral de raíces también aumenta la fibrosidad de las mismas y con ello aumenta la capacidad de absorber humedad y nutrientes.

Otros cambios son: reducción del diámetro del tallo al nivel del cuello, mejorando la capacidad de absorción de agua, reducción en el peso seco de los tallos y de las raíces.

Se ha observado, por ejemplo, que la poda de raíz ocasionaba la producción de follaje clorótico, como consecuencia de niveles sub-óptimos de nitrógeno y fósforo; sin embargo, esto no dificultó la sobrevivencia de estas plántulas a dos años y medio de plantar. Así mismo existe evidencia de que la transpiración de plántulas podadas después de plantarse era mayor que la de plántulas no podadas, principalmente debido a las diferencias en el sistema radicular.

Los resultados con Pino caribe en Australia, reflejan las siguientes tasas de sobrevivencia en la plantación: plántulas en bolsas casi 100%, plántulas podadas a raíz desnuda, 80 a 94%, y plántulas no podadas a raíz desnuda, 12 a 34%. La sobrevivencia

aumentó con un mayor número de podas, y es más importante el número de podas que el intervalo de tiempo entre las poda.

Métodos de podas

La poda puede ser efectuada mecánicamente, lo que normalmente tiene más efecto sobre las plántulas, o a mano utilizando palas, alambre u otra herramienta. Para hacer la poda manual con pala, se requiere que se produzca las plántulas a una distancia de 15 cm entre surcos. Se introduce la pala plana bien afilada (Figura 24) de 5 a 8 cm del surco en un ángulo tal que corte la raíz principal a la profundidad deseada, normalmente a los 15 cm. Además de podar la raíz principal esto también poda las raíces laterales de un lado del sistema radicular. Para producir un sistema radicular equilibrado es necesario repetir la operación del otro lado del surco al mismo tiempo, o realizar la próxima poda de este lado. Se intensifica la poda si después de introducir la pala se levanta unos 6 cm con suelo y plántula. El efecto de eso es quebrar aún más las raíces y airear el suelo.

Antes de empezar la poda, el bancal deberá ser regado; sin embargo, un suelo muy húmedo, especialmente uno arcilloso, dificulta la operación porque el suelo se pega a la pala al sacarla. Esto deja huecos bajo las plántulas dentro de los cuales caen las mismas. Al terminar la operación, es importante asegurar que las plántulas queden rectas, si no empiezan a crecer deformadas. Para obtener un máximo beneficio de la poda, debería empezar poco después del momento en que las raíces alcanzan la profundidad deseada. Al retrasar el comienzo de la poda, las plántulas se ponen más suculentas y pueden sufrir tanta alteración que mueren. Efectuar la poda a medio día o en un día de pleno sol, altera las plántulas más que cuando se hace muy en la tarde o en un día nublado. También regarlas inmediatamente después de la poda, reduce la alteración.

Otro método de realizar la poda manualmente es con un alambre de un piano estirado dentro de un marco fabricado especialmente con tubos de metal.

El alambre se introduce bajo el bancal a la profundidad deseada para la poda. Con dos personas a cada lado del bancal se arrastra el alambre a lo largo del mismo, cortando así las raíces. La poda con alambre exige el uso de bancales elevados y a

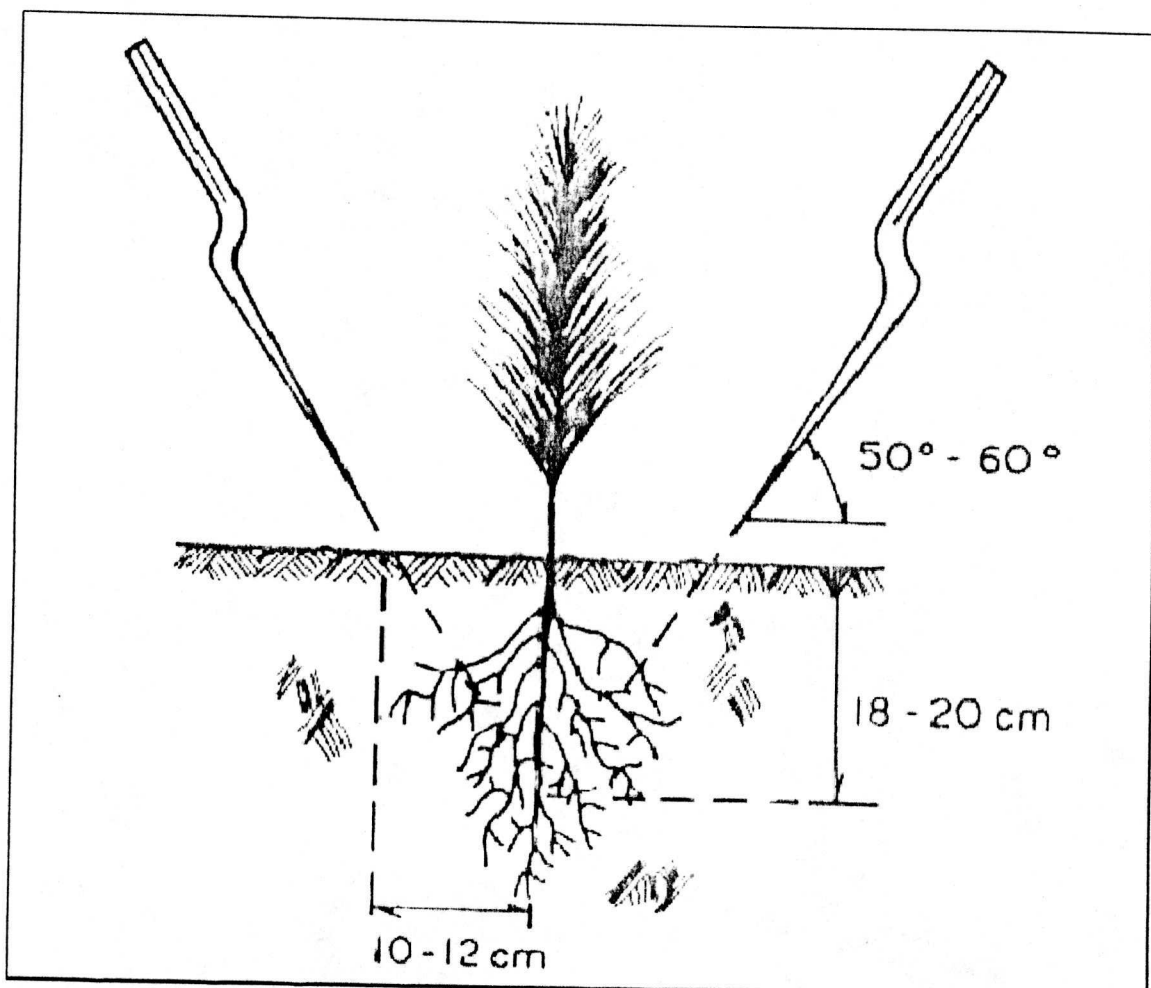


Figura 24. Poda radical de Pino caribe con pala en vivero (Tomado de Galloway y Borgo, 1983).

menudo es necesario revestir los dos lados del bancal para que actúe como una guía y mantenga el alambre al nivel deseado. Un tubo (de aluminio) del sistema de riego es adecuado para eso. Es también factible halar el alambre sin estirarlo en un marco, con dos personas una en cada lado del bancal. Moviéndolo en forma similar a aquella usada con un serrucho. El revestimiento es siempre necesario con este método y aún con bancales no más anchos que un metro es difícil controlar la profundidad de la poda. El alambre de piano es casi el único tipo de alambre con la fuerza y tensión necesaria para efectuar este trabajo sin romperse continuamente.

La gran desventaja de la poda con alambre es que no se podan las raíces laterales eficientemente y es necesario recurrir a la pala, machete o cuchillo para eso; en cambio, ocupa mucho menos mano de obra y controla la profundidad de la poda con más precisión.

En la poda horizontal mecanizada, la máquina consiste en un filo horizontal en un marco que oscila mientras un tractor agrícola hala la máquina lentamente a lo largo del bancal. Otra máquina con discos verticales (parecido a un rastreador) efectúa la poda vertical. Se justifica la compra de estas máquinas solamente en viveros muy grandes pero realizan una poda más eficiente y efectiva que aquella efectuada manualmente. En Venezuela, se efectúan dos podas radicales horizontales, la primera en febrero, cuando las plántulas tienen 4 meses, en un determinado sentido o dirección, a lo largo del bancal, y la segunda poda en abril, en sentido contrario de la primera. Finalmente, con la cuchilla de poda inferior, efectúan una remoción del suelo a 15 cm de profundidad, con ocho días de anticipación al arrancado de las plantas. Las tres podas verticales se efectúan en enero, marzo y mayo, a una profundidad de 20 centímetros. En la Figura 25 se observan los equipos mas usados para la poda de raíces en un viveros de Pino caribe a raíz desnuda.

3.1.2.11. Poda aérea

La poda aérea consiste en el corte del ápice de las plantas, para uniformizar la altura de 25 a 30 cm. Esta operación se recomienda realizar de 8 a 15 días antes de la fecha de plantación en el campo.

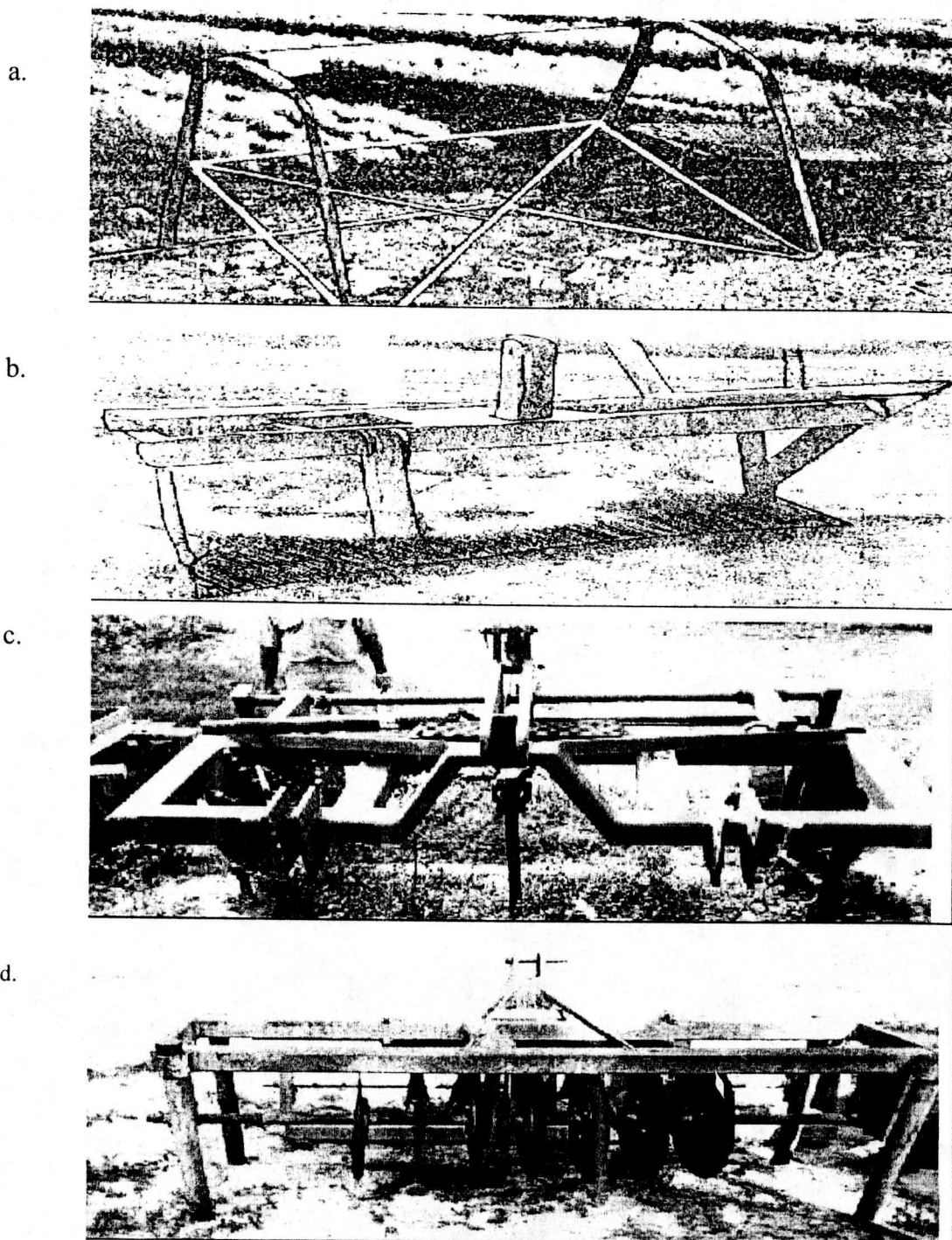


Figura 25. Equipos mas utilizados en la poda de raíz de plantas producidas a raíz desnuda. En **a**, se muestra la estructura invertida que sostiene la cuerda de piano; en **b** y **c**, se muestran dos tipos de podadoras mecánicas horizontales; y en **d**, se muestra una podadora mecánica vertical (**a** y **b**, tomadas de Napier, 1985; **c** y **d** tomadas por Perera, 2001).

3.1.2.12. Acondicionamiento de plantas producidas a raíz desnuda

Se refiere a la preparación de las plántulas, especialmente hacia el final del período de producción, para que puedan resistir el cambio brusco de condiciones que ocurre al transferir las plántulas del vivero al sitio de plantación. El endurecimiento consiste en las siguientes medidas:

- a) Quitar la sombra, lo que debe hacerse lo más temprano posible durante la producción.
- b) Reducir la frecuencia del riego.
- c) Intensificar la poda de raíz.
- d) Suspender la fertilización a los 5 meses de edad, para desacelerar el crecimiento y adquirir lignificación y endurecimiento.
- e) Efectuar una poda del tallo a la altura deseada para la plantación. Se realiza una o dos semanas antes de la plantación de manera que la plántula se recupere y ya tenga los brotes nuevos al plantarla.

En muchos países, las plántulas se acondicionan al reducir progresivamente el riego durante el período de producción. En Honduras y países con condiciones ambientales similares como Nicaragua, esto no es posible porque el final del periodo de producción coincide con el comienzo de las lluvias, donde las plántulas comienzan a tener un crecimiento rápido y a volverse suculentas; es en esta estación que el viverista quiere controlar el crecimiento con el fin de lograr mayor rusticidad. El crecimiento de las plántulas es muy rápido bajo las temperaturas altas que prevalecen durante el periodo de producción, cinco meses después de la siembra las mismas alcanzan alturas de 20-30cm. Estas no necesariamente tienen tallos robustos y lignificados y a menudo son plántulas demasiadas verdes y suculentas. Se sugiere alargar el periodo de producción de seis a siete meses, al mismo tiempo debe controlarse el crecimiento en altura con la poda de raíz. De esta manera, la plántula tendrá más tiempo para desarrollar un tallo más robusto y lignificado y un sistema radicular más abundante y fibroso sin producir excesivo crecimiento en altura y suculencia.

3.1.2.13. Extracción de las plántulas

Las plántulas se extraen con una pala u horquilla, introduciéndola al suelo bajo las raíces y levantando las plántulas con suelo todavía pegado a las raíces. Luego se agarran por sus tallos sacudiéndolas para quitar el suelo de las raíces y se colocan bajo sombra con las raíces sumergidas en agua o en un material húmedo como musgo. Es necesario regar un día antes para tener el suelo húmedo pero no tanto para que se forme barro. Es preferible extraer las plántulas durante las horas frescas de la mañana y en lo posible en tiempo nublado sin vientos, con el fin de reducir los efectos de la deshidratación que ocurre al extraer las plántulas; además, no deben ser sometidas a los rayos directos del sol ni de vientos. Después de la extracción y clasificación son colocadas en envases con material húmedo y transportadas inmediatamente al área de plantación. La extracción también puede ser realizada parcialmente mecanizada aflojando las plántulas con el podador de raíces (Figura 26).

3.1.2.14. Clasificación de las plántulas

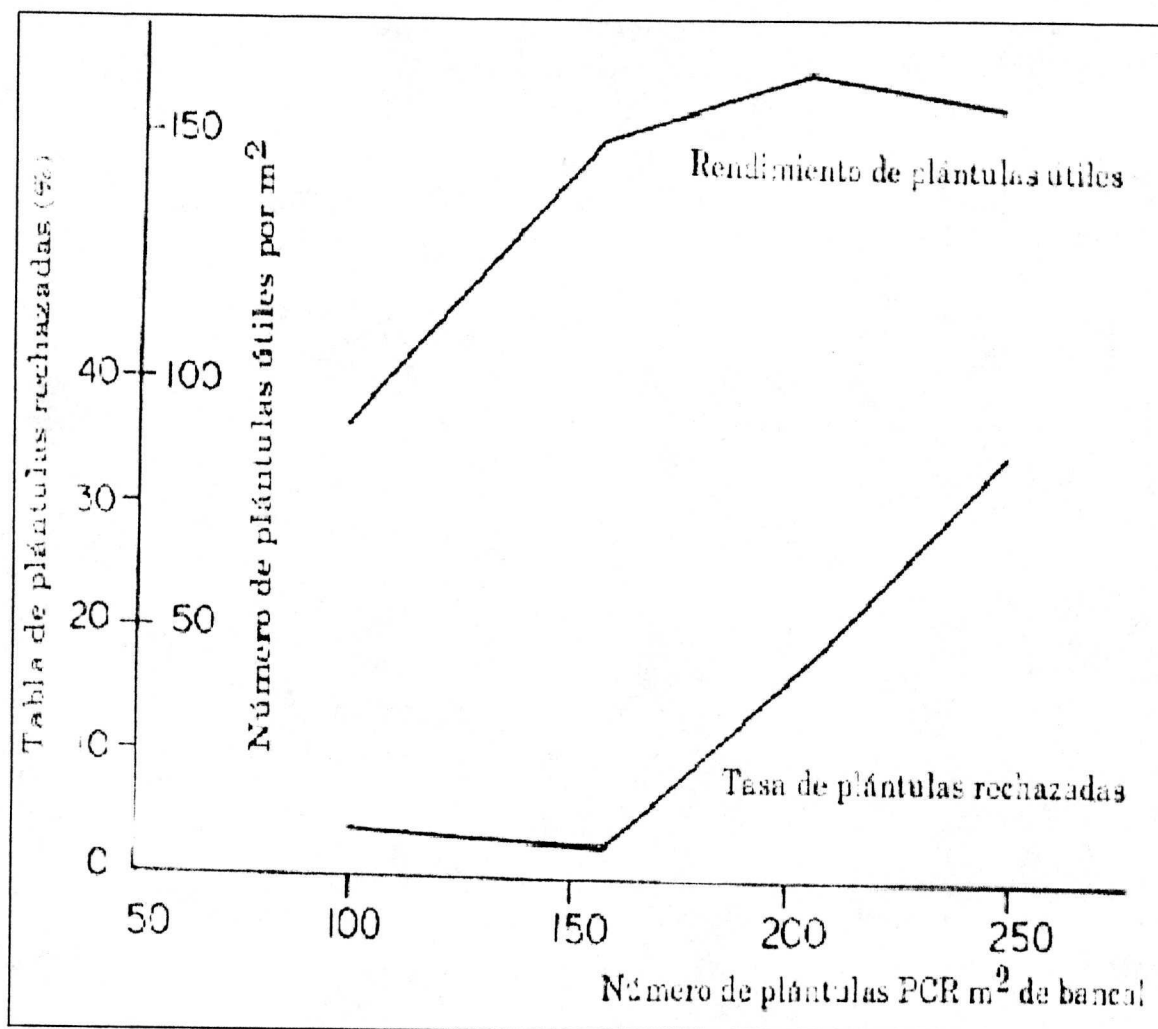
La clasificación es el proceso durante el cual se examina cada plántula individualmente y se seleccionan según las que sean aptas para plantarse o no. Las plántulas a raíz desnuda deben ser clasificadas durante e inmediatamente después de su extracción donde son clasificadas y embaladas rápidamente. Además, este es el momento cuando se podan las raíces que están demasiado largas y las raíces dañadas a causa de la extracción. Generalmente se prefiere tener sistema radicular de 10 a 15 cm de longitud; sistemas más largos son difíciles de plantar sin deformaciones. Se realiza la poda con un cuchillo bien afilado sobre una tabla de madera. Se minimiza la alteración de las plántulas si se manejan bajo sombra, protegidas del viento y las raíces de las plántulas mantenidas húmedas. En la Figura 27, se presenta una muestra de plantas rechazadas en función de la densidad de siembra.

3.1.2.15. Embalaje de plántulas a raíz desnuda

Es menester reducir el tiempo desde la extracción hasta la plantación a menos de 24 horas y donde sea posible a menos de 12 horas y minimizar el tiempo



Figura 26. Extracción, clasificación, impregnado en agua con arcilla y empaquetado en cajas de plantas de Pino caribe, para el transporte al campo (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).



PCR m² = Plantadas por metro cuadrado.

Tabla = tasa.

Figura 27. Muestra de plántulas rechazadas de Pino caribe y rendimiento de plantas con referencia a la densidad en el bancal (Tomado de Shea y Armstrong, 1978).

durante el cual las raíces están expuestas directamente al sol y viento, lo que debería ser medido en segundos en vez de minutos. Las plantas, después de arrancarlas, se agrupan en manojos de 10 unidades, y posteriormente, las raíces deben ser bañadas en una mezcla de 1 kg de arcilla en un litro de agua antes de envolverlas en la tela revestida, evitando envolver el follaje. Otro método es transportar las plántulas con sus raíces impregnadas en la mezcla ya descrita, y depositadas en cajas de plástico duro (Figura 26).

Después de la clasificación las plántulas son contadas y embaladas en sacos de cabuya o nylon, tela de yute (húmeda) que se ha revestido con aserrín, musgo, cascarilla de arroz, virutas, fibra de coco o paja húmeda. Por lo general se embalan plántulas en grupos de 100 a 200 dependiendo de su tamaño.

El uso de un baño de lodo de las raíces requiere cuidado, ya que estos líquidos se calientan fácilmente en el sol, con consecuencias graves para las plántulas. Siempre deben ser mantenidos en la sombra igual que las plántulas en todas las fases de su manipulación. El uso de una lona o cubierta de hojas para dar sombra durante el transporte y cuando llegan al sitio de plantación logran mantener las temperaturas a niveles moderados.

3.2. Desinfección del sustrato

3.2.1. Con bromuro de metilo

Para almácigos grandes, se puede utilizar una motoconformadora para lograr un mezclado uniforme del sustrato, posteriormente se cubre con plástico, se sella perfectamente en los bordes y se introducen botes de bromuro de metilo, utilizando 460 gr por cada dos metros cúbicos de sustrato si está amontonado, o 690 gr por cuatro metros cúbicos de sustratos, si éste se extiende con un espesor máximo de 30 cm. Después de 4 ó 5 días de aplicación del biocida, se destapa y se deja en reposo durante 72 horas, por último se remueve para que se escapen los residuos de gas y no afecten al personal que los maneja.

3.2.2. Con formalina

Se recomienda el uso de formalina en los semilleros por ser efectivo, sencillo y económico aplicado en superficies reducidas. La formalina, es un producto que contiene 37% del químico formaldehído. Se prepara una mezcla de un litro de formalina en 15 litros de agua y se aplica con regadera, 5 litros por m². Inmediatamente después, se cubre el semillero con polietileno o tela húmeda de yute durante 48 horas; luego, se quita la cobertura y se revuelve el sustrato periódicamente con una pala u otro implemento durante una semana o hasta que el olor de la formalina desaparezca.

3.2.3. Con vapor de agua

Un método práctico y sencillo es transformar un barril de 55 galones (200 litros) de capacidad en un esterilizador (Figura 28). Para construirlo, siga los siguientes pasos:

- a. Remover la tapa superior del barril y perforar en esta pieza varios agujeros de 1.0 a 1.5 cm de diámetro.
- b. Soldar la lámina perforada en la pared interior del barril, teniendo cuidado que quede soldado a unos 30 cm más arriba del borde de la base. Como medida de seguridad, es aconsejable soldar dos barras de acero colocadas transversalmente (en ángulo recto) por debajo de la lámina, para evitar que el peso del sustrato resquebraje la unión soldada.
- c. Colocar en sentido vertical a la pared interna del barril, un tubo metálico con diámetro de 2.5 cm. Se debe tener la precaución de que este tubo pase por uno de los agujeros de la lámina perforada, y que la longitud del mismo se extienda a lo largo del barril dejando un espacio de 5 cm en cada uno de los extremos. Luego se debe soldar el tubo a la lámina perforada, usando dos soportes metálicos para mantener fija la posición del tubo.
- d. Finalmente, se debe preparar un tapón de madera para cerrar el tubo, y una tapa de metal para cubrir el barril.

En el proceso de esterilización, se debe colocar el barril en soportes de ladrillos o rocas dejando el espacio necesario para poner fuego por debajo del barril; luego, se rellena con agua la base inferior del barril mediante el tubo metálico, teniendo el cuidado de que el nivel del agua no llegue hasta la lámina perforada. Antes del relleno con agua, el barril deberá forrarse internamente con una tela de yute y después relleno con

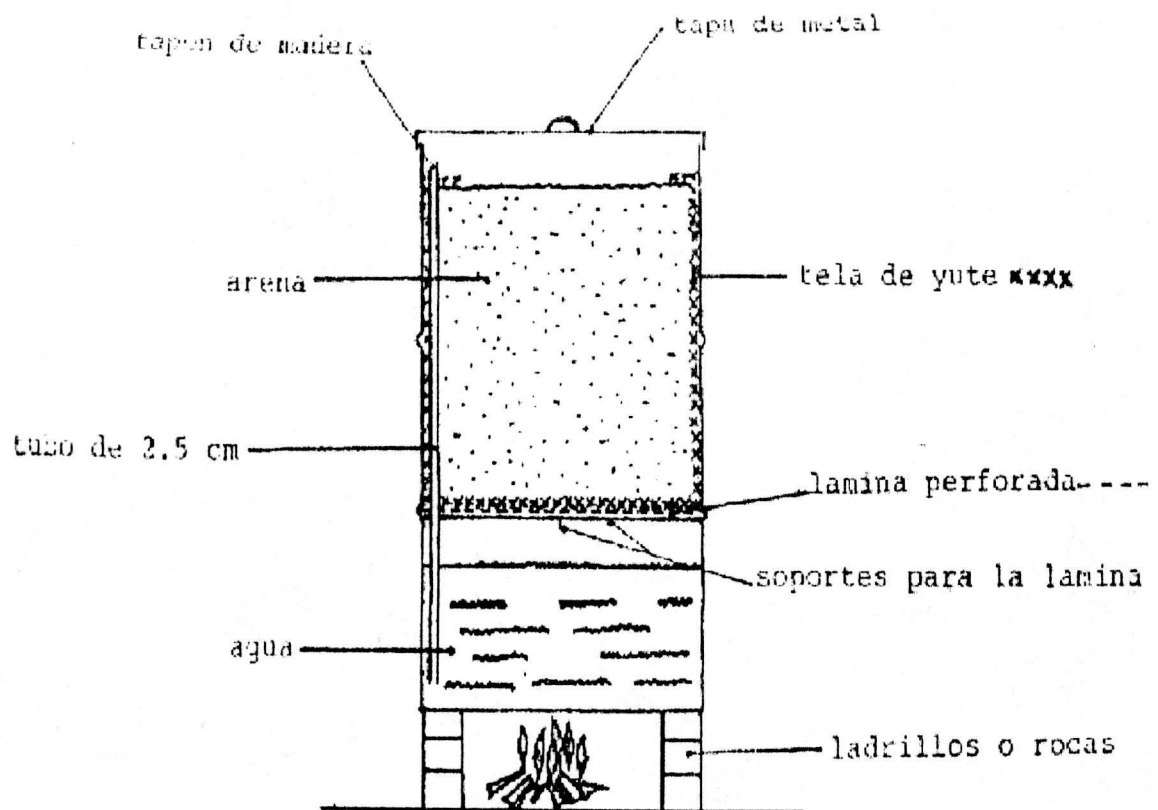


Figura 28. Barril trasformado en aparato esterilizador de sustratos mediante vapor de agua (Tomado de Napier, 1985).

el sustrato a ser esterilizado. Esta tela evitará que el sustrato atraviese por los agujeros de la lámina perforada, asimismo, facilitará la esterilización del sustrato mediante el paso del vapor por los agujeros una vez que se haya aplicado el fuego por la parte inferior del barril; también, es importante tapar el tubo para evitar el escape directo del vapor, así como también cubrir el barril para conservar el calor.

La aplicación del fuego se deberá hacer una media hora más después de que se haya comprobado que la parte superior del barril está muy caliente (más o menos 80°C de temperatura). Como medida de seguridad, siempre que se considere necesario, se deberá agregar agua al barril durante la operación. En todo caso no se deberá permitir que la parte inferior del barril quede sin agua durante la aplicación del fuego.

3.2.4 Por solarización

Consiste en hacer una cama o camellón de 30 cm de sustrato, cubrirlo con un polietileno negro calibre 400 y dejarlo por un mínimo de cinco días a los rayos directos del sol para que la temperatura se eleve hasta 40 a 50°C. Para mejorar este método, se puede aplicar caldo bordelés en proporción de un kg de sulfato de cobre y un kg de cal viva (óxido de calcio) en 100 litros de agua.

3.3. Micorrizas

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. 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.

Los beneficios que obtienen las plantas de las ectomicorrizas son:

- 1) Incrementan la superficie de absorción de agua y nutrientes.
- 2) Son capaces de absorber y acumular nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en el manto fúngico.
- 3) Las plantas adquieren resistencia a factores extremos del suelo como sequía, altas temperaturas, toxinas y pH.
- 4) Brindan protección contra el ataque de patógenos.

- 5) A su vez, los hongos micorrízicos reciben carbohidratos simples, aminoácidos, vitaminas y otras sustancias necesarias para su desarrollo.

3.3.1. Factores que afectan el desarrollo de las micorrizas

Los factores que afectan el desarrollo del hongo simbiote son los extremos de pH, de humedad, de temperatura, presencia de nitrógeno libre y organismos antagónicos.

La elevada intensidad de la luz y la fertilidad del suelo de baja a moderada, favorecen el desarrollo de las micorrizas; las condiciones opuestas pueden reducir, o incluso impedir, dicho desarrollo. Los suelos con un pH ácido (5 ± 1) proporcionan el mejor medio para el desarrollo ectomicorrízico.

En suelos arcillosos y con poca materia orgánica, casi no se encuentran hongos, sin embargo, en suelos francos, con bastante materia orgánica, es donde se puede coleccionar con mayor frecuencia.

3.3.2. Especies de micorrizas asociadas

Los géneros típicos de hongos que establecen simbiosis del tipo ectomicorrízico con los pinos de zonas tropicales son: *Pisolithus*, *Thelephora*, *Boletus*, *Coltricia*, *Gyroporus*, *Hebeloma*, *Lycoperdon*, *Rizopogon*, *Scleroderma*, *Suillus*, *Amanita* y *Tylopirus*. También se ha encontrado como micorrizante a *Russula emetica* y *Cenococcum graniforme* que, siendo típicos de zonas templadas, se les encontró comportándose como micorrizantes de pinos en Costa Rica.

En climas más secos en donde las temperaturas del suelo se elevan mucho y hay una larga temporada seca, el desarrollo de una adecuada población de micorriza en el suelo ha sido más lenta y más difícil. Se ha sugerido que el *Cenococcum graniforme* podría ser más apropiado que otros en suelos secos. Por ejemplo, en Sri Lanka, la micorriza formada por *Boletus granulatus* en viveros de colinas, se secó en las planicies calurosas y una especie de *Cenococcum* se aisló del 10% de las raíces.

En Pino caribe, los hongos ectomicorrízicos utilizados en Venezuela son *Pisolithus tinctorius* y *Thelephora terrestris*. *Pisolithus tinctorius* se utiliza por su alta adaptabilidad a la sequía y su agresividad como competidor con otros hongos. En plantaciones de Uganda, *Suillus granulatus* y *Boletus spp.* parecen ser los hongos

simbiontes más significativos. En las Figuras 29, 30, 31 y 32 se presentan las imágenes de los principales hongos micorrízicos de Pino caribe, y una raíz: bien micorrizada.

En México, se efectuó una evaluación micorrízica y su relación con el crecimiento en plantaciones de Pino caribe en La Sabana, Oaxaca, y se encontró que especies como *Pisolithus tinctorius*, *Cenococcum graniforme* y *Boletus sp.* son las especies que posiblemente están asociados con los tipos encontrados.

En Puerto Rico, el hongo *Suillus cothurnatus* se desarrolló solo cerca del punto de inoculación; *Rhizopogon roseolus* se extendió a mayor grado y *Corticium bicolor* fue un formador muy vigoroso de micorriza, proporcionando las plantas más grandes después de 43 semanas a partir de la germinación. El *Cenococcum graniforme* falló totalmente en colonizar las raíces de Pino caribe y *Thelephora terrestris* formó esporoforos o cuerpos fructífero más normalmente que cualquier otro hongo.

3.3.3. Métodos de inoculación

Hay varias maneras de inocular el suelo de un vivero con los hongos micorrízicos. Lo más sencillo es mezclar suelo ya inoculado con el suelo del vivero. Se puede obtener el suelo inoculado de un bosque de la misma especie, pero donde es necesario inocular el suelo de cada producción, como es el caso a veces con la producción en envases, es conveniente producir el suelo inoculado en el vivero mismo. Para eso, se amontona parte del suelo a usarse en el sustrato en alguna parte del vivero y se planta en densidades altas, plántulas de las especies cuyas raíces ya están inoculadas, a los 6 meses se puede considerar que las micorrizas de las raíces han penetrado todo el suelo. Luego se utiliza este suelo en cantidad de alrededor de 10% por volumen como parte del sustrato para el llenado de envases. Para la producción a raíz desnuda, otro método es trasplantar algunas plántulas ya infectadas dentro del bancal a sembrarse. También, se mantienen cultivos puros de hongos en laboratorios para la inoculación posterior del sustrato o de los bancales. Está claro que este método facilita la inoculación con una especie de hongo determinado y especialmente apropiado a la especie de árboles y las condiciones de crecimiento en esta área de introducción.



Figura 29. El hongo ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).



Figura 30. El hongo ectomicorrízico *Thelephora sp* (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).



Figura 31. El hongo ectomicorrízico *Boletus status* (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).

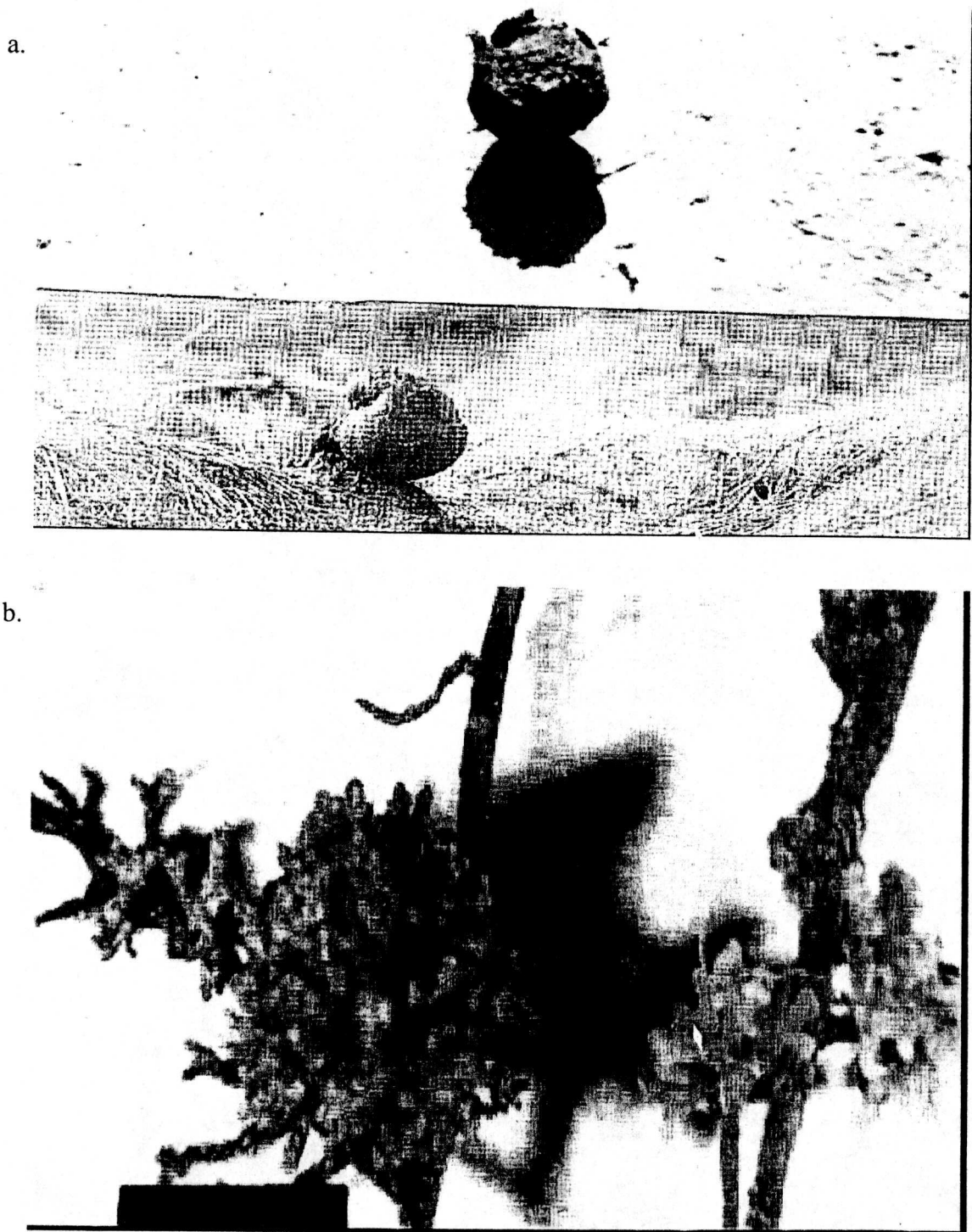


Figura 32. a. *Pisolithus tinctorius* en los campos de CVG-PROFORCA, Venezuela. b. Raíces laterales de Pino caribe colonizadas por el hongo *Pisolithus tinctorius* (Tomado de CVG-PROFORCA, 1992).

3.3.3.1. Con tierra de plantaciones o viveros

Las ventajas de la utilización de suelo colectado en áreas de pino son:

- 1) Se pueden extraer grandes volúmenes de suelo con un alto contenido de hongos simbios.
- 2) Resulta económico cuando se extrae de áreas cercanas a los lugares de utilización.
- 3) El manejo para lograr la inoculación es muy sencillo.
- 4) Se asegura la inoculación logrando un alto porcentaje de micorrización.

Las desventajas de utilizar suelo colectado en áreas de desarrollo de pino son:

- 1) En la inoculación pueden presentarse hongos fitopatógenos.
- 2) Los hongos micorrízicos presentes en el suelo colectado no siempre son afines a la especie a inocular.
- 3) Resulta costoso cuando el lugar de colecta se encuentra distante del lugar de utilización.
- 4) Hay degradación del suelo del lugar de extracción.
- 5) Cuando el suelo inóculo se trasporta a grandes distancias, debe estar a la misma humedad del suelo, y efectuarse en menos de dos semanas.

El volumen del suelo-inóculo es, generalmente, una desventaja debido a que su obtención se dificulta, por lo que se recomienda una utilización mínima indispensable, un diez por ciento es efectivo. El inóculo debe distribuirse de 0.5 a 1.0 centímetros de profundidad alrededor de las plántulas jóvenes o en forma homogénea con el sustrato de enraizamiento. Otro método consiste en aplicarlo en suspensión en agua, utilizando suelo de bosque y agua en proporción de 1 kilogramo por 20 litros de agua. Las aplicaciones deben efectuarse tres o cuatro veces durante la estancia de las plantas en el vivero. En las Figuras 33, 34 y 35 se presentan la micorrización con tierra de monte y con esporas en suspensión, además de la característica de un cepellón bien micorrizado.

3.3.3.2. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos

Los esporóforos frescos colectados se trituran y se mezclan con el suelo previamente desinfectado. Este método es efectivo, por representar la distribución de las esporas alrededor de las semillas o plántulas jóvenes. En CVG-PROFORCA, Venezuela,



Figura 33. Inoculación de micorrizas con tierra de monte (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).

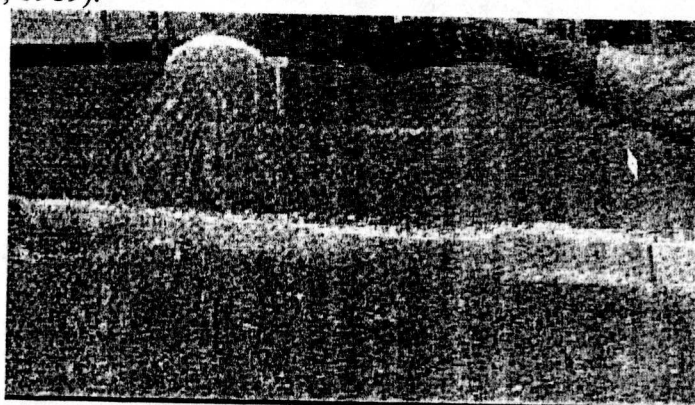


Figura 34. Inoculación de micorrizas con esporas en suspensión, ocho días después de la germinación (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).

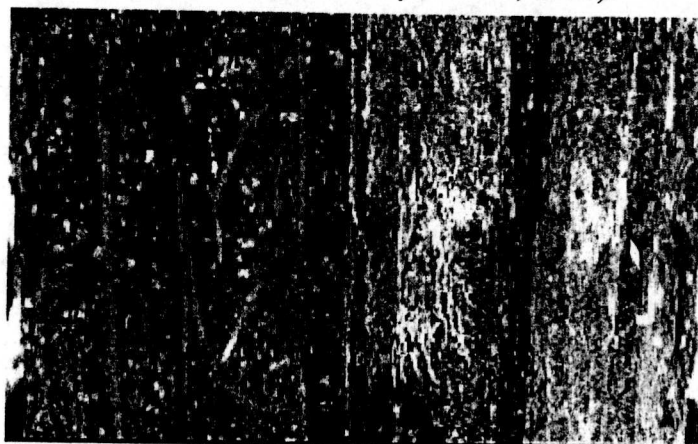


Figura 35. Característica de un cepellón bien micorrizado con *Rizopogon* (Tomado de Castellanos y Molina, 1989).

el proceso de micorrización del vivero consiste en dos aplicaciones de una mezcla de 60 a 200 gramos de esporas de hongo *Pisolithus tinctorius* o de *Telephora terrestris* y adherente en 400 litros. de agua, suficiente para una hectárea. En viveros establecidos con presencia de micorrizas, se recomienda una aplicación entre los 45 y 60 días después de la siembra, cuando las plántulas han desarrollado sus raíces secundarias; pero, en viveros nuevos, se recomiendan dos aplicaciones. En producción de plantas a raíz desnuda, el mejor momento de la aplicación de las esporas, es inmediatamente después de una poda lateral de raíces.

3.3.3.2.1. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos al momento del trasplante

El procedimiento de inoculación es el siguiente:

1. Se introduce una estaca de madera similar a la utilizada en el trasplante en un recipiente con agua.
2. Se introduce la estaca húmeda en la bolsa que contiene esporas, para que se adhieran a la estaca.
3. Se hace un agujero en el centro del sustrato de la bolsa, para depositar las esporas.
4. Se procede al trasplante de la plántula conforme el procedimiento descrito en el método de trasplante.

3.2.3.2.2. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos en bolsas ya sembradas antes de la germinación

El procedimiento de inoculación es el siguiente:

1. Se introduce una estaca de madera en un recipiente con agua.
2. Se introduce la estaca húmeda en la bolsa que contiene esporas, para que se adhieran a la estaca.
3. Hacer un agujero con la estaca ubicado lateralmente y cercana a la semilla, para depositar las esporas.
4. Se tapan las esporas inoculadas con el sustrato de la bolsa.

3.3.3.2.3. Aplicación de esporas y cuerpos fructíferos a plantas en crecimiento

El procedimiento de inoculación es el siguiente:

1. Se introduce una estaca de madera en un recipiente con agua.
2. Se introduce la estaca húmeda en la bolsa que contiene esporas, para que se adhieran a la estaca.
3. Hacer dos agujeros, uno a cada lado de la planta en crecimiento a una distancia de 1.5 cm y de 2 a 5 cm de profundidad, utilizando una estaca de madera, para depositar las esporas.
4. Se tapan las esporas inoculadas con el sustrato de la bolsa.

En cualquier caso, la inoculación puede hacerse en forma de suspensión. El procedimiento es el siguiente:

1. Colectar los hongos en el campo.
2. Extraer las esporas de los hongos.
3. Mezclar de 60 a 200 gramos de esporas en 400 litros de agua y agregar un adherente (ejemplo: Sufatrón) para mejorar la mezcla.
4. Aplicar la suspensión con regadera de mano, bomba de mochila u otro equipo de riego disponible, efectuando dos aplicaciones en viveros nuevos y una en viveros viejos.

3.3.3.3. Con cultivos puros

Consiste en aumentar la biomasa del hongo en una fase sólida de vermiculita, al agregar una solución nutritiva, por un periodo mínimo de dos meses. El procedimiento de inoculación es el siguiente:

1. Se toman 100 partículas de vermiculita ya invadidas por el hongo y se siembran a una distancia de 2 cm en cajas Petri que contienen Melin-Norkrans (MNM) sólido.
2. Calcular el porcentaje de partículas infectivas para conocer la calidad del producto.
3. Lavar con agua de la llave en forma abundante, exprimir, medir e inocular.

3.4. Fertilización

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.

3.4.1. Fertilización de plantas en bolsa

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.

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.

En Zambia, la mezcla de NPK (1:2:1) se aplica de 6 a 8 veces a intervalos quincenales aplicando aproximadamente 500 g de fertilizante a 1 000 plantas.

3.4.2. Fertilización de plantas producidas a raíz desnuda

El fósforo se aplica en forma de superfosfato triple incorporándolo al suelo por medio de un arado a una profundidad de 10 a 15 cm. También, se puede incorporar una parte del potasio junto con el fósforo. El nitrógeno es incorporado por lo menos 4-6 semanas después de la germinación en forma de sulfato de amonio o nitrato de amonio. Se aplica un total de 16 a 72 kg/ha de nitrógeno y 35 a 100 kg/ha de potasio.

En el cultivo a raíz desnuda se aplica el fósforo al suelo después de arar, pero antes de rastrillar o aún antes de arar para que éste sea incorporado al suelo y quede en el área de crecimiento de las raíces. Se incorpora el superfosfato triple a razón de 300 hasta 1 000 kg/ha.

Para asegurarse que el potasio estará disponible en el tiempo que las plántulas lo necesitan, se incorpora parte de los requerimientos al suelo antes de sembrar, especialmente con suelos muy deficientes. El resto se aplica en forma sólida o en agua en 2 a 4 dosis durante la producción.

De vez en cuando, y más comúnmente en suelos arenosos, ácidos y bajos en materia orgánica, el magnesio llega a escasearse. Suelos que contienen 0.5 meq/100 g (60 ppm) de magnesio normalmente no necesitan fertilizantes y por lo general no se aplica magnesio hasta que los síntomas de su deficiencia son visibles. Se corrige una deficiencia con la aplicación de sulfato de magnesio (sal de la higuera, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) a razón de 500 a 1 000 kg/ha. El fertilizante puede ser aplicado en forma sólida o en agua. Se podría fomentar la absorción rápida a través del follaje con una aplicación a razón de 25 g/litro en 100 litros/ha.

CVG-PROFORCA de Venezuela, en bancales con contenido de arena de aproximadamente 99%, efectúa un encalado debido a la acidez de los suelos. La dosis de cal a aplicar se determina en base a los análisis de suelo del vivero y se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Toneladas de cal/ha} = (\text{Meq. de Al en 100 gramos de suelo}) \times 2)$$

La dosis aplicada es de 500 a 700 kg/ha de carbonato de calcio, y es incorporado con dos pases de rastra, durante el proceso de preparación del suelo. Quince días después del encalado y quince días antes de la siembra se aplica al voleo superfosfato triple o fosfato diamónico en proporción de 150 a 250 kg/ha y se incorpora con un pase de rastra. En este mismo momento y de igual forma se incorpora el calcio requerido, determinando la dosis en base a los análisis de suelo. El nitrógeno, potasio y magnesio son aplicados en aspersiones continuas durante el crecimiento de las plántulas. Así, al mes de siembra, se inician las aspersiones de sulfato de amonio, cloruro de potasio y sulfato de magnesio, en

dosis de 20, 20 y 10 kg/ha, respectivamente, en aplicaciones semanales durante enero y febrero; posteriormente, y durante los siguientes tres meses se aplican semanalmente 30-40, 30-40 y 15-20 kg/ha, respectivamente.

Generalmente, la aplicación de fertilizantes se suspende a los cinco meses del periodo de crecimiento de las plantas en el vivero, para que en los dos meses antes de la plantación, las plantas desaceleren su crecimiento y adquieran lignificación y endurecimiento apropiado para su plantación en las condiciones críticas de las áreas de plantación.

Se recomienda que los análisis de suelo del vivero y el análisis foliar de las plantas, se efectúe rutinariamente cada dos meses, y que los resultados del laboratorio sean analizados por un especialista de suelos y fertilización, para que recomiende las dosis de los nutrientes a aplicar en cada ocasión.

3.5. Riegos

3.5.1. Riego en semilleros y bolsas en áreas de crecimiento

En los semilleros tradicionales, la regla es regar frecuentemente pero en pequeñas cantidades, pudiéndose aplicar de 2 a 3 riegos por día. La superficie del semillero nunca deberá saturarse, pero tampoco debe secarse completamente. Cuando la germinación empieza, se puede comenzar a reducir el riego para reducir las posibilidades del ataque de mal de semillero. Un exceso de humedad es la causa principal de este mal, especialmente durante la germinación. En cada riego es recomendable aplicar algún funguicida como Captán, a razón de 1.5 g por litro de agua al momento de la siembra y 2 g/litro en los posteriores riegos cada 8 días.

En las cajas de germinación o semilleros portátiles, el riego por capilaridad es muy conveniente, especialmente para las especies con semillas muy finas como la de Pino caribe. Al portacaja o pileta se le agrega agua con una solución del funguicida como Benlate en proporción de un g/litro de agua o Captán en proporción de 2 g/litro de agua. El nivel del agua, no debe ser mayor a la mitad de la altura de las cajas semilleras.

Los riegos a las plantas en envases (Figura 36), con trasplante anticipado, al principio se recomiendan frecuentes y ligeros, y a medida que la planta avanza de edad,

a.



b.



Figura 36. En la figura a, se presenta el sistema de riego manual utilizado en Puerto Cabezas, Nicaragua; en la figura b, se presenta el sistema de riego por aspersión utilizado por CVG-PROFORCA de Venezuela (a Tomada por FADCANIC, 2000; b tomada por Perera, 2001).

deben ser esporádicos y fuertes. Después de dos meses del trasplante se disminuye paulatinamente el riego.

3.5.1. Riego de bancales

Los intervalos entre los riegos deben ser planificados de manera que el contenido de humedad no se reduzca más de 50% de la capacidad de campo durante los primeros meses de producción. El proceso de acondicionamiento requiere que se permita al contenido de humedad bajar a niveles progresivamente más inferiores del 50% hacia finales del período de producción. Por lo tanto, durante el período de germinación e inmediatamente después, puede ser necesario regar de 2 a 4 veces por día para humedecer una capa delgada (alrededor de 5 cm) de suelo, mientras que hacia el fin del período de producción se humedece una capa de 15 cm cada semana.

Para calcular la cantidad de agua a aplicar en base a la evapotranspiración potencial (ETP), se puede utilizar la formula siguiente:

$$\text{Cantidad de agua (m}^3\text{/día)} = \text{ETP (mm/día)} \times \text{área del vivero (ha)} \times \text{factor de seguridad} \times 10$$

Se recomienda utilizar un factor de seguridad dentro del rango 1.1 a 1.5 porque la máximo ETP diario dentro de un mes puede ser más alto que el promedio calculado en base a datos mensuales. El factor también toma en cuenta la eficiencia de la aplicación que es reducida por la evaporación de las gotas en el aire, la escorrentía y la pérdida a causa de drenaje profundo. Por ejemplo, en un vivero de 0.75 ha con una ETP de 6.5 mm/día, se necesitará:

$$\text{Cantidad de agua (m}^3\text{/día)} = 6.5 \text{ mm/día} \times 0.75 \text{ ha} \times 1.3 \times 10 = 63.375 \text{ m}^3\text{/día}$$

En base de este cálculo se puede determinar si la fuente de agua del sitio es capaz de suministrar las necesidades aún durante los meses más secos. También se puede calcular el tiempo mínimo necesario para aplicar esta cantidad de agua en base al índice de infiltración básica. Siguiendo con el ejemplo arriba mencionado y suponiendo que el suelo tiene una textura franco arenoso con una infiltración básica de 17 mm/hora, y se quiere aplicar 64 m³ de agua a un área de 0.75 ha. Esto es equivalente a la aplicación de 8.5 mm sobre el área (un milímetro de agua sobre una hectárea es equivalente a 10 m³/ha

de agua). Por lo tanto, el tiempo mínimo para la aplicación sería de media hora ($8.5/17 \times 60$ minutos = 30 minutos).

En el Estado de Monagas, Venezuela, en bancales con aproximadamente 99% de arena, para la producción de plántulas a raíz desnuda, se recomiendan de tres a cuatro riegos diarios de diez minutos cada uno, desde el momento de la siembra hasta los 20 días. Posteriormente recomiendan aplicar dos riegos diarios de 15 a 20 minutos hasta los dos meses de cultivo, disminuyendo luego a un riego diario de 30 a 40 minutos. Al final del periodo se puede disminuir hasta un riego cada dos días de 60 minutos de duración, a medida que la profundidad radicular de las plantas vaya en aumento. En aquellos sectores del vivero donde las plantas ya alcanzaron el diámetro y altura requeridos para el trasplante, se aplica un riego de 20 minutos cada 3 días. El riego por aspersión es práctico para este fin.

3.6. Calidad de la planta y clasificación

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 20 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, torcidas y poco lignificados deben ser excluidas.

La experiencia desarrollada en Australia indica que plantas con tallos blanquecinos 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, sobreviven entre 76 y 84%.

En el caso de la producción en envases las plántulas no aptas pueden ser devueltas al bancal cuando necesitan más tiempo para alcanzar el tamaño deseado, pero las enfermas y mal formadas por ejemplo deben ser destruidas y no dejadas en el vivero donde puedan formar un foco de infección. Naturalmente, a través del buen manejo se intenta minimizar el número de plántulas botadas pero es normal desclasificar entre 5 y 15% de la producción de plantas en envase (Figura 37).

En la ausencia de la clasificación se están gastando recursos en el transporte y plantación de plántulas que no sobrevivirán o que crecerán tan lento que los costos de mantenimiento serán elevados y que además resulta un rodal poco uniforme y difícil de manejar. Así, el objeto de un sistema de clasificación es identificar todas aquellas plántulas que tienen altas posibilidades de sobrevivencia en el campo.

Un sistema de clasificación puede fundamentarse en lo siguiente:

Altura del tallo:	25 a 30 cm en plantas a raíz desnuda 20 a 30 cm en plantas en bolsas
Lignificación del tallo:	Por lo menos 2/3 del tallo lignificado.
Configuración del sistema radicular:	En forma de masa abundante y fibrosa de raíces laterales y con la raíz principal no torcida.
Estado sanitario:	Sin evidencia de ataques por insectos, hongos y otros agentes.
Color del follaje:	Natural, sin evidencia de decoloración o síntomas de marchites.
Relación raíz/tallo:	0.5 a 1.0 ó más, o sea que el sistema radicular forma una parte sustancial (por lo menos 50% del peso seco total).

La CVG-PROFORCA de Venezuela utiliza las siguientes variables para evaluar calidad de plantas de Pino caribe producido a raíz desnuda.

Follaje

1. Diámetro al cuello de la raíz:
 - Deficiente: < 4.0 mm
 - Apta: 4.0 – 10.0 mm

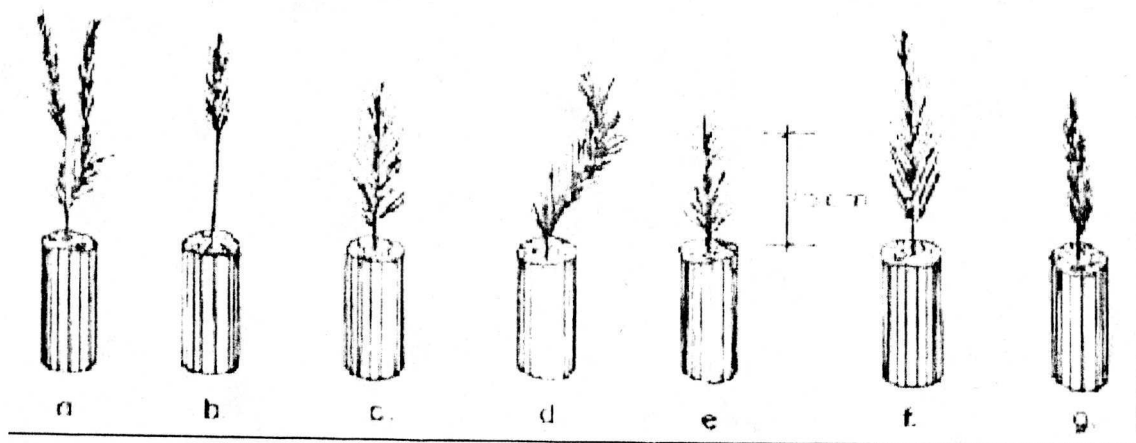


Figura. 37. Plantas de Pino caribe que deben eliminarse al hacer la selección (Tomado de Galloway y Borgo, 1983).

- a. Bifurcados
- b. Con poco follaje
- c. Con tallo roto
- d. Torcidos
- e. Pequeñas
- f. Con follaje amarillento
- g. Con acículas pequeñas

- Otros usos: > 10.0 mm
- 2. Altura:
 - Deficiente: < 25.0 cm
 - Apta: ≥ 25.0 cm
- 3. Forma:
 - Normal: Tallo recto con follaje exuberante.
 - Defectuosa: Tallo con deformaciones, torceduras, follaje deficiente, etc.
- 4. Presencia de cogollos:
 - Apto: Ausencia de brotes apicales.
 - Deficiente: Presencia de brotes apicales muy tiernos.
- 5. Vigoridad:
 - Débil: Planta con acículas primarias, muy tiernas, flácidas, amarillentas y con un alto nivel de succulencia.
 - Vigorosa: Plantas con más del 50% de acículas secundarias (definitivas), aspecto fuerte y buen color.

Sistema radicular

1. Longitud raíz principal:
 - Deficiente: < 15.0 cm y > 20.0 cm
 - Apto: 15 a 20 cm
2. Número de raíces laterales (secundarias):
 - Deficiente: < 8.0 raíces laterales
 - Apto: ≥ 8.0 raíces laterales
3. Forma:
 - Normal: Raíz recta, sin deformaciones
 - Deficiente: Raíz con torceduras, dobladas, partidas, forma de zanahoria, etc.

4. Presencia efecto "J":

- Normal: Ausencia del efecto
- Deficiente: Presencia de un doblamiento a nivel terminal de la raíz principal, en forma de "J" o "L"

5. Micorrización:

- Deficiente: < 50% de raíces laterales colonizadas con micorrizas
- Apto: $\geq 50\%$ de raíces laterales colonizadas con micorrizas

La tolerancia de la evaluación de la calidad de plantas, está en función de la frecuencia relativa con que ocurren los defectos, en función de los siguientes rangos:

Rangos de tolerancia	Medidas a adoptar
(%)	
< 5	La actividad es normal. Continuar con el arrancado.
5 – 10	Girar instrucciones al supervisor de arrancado para que tome las precauciones del caso.
≥ 10	Detener la actividad del equipo afectado y re-entrenar todo el personal.

3.7. Meses en vivero

Las plántulas de Pino caribe en Nicaragua, requiere de 5 a 6 meses en el vivero cuando se produce en bolsas y, puede requerir de seis a siete meses producido a raíz desnuda, con dos podas horizontales y tres podas verticales de raíces. En La Sabana, Oaxaca, México, la edad adecuada de la planta para llevarla al terreno resultó de 6 a 8 meses producidas en bolsas. En el Estado de Monagas, Venezuela se sacan al campo las plantas producidas a raíz desnuda a los siete meses, mientras que en Honduras, de cinco a seis meses. En la Figura 38, se presentan plántulas de diferentes edades.

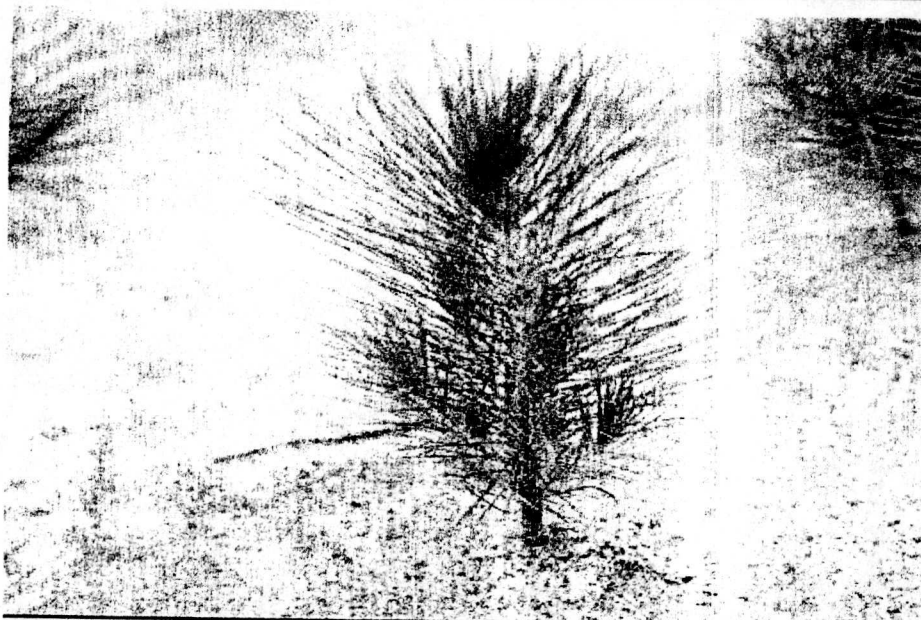
3.8. Protección

El período de más susceptibilidad de las plántulas a enfermedades, insectos y otros agentes dañinos es durante las cuatro a seis semanas después de la siembra; sin embargo, esto no quiere decir que no pueden ocurrir problemas después de este período.

a.



b.



c.



Figura 38. Plántulas de Pino caribe de diferentes edades. **a** y **b**. Plántulas a raíz desnuda de 1.5 y 5 meses, en Uverito, Venezuela; **c**. Plántula de 4 meses producidas en bolsas en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (**a**, **c** Tomadas por Perera, 2001; **b** tomada de CVG-PROFORCA, 1992).

El problema más serio en casi todos los viveros del mundo es el mal de semillero, otros problemas son el ataque por gusanos cortadores y grillos. La mejor forma de protección contra estos y todos los problemas de este tipo es la prevención a través del buen manejo del vivero con las técnicas culturales. Estas técnicas a veces son respaldadas con el uso de pesticidas preventivos y, en caso de ocurrir un problema, son utilizados en el control para minimizar las pérdidas.

3.8.1. Control de maleza

Las malezas compiten con las plántulas por luz, agua, nutrientes y espacio y deben ser removidas periódicamente durante la producción. Su eliminación es más fácil entre más pequeñas sean y el daño causado a las plántulas por el deshierbe es minimizado si no se le permite crecer y desarrollarse vigorosamente. La manera más sencilla de controlar las malezas es sacarlas manualmente después de un ligero riego. Sin embargo, se debería considerar este factor cuando se selecciona el sitio para el vivero y evitar sitios con mucha maleza. Los esterilizantes tales como bromuro de metilo matan las semillas de malezas en el suelo y los herbicidas como "Soal" controlan las malezas durante la producción.

Aunque no es necesario que el vivero se mantenga completamente limpio, es importante no permitir que las malezas se desarrollen (en densidad y tamaño) para evitar su influencia negativa en el desarrollo de las plántulas. También está claro que no se debe permitir que las malezas produzcan semillas.

Es necesario desmalezar de 4 a 6 veces dentro de un periodo de producción de 6 meses. Se remueve toda la maleza incluyendo las raíces y esto es más importante con la maleza que tiene rizoma. Cuando el control se efectúa en forma manual, no se requiere más que las manos y un palito de madera. La desventaja de efectuarlo en forma manual es la gran cantidad de trabajadores que se requiere.

En áreas sin plantas, se puede utilizar Gramoxone (un litro/ha) o Roundup (0.7 kg/ha) para áreas cubiertas con maleza de zacates y malezas latifolidas. Donde los zacates anuales predominan, Gasaprin 500L (5 kg/ha) o Velpar (0.7 kg/ha) son más apropiados. Para las latifoliadas leñosas es necesario usar 2,4,5.T.(2.25 a 3.3 litro/ha).

Las dosis deberán sujetarse a las indicadas en el envase y ajustarse según las condiciones locales. Se puede hacer un control de maleza conjuntamente con la siembra, aplicando 2.5 litro/ha de Koltar.

A nivel experimental, se comparó los efectos de dos herbicidas en el cultivo de plántulas de Pino caribe en Trinidad: a) Prometrina (4,6-bis(iso propylamino)-2-methylthio-1,3,5-triazina) en agua a una concentración de 1 a 2 kg de ingrediente activo por hectárea y b) Simazine (2-cloro-4, 6-bis(ethylamino)-1,3,5-triazine) en agua al doble de la concentración de Prometryne. La prometrina fue segura y efectiva pero la Simazina a pesar de ser segura en el vivero causó una ligera clorosis. Ambos dieron un buen control de maleza por un período de 3 a 5 meses.

El uso de Goal 2EC aplicado en bancales como pre-emergente, en proporción de 50 cc del producto y 15 cc de humectante Triton mezclados con 62 litros de agua para 100 m² de bancal con Pino caribe, da buen resultado en la prevención de la germinación de todas las semillas con germinación hipógea.

CVG-PROFORCA de Venezuela utiliza como pre-emergente Goal (Oxifluorfen), a razón de 2.5 litros/ha, o Alachlor a razón de 6 litros/ha aplicados inmediatamente después de la siembra. El control de malezas con estos productos es bueno hasta por dos meses y sin ningún efecto fitotóxico para Pino caribe. Goal, también se ha probado en dosis de 4 litros/ha, como pre-emergente y brindó un 100% de control hasta por 90 días. Como post-emergente se utiliza Goal a razón de 1.5 litros/ha, o Fluoxifop-butyl en dosis de 0.75 a un litro/ha, aplicados a partir de dos meses después de la siembra logrando un buen control. Por otra parte, a nivel experimental se encontró que la mezcla de Goal + Fluoxifop-butyl en dosis de 0.49+0.24 litros/ha respectivamente y 0.24+0.18 litros/ha respectivamente, aplicados 90 días después de la siembra y cuando las malezas tenían de 2 a 5 hojas, proporciona un buen control sin daño a Pino caribe hasta por 60 días después de la aplicación.

También en Venezuela, trabajando con Pino caribe lograron buen control de maleza sin dañar los pinos con la aplicación pre-emergente de Powel 330E a razón de 8 litros/ha.

3.8.2. Enfermedades

Pino caribe es susceptible al mal del almácigo durante el período de producción, y por el tizón de la aguja del pino producida por el hongo *Dothistroma septosporum*. Las pérdidas causadas por el mal del talluelo y la pudrición de las raíces, especialmente en los viveros son considerables. Por ejemplo, en el vivero Dursuna (La Mosquitia hondureña) en 1978, se perdió alrededor de 200 000 plántulas de Pino caribe (50% de la producción de aquel año) a causa de las enfermedades ya mencionadas.

3.8.2.1. Damping-off o Mal de almácigo

El mal de almácigo es conocido comúnmente como mal de semillero, caída de los almácigos, chupadera o mal de talluelo, es igual y popularmente conocido en la literatura castellana por el término inglés damping-off. El mal del almácigo es la más conocida de las enfermedades en los viveros forestales, aunque su identificación es muy complicada dado que existen por lo menos 30 especies de hongos causantes de este problema. Los géneros que más frecuentemente se asocian con el mal son: *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.* y *Rhizoctonia spp.*

Es frecuente que los géneros de los hongos que causan la forma post-emergente también sean responsables de la pudrición de las raíces, esto ya ha ocurrido en los viveros de Honduras, donde se identificó *Fusarium solani* asociado con las raíces de las plántulas atacadas. En los viveros la semilla se sembraba durante abril y mayo y la enfermedad se observaba a las 6-8 semanas después, tiempo que coincide con las primeras lluvias y hay exceso de humedad en el suelo. Las partes aéreas de la plántula atacada se caracterizan por los siguientes síntomas:

- a) Clorosis (acículas amarillentas).
- b) Color castaño de las acículas en la parte inferior del follaje.
- c) La parte superior del tallo y yema apical se marchitan poniéndose de color castaño y finalmente mueren.

Pueden presentarse solamente uno de estos síntomas o cualquiera de sus combinaciones, dependiendo de la gravedad del ataque. El síntoma más fácil de reconocer es el (c) que indica que el problema ya es muy serio. Cuando se examinan las

raíces de los ejemplares enfermos, estas están podridas o simplemente están muertas, siendo común separar la corteza de la raíz con mucha facilidad. Al diagnosticar, debe tenerse cuidado de no confundir los síntomas externos de la plántula porque éstos son similares a los del ataque por nemátodos.

Prevención y control del mal de almácigo

Los factores de mayor importancia que aumentan la aparición del mal de almácigo en el vivero forestal son:

- a. Humedad excesiva.
- b. pH alto del suelo y/o del agua de riego.
- c. Niveles altos de materia orgánica en el suelo.
- d. El uso de fertilizante nitrogenado durante o inmediatamente después del período de germinación.
- e. Siembra muy profunda de la semilla.
- f. Temperaturas altas.
- g. Daños físicos a la plántula.
- h. Mala circulación del aire sobre los bancales.
- i. Falta de limpieza del vivero.

La humedad excesiva y el alto pH del suelo son indudablemente los factores más importantes y cualesquiera de los dos ha sido la causa de casi todos los problemas fungosos encontrados en los viveros.

En Pino caribe se ha observado una reducción en germinación y un aumento en mortalidad al aumentar el nivel de nitrato en el suelo. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes conteniendo nitrógeno deben aplazarse hasta seis a ocho semanas después de la siembra.

En Matagalpa, Nicaragua después de las tres primeras semanas de haber sido sembradas las semillas, en ciertas plantas aparecieron síntomas del mal de talluelo. Para evitar que este mal causara daños graves se disminuyó la aplicación del riego, quedando a razón de uno cada dos días. El motivo por el cual no se aplicó ningún tipo de fungicida

fue el de evitar la eliminación del hongo micorrízico. Al observarse la aparición de los primeros síntomas del mal de talluelo lo más recomendable es disminuir la humedad.

Aplicación de fungicidas

De acuerdo al origen de la infección, la aplicación de fungicidas puede hacerse de tres maneras: aplicación a la semilla, aplicación al suelo y aplicación al follaje; sin embargo, se ha reportado que cuando se sumergieron semillas de Pino caribe en una solución del fungicidas Agallol al 2% por media hora antes de sembrar, su germinación se retrasó y bajó en 10%. Asimismo, la germinación de *Pinus oocarpa* y Pino caribe fue reducida significativamente por el pre-tratamiento con Arasan y Endrín en los ensayos de siembra directa. En el Cuadro 10 se encuentran detalles de los fungicidas recomendados con indicaciones para su uso. En Zambia, se ha utilizado el Zineb para controlar *Fusarium sp.* a una concentración de 60 gramos por 13.5 litros rociado en 3.3 metros cuadrados (2 onzas de Ziber por 3 galones de agua en 4 yardas cuadradas). En CVG-PROFORCA, Venezuela, se utiliza Mancozeb, Metalaxyl y Benomyl, entre otros, en dosis variables.

Control microbiológico

En 1932 se descubrió que el hongo común del suelo *Trichoderma viride* excretaba los antibióticos gioloxina y viridina que son antagonistas a otros hongos, posteriormente se descubrió que para lograr el dominio después de la fumigación del *Trichoderma viride* se requiere de un suelo ácido y bien ventilado a una temperatura igual o mayor a 20° C. Esta debe ser la condición del suelo en los viveros de Pino caribe, por lo que se puede utilizar en las camas semilleras.

3.8.2.2. Manchas castaña de acículas de pino

Hay varios hongos conocidos que causan manchas en las acículas de los pinos y que deben considerarse como problemas potenciales. Probablemente el mas peligroso es *Scirrhia acicola* (Dearn) Siggers. Este hongo ha afectado seriamente una plantación de Pino caribe en la Mosquitia hondureña, pero no ha sido encontrado en los viveros.

Cuadro 10. Fungicidas recomendados para la prevención y control de enfermedades fungosas de los pinos en los viveros de Honduras.

Nombre y composición química	Indicaciones
AGALLOL 2- methoxyethylmercury chloride.	Como una medida preventiva este químico se aplica tres días antes de la siembra. Se hace una solución de 10 gramos de Agallol en 5-10 litros de agua por metro cuadrado, luego se aplica con regadera. Después de la germinación se riega con otra solución del mismo químico, 2 gramos en 10 litros de agua cada 3-7 días dependiendo de la posibilidad de ataque. Se recomienda Agallol especialmente para proteger los pinos contra el damping-off debido a los buenos resultados obtenidos.
DITANE M-45 ((1,2-ethanediylbis (carbamodithioato)) (2-))	Ha sido usado con éxito en Honduras. Se recomienda una dosis de 3 gramos del producto en 5 a 10 litros de agua por metro cuadrado, aplicando con regadera después de la germinación. Este fungicida combina las ventajas de Maneb y Zineb.
ORTHOCIDE -50 (CAPTAN) 1,2,3,6-tetrahydro-N-(trichloromethylthio) phthalimide.	Ha sido utilizado en viveros forestales en muchos países del mundo contra damping-off. Captan no es fitotóxico a las plántulas de Pino caribe, en cambio, estimula su crecimiento. Es tóxico a Pino caribe cuando es aplicado a la semilla antes de la siembra. Se recomienda una dosis de 3-5 gramos de Orthocide -50 en 10 litros de agua por metro cuadrado aplicado con regadera después de la germinación.
POLYRAM COMBI (METIRAM) (dithiocarbamate) - and poly(ethylenebis (thiuram disulphide)).	No hay muchos antecedentes sobre el uso de este productos en Honduras. Por lo tanto vale la pena probarlo en forma experimental especialmente contra enfermedades del follaje. Se hace una mezcla de 2 gramos del producto con un litro de agua y se aplica con bomba de espalda hasta que las plántulas estén saturadas del producto.

Continúa...

Cuadro 10. continuación.

Nombre	Indicaciones
BENLATE (BENOMYL) Methyl 1- (butylcarbamoyl) benzimidazol -2- y 1 carbamate.	Este es un fungicida sistémico que es absorbido por la plántula y cuando el hongo invade, éste muere por la acción del químico existente en ella. Inmediatamente después de la germinación o de la aparición de la enfermedad se aplica una mezcla de 2 gramos del producto con un litro de agua por bomba de espalda hasta que las plántulas estén saturadas. Esta aplicación foliar se hace en la mañana después del riego y no se aplica más riego dentro de las seis horas siguientes a la aplicación, de tal manera que las plántulas puedan absorber el químico. Si vienen las lluvias inmediatamente después de la aplicación, hay que aplicar el químico otra vez.
MOLOSS Contiene Caldo bordelés estabilizado, Cobre metálico, fungicida orgánico, Maneb y Carbatene.	Es una mezcla de 4 fungicidas usados en viveros forestales del mundo. Se sugiere una dosis de 1-3 gramos en 10 litros de agua por metro cuadrado, pero es necesario observar bien sus efectos con esta dosis para ver si es fitotóxico y conocer si es efectivo contra las enfermedades.
CALDO BORDELÉS Contiene sulfato de cobre y óxido de calcio.	Es una mezcla de 4 lb de sulfato de cobre, 4 lb de óxido de calcio y 50 galones de agua. Otros químicos lo han desalojado en el control del mal de almacigo pero todavía está en uso contra enfermedades del follaje. Se puede comprar el caldo bordales ya preparado y con este se hace una mezcla de 20 g del producto con un litro de agua a aplicar con una bomba de espalda a razón de un litro por 20 metros cuadrados.

Nota: Napier señala que estos fungicidas se consideran los más apropiados para combatir las enfermedades en los viveros. Debido al éxito obtenido con Agallol hasta ahora en Honduras, se recomienda este producto como lo mejor contra el mal de almacigo, otros productos siempre serán necesarias para casos donde falle el Agallol.

Fuente: Napier (1982).

Los síntomas de *Scirrhia acicola* son los siguientes: se presentan manchas circulares de 3 mm de diámetro de color verde grisáceo que aparecen sobre las acículas secundarias. Las lesiones formadas en estas manchas cambian el color inicial a castaño rodeadas por una banda amarilla. Otro tipo de lesión consiste en una banda de color amarillo ámbar con un centro pequeño de color castaño rodeado la acícula. Los dos tipos de lesión tienen márgenes bien definidos. La mancha comienza en la puntas de las acículas pero después se propaga y al final las acículas caen. Estos síntomas aparecen primero en el follaje más joven. La pérdida del tejido impide el desarrollo de la plántula y la sobrevivencia es muy baja cuando se les planta en esta condición.

Para su control se usa Caldo Bordelés en solución al 2% (20 g por litro de agua) y es aplicado con una bomba de espalda hasta que las plántulas estén saturadas, las aplicaciones se hacen cada 2 a 4 semanas para proteger el nuevo follaje. Lo más recomendable es prevenir la enfermedad antes de que se desarrolle.

3.8.2.3. Decoloración de las acículas inferiores de las plántulas de pino

La enfermedad aparece de 6 a 8 semanas después de la germinación. El crecimiento de las plántulas cesa, las acículas primarias son cortadas, inflexibles y de color amarillento, las acículas inferiores se ponen de color castaño rojizo y finalmente mueren; el mal se extiende hacia arriba dejando acículas cortas, inflexibles y amarillentas. El desarrollo de las raíces es pobre con muy pocas divisiones laterales, las raíces cortas son sencillas y con poca micorriza.

Asociado con los síntomas se identificó el hongo *Pestalotia sp.* en el vivero de San Juan y Dursuna, Honduras. Se ha considerado como un saprófito oportunista y no como un patógeno. Es decir, el hongo solamente ataca huéspedes ya debilitados y no ataca pinos vigorosos en el vivero. Por lo tanto, para decidir cómo combatir la enfermedad es necesario buscar la causa de la reducción del vigor de las plántulas y rectificarla. Lo lógico es asegurar el vigor de las plántulas para que la enfermedad no tenga posibilidad de desarrollarse.

En la Mosquitia hondureña en 1978, se identificó *Pestalotia spp.* pero en aquel caso las plántulas de Pino caribe producidas a raíz desnuda, eran atacadas por una pudrición de las raíces que causó la pérdida de vigor, abriendo así la puerta al hongo *Pestalotia*. Lo importante es no confundir la identificación de *Pestalotia* con la causa del problema, siempre deberá buscarse la causa fundamental.

3.8.2.4. Infección de los cotiledones

En el vivero San Juan, Honduras, ocurrió en Pino caribe inmediatamente después de la germinación (2 a 3 días). La enfermedad marchita las puntas de los cotiledones extendiéndose rápidamente hacia su base, infectando así el hipocótilo y matando las plántulas 2 a 3 días después. Se notó que la enfermedad ocurría con más frecuencia en las plántulas que mantenían sus epispermios fijos a los cotiledones. En el laboratorio del Instituto Micológico de Inglaterra se identificaron las especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus* y *Curvularia* en las plántulas enfermas. También se identificó el *Botryodiplodia theobromae* en las semillas, considerándose como la causa más probable de la enfermedad. Se obtuvo control parcial con la aplicación de Agallol, a razón de 2 g/m² en 4 litros de agua cada 4 días; no obstante, las pérdidas fueron considerables. Una posibilidad de control sería la aplicación de un fungicida a las semillas antes de sembrarlas.

3.8.2.5. El tizón en la plántula de semillero

Es una severa marchites de la acícula de plántulas de pinos en vivero, provocada por el hongo *Cercospora pini-desiflorae* Hori et Nambu, se ha reportado en Japón, Taiwán, Korea, Hong Kong, India, Tanzania, Zambia y Rhodesia. Por lo general la enfermedad se observa primero en plantas de aproximadamente dos meses de edad como una condición clorótica de las puntas de las acículas más viejas y bajas, las que subsecuentemente mueren, se vuelven color café y después gris. En el curso de la afectación las acículas se caen y la enfermedad se extiende al follaje más joven y podría matar a toda la planta. El patógeno lo dispersan los conidios, los que se producen de forma abundante en las acículas infectadas y son liberados y transportados por el aire. Las temperaturas mayores a 20°C favorecen la germinación de estas esporas y crecen en condiciones relativamente cálidas. Se ha logrado tener control en Japón por medio de

funguicidas de cobre. El Pino caribe resultó tan severamente defoliado por *C. Pini-densiflorae* en Hong Kong que su uso como especie principal para forestación local fue abandonado. Con base en esta evidencia, debe asumirse que el tizón *Cercospora* presenta una seria amenaza potencial.

3.8.2.6. Muerte regresiva de las plántulas

La *Sclerotinia fuckeliana* (de Bary) Fuckel (syn. *Botrytis cinerea* Fr.) ha causado una muerte regresiva de Pino caribe en Rhodesia y Jamaica. Este hongo puede ser dañino si se permiten condiciones de humedad y sobrepoblación en la cama del vivero. Los síntomas incluyen una apariencia de empapamiento de partes del tallo superior seguido por marchitamiento y la muerte de los tejidos. En esta etapa el hongo puede ser encontrado esporulando profusamente como una masa gris verdosa en los tejidos infectados.

3.8.2.7. Otros patógenos

La *Pseudomonas solanacearum* (E. F. Smith) E. F. Smith ha sido registrada como la causa de muertes en el inventario de viveros de Pino caribe en Malasia. Las pérdidas por la enfermedad de la raíz causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands han sido suficientemente severas para requerir el cierre de un vivero en Queensland.

3.8.3. Plagas

En 1991, el CATIE efectuó un resumen de los principales insectos y vertebrados que atacan Pino caribe en América Central, describiendo el tipo de daño, planta y gravedad del problema; éstas se presentan en el Cuadro 11, y se describen las mas importantes. Por otra parte, Los pájaros se constituyen en una plaga a combatir y ahuyentar ya que se comen las semillas recién germinadas.

CVG-PROFORCA de Venezuela reportó que la mayor incidencia de plagas ocurre principalmente durante el periodo de germinación. Las plagas mas frecuentes en el Estado de Monagas son: *Atta leavigata*, *Grillus asimilis*, *Grillotalpa hexadactilia* y algunas aves de la familia *Columbidae*.

3.8.3.1. *Phyllophaha* spp.

Conocida como gallina ciega cuando está en estado de larva. Los adultos son de forma oval, alargada, de 12.8 cm de longitud y color café rojizo. Las larvas son de tipo

Cuadro 11. Insectos y vertebrados que atacan al Pino caribe en América central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.

Nombre	Tipo de daño	Tipo de planta	Gravedad del problema
Insectos			
<i>Acheta assimilis</i> (SALT., Gryllidae) (Grillo)	Destrucción de plántulas	V	E
<i>Agrotis sp.</i> (LEP., Noctuidae) (Cortador)	Destrucción de plántulas	V	C
<i>Atta spp.</i> (HYM., Formicidae) (Zompopos)	Defoliación	V,J,M	C
<i>Cinara sp.</i> (HOM., Aphididae)	Punción-succión	V,J	E
<i>Phyllophaga sp.</i> (COL., Scarabeidae) (Joboto)	Destrucción de raíces	V,J	C
<i>Rhyacionia frustrana</i> (LEP., Tortricidae)	Barrenamiento de brotes	V,J,M	C
<i>Rhyacionia subtropica</i> (LEP., Tortricidae)	Barrenamiento de brotes	V,J,M	E
Piojo saltón (HOM., Psyllidae)	Punción-succión	V,J	R
Vertebrados			
<i>Dasypus novemcinctus</i> (EDE, Dasypodidae) (Armadillo)	Extracción de plántulas	V,J	R

V: Plántulas en vivero

J: Árboles jóvenes, menores de 3 años

M: Árboles mayores de 3 años

C: Problema crónico, casi siempre presente, en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicos

E: Esporádico que ha demandado por lo menos una vez esfuerzos de combate

R: Problema registrado, observado por la menos una vez

Fuente: CATIE (1991).

escarabeiforme, de tres centímetros cuando maduras, de color crema sucio y cabeza café rojizo. Los adultos consumen follaje y causan desfoliación del hospedante, las larvas se alimentan de las raíces, debilitando las plántulas y ocasionando la muerte (Figura 39).

Para su manejo, tradicionalmente se han aplicado insecticidas granulados alrededor de las plántulas; sin embargo, actualmente hay cepas de hongos entomopatógenos de los géneros *Metarrhizium* y *Bauveria*. Estos hongos están disponibles en el mercado, y se aplican al suelo en forma similar a los insecticidas granulados y el inóculo puede permanecer durante largo tiempo en el suelo.

3.8.3.2. *Atta* spp.

Son conocidos con los nombres comunes de hormiga arriera, bachacos y zompopo. Estos son insectos sociales, bajo un régimen de castas en donde existen obreras y reproductoras. Las plantas desfoliadas reducen su crecimiento, pudiendo causar hasta la muerte (Figura 39). El control de las hormigas se justifica en aquellas situaciones en que afectan el crecimiento y la supervivencia.

Manejo integrado

Antes de la preparación del terreno y durante el establecimiento de la plantación se recomienda realizar las siguientes prácticas: inventario general de hormigueros, marcación de hormigueros, limpieza de hormigueros, medición de hormigueros en metros cuadrados, mapeificación de hormigueros e identificar fechas de vuelo nupcial. Basados en la anterior información será posible entonces implantar las siguientes labores de control.

-Técnicas de control mecánico: El vuelo nupcial de los reproductores alados, se realiza al inicio de la temporada de lluvias y es llevado a cabo durante la mañana. A partir del vuelo nupcial se realizará dentro de los 3 meses siguientes la destrucción manual de hormigueros recién formados, procurando eliminar la reina, esto se hace utilizando una pala de punta recta.

La destrucción mecánica de hormigueros no se recomienda realizar en hormigueros adultos ya que se pueden llegar a destruir las cámaras más superficiales del

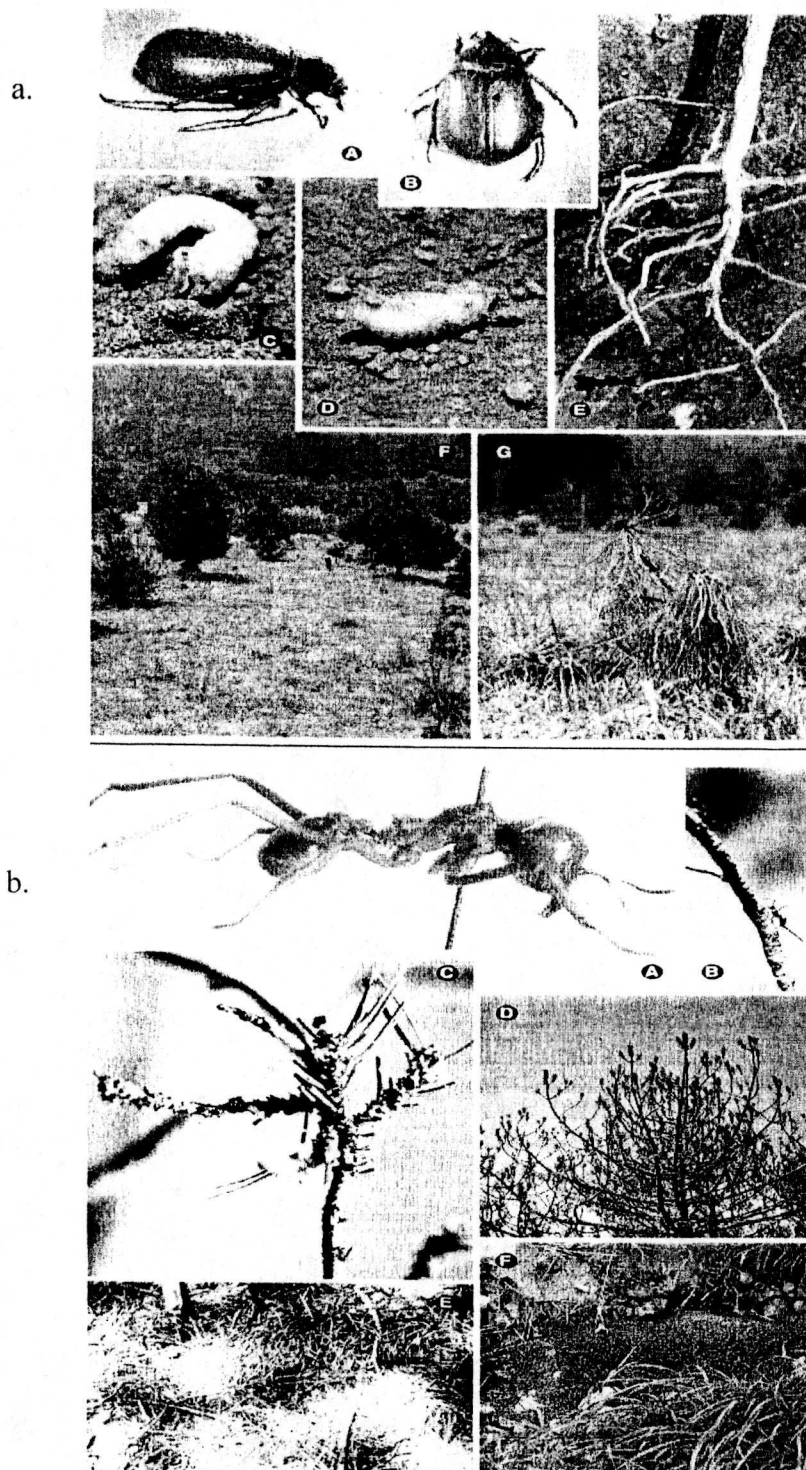


Figura 39. **a.** *Phyllophaga rubella*: A, B Adulto. C Larva. D Pupa. E Raíz de pino dañada por larvas. F, G Arbolitos recién plantados y muertos por larvas.

b. *Atta mexicana*. A Obrera recolectora. B Transporte de acículas. C, D Defoliación en *Pinus cembroides*. E Camino de hormiga cubierto de acículas. F Nido (Tomado de Cibrián et al., 1995).

La destrucción mecánica de hormigueros no se recomienda realizar en hormigueros adultos ya que se pueden llegar a destruir las cámaras más superficiales del hormiguero, pero en las más profundas, muy pocos daños llegan a sufrir, sumado a esto, los altos costos en mano de obra que representa la ejecución de esta labor.

-Técnicas de control químico: Se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Formicidas en Polvo

- Su aplicación deberá hacerse siempre con equipo insuflador, dadas las características del aparato, solo deberán tratarse hormigueros jóvenes o recién formados. No se recomienda usar en hormigueros adultos pues la probabilidad de que el producto penetre hasta las cámaras más profundas es muy baja.
- Solo se recomienda su aplicación en verano.
- Deberá determinarse mediante pruebas de eficacia, la dosis adecuada de producto por m^2 de hormiguero, normalmente los formicidas polvos que existen en el mercado no traen esa información.
- El producto debe ser aplicado por las bocas de forrajeo (donde las hormigas ingresan el material vegetal al hormiguero), procurando distribuir la cantidad adecuada en el área del hormiguero.
- Cuando previamente se han determinado los períodos de vuelo nupcial, se recomienda un mes antes del vuelo, hacer aplicaciones de formicidas polvos sobre hormigueros adultos, con el fin de reducir el número de machos y hembras alados que saldrán al vuelo. En este caso se recomienda el uso de insuflador ya que estos individuos se ubican en la cámaras más superficiales cuando se aproxima la época de vuelo.
- El operador del insuflador deberá emplear el equipo de protección adecuado según el producto a aplicar.
- Dado que los formicidas en polvo actúan en su mayoría por contacto deberán evaluarse a partir de la primera semana de su aplicación.
- Los rendimientos obtenidos con equipo insuflador son de $0.3 m^2$ por minuto de aplicación.

Formicidas nebulizables

- Su aplicación requiere de un equipo especial de termonebulización, en el cual se mezclan el formicida líquido (Lorsban) y ACPM. El producto en forma de humo llegara con facilidad a todas la cámaras del hormiguero causando mortalidad a los individuos por contacto e ingestión.
- Las aplicaciones con termonebulizadores pueden realizarse en cualquier época del año.
- Se pueden obtener rendimientos de 14 m² de hormiguero por minuto de termonebulización.
- Otro insecticida que se puede utilizar es el Malation 50% en dosis de 1 litro del producto comercial en 100 litros de agua, con una duración de aplicación de dos minutos por hormiguero. Antes de realizar la aplicación se deben detectar los diferentes accesos al hormiguero, los cuales deben ser sellados para evitar el escape del producto.
- Las evaluaciones pueden hacerse a la semana siguiente de la aplicación.
- El operador del termonebulizador requiere obligatoriamente del uso de equipo de protección, el cual debe incluir el respirador apropiado para el producto que se este usando, protector auditivo, protector visual, overol y guantes. No debe ingerir alimentos ni fumar mientras este trabajando la máquina y al final de la jornada de trabajo deberá bañarse.

Formicidas en cebos

- El cebo no se debe tocar con las manos, cualquier olor extraño hará que las hormigas lo rechacen. Los ingredientes activos más conocidos actualmente en uso son la Sulfluramida (Patron), el Fipronil, Fenil Pyrazol al 0.03 % (Blitz) y Clorpirifos al 0.5 %; el atrayente puede ser pulpa de naranja y melaza.
- Las aplicaciones se deben programar en época de verano, preferiblemente en horas de la tarde ya que la mayor actividad de las hormigas se realiza en la noche.
- Las dosis por m² de hormiguero varían entre 10 y 15 g según el producto.
- Se debe distribuir al lado de los caminos de forrajeo y en montículos a 10 – 15 cm de la bocas de entrada.
- Por ser productos de acción lenta, se deben programar las evaluaciones a partir de la segunda o tercera semana de su aplicación.

Control biológico

Se puede utilizar los hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Bauveria bassiana*, y los hongos antagonistas con el de la hormiga (*Attamyces bromatificus*) como *Trichoderma harzianum* y de sustancias inertes como la cal.

Por otra parte, en experimentos de laboratorio efectuados con extractos de glándulas abdominales indican que existen mezclas de compuestos químicos en los mismos, capaces de generar conductas autodestructivas entre obreras de *Atta spp.* pertenecientes a una colonia. Además existen otros compuestos que inducen orientación y atracción que potencialmente pueden ser usados para mejorar la atraktividad y acarreo de cebos tóxicos.

Atta leavigata

Esta especie desfolia a Pino caribe en todas las etapas de desarrollo, desde plantas en vivero hasta plantaciones adultas. Para el control de *Atta leavigata*, CVG-PROFORCA de Venezuela, utilizó Aldrín al 2% durante el periodo de 1983 a 1989; posteriormente, a inicios de la década del 90 utilizaba Mirex. En 1992 utilizó el cebo denominado Pellet en dosis de 2.5 a 5 gr/m² de área de nido, pero pronto se sustituyó por un clorpirifos al 0.5% de nombre Verduquito, que se utilizaba en dosis de 10 gr/m² de área de nido; en la actualidad, se utiliza Blitz (Fenil Pyrazol al 0.03%) en dosis de 10 gr/m² de área de nido, por ser mas efectivo que el anterior. En plantaciones adultas sólo se recomienda su control en plantaciones menores de 10 años cuando la presencia de la plaga sea mayor a 10 nidos por hectárea.

3.8.3.3. *Acromyrmex landolti*

Este insecto representa peligro en plantas recién plantadas; una vez que la vegetación ha reaparecido, después del proceso de plantación, deja de desfoliar al pino. En las áreas a plantar, CVG-PROFORCA de Venezuela la controla efectuando la quema de la sabana seguido del pase de rastra.

3.8.3.4. *Rhyacionia frustrana*

Las larvas alcanzan hasta 10 mm de longitud, el cuerpo tiene una coloración que varía desde amarillo a anaranjado, con la cabeza café oscura brillante. Las larvas son las

únicas capaces de hacer daños a yemas, brotes y conillos. En el vivero se debe tener cuidado para detectar infestaciones y si ese fuera el caso, aplicar insecticidas.

2.9. Literatura consultada

- ACEVEDO HERRERA, O.A. 1992. Las plantaciones forestales comerciales: Estudio de caso La Sabana, Oaxaca. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- ARGUEDAS G., M.A.; TORRES C., G. 1995. Especies forestales de mayor utilización en Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Serie de apoyo académico No. 13. pp. 29-30.
- BACON, G. 1978. Root Wrenching. **In.** Proceedings of 1978 Routine Research Conference. Department of Forestry. Queensland, Australia. pp. 121-125.
- BACON, G.J.; HAWKINS, P.J. 1977. Studies on the establishment of open root caribbean pine planting stock in Southern Queensland. *Australian Forestry* 40(3): 173-191.
- BACON, G.J.; HAWKINS, P.J. 1979. Intensive root wrenching a prerequisite for the succesaful establishment of 1 - 0 *P. caribaea* Mor. seedlings. *Tree Planters Notes*. 30 (1): 5-7.
- BANCO DE SEMILLAS. 1980. Informes internos. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. (Documento mimeografiado).
- BECKJORD, P.; ADAMS, R.; SMITH, D. 1980. Effects of nitrogen fertilization on growth and ectomycorhizal formation of red oak. *Forest Sci.* 26 (4): 529-535.
- BENSON, A.D.; SHEPHERD, K.R. 1977. Effect of nursery practice on *P. radiata* seedling characteristics and field perfomance: II Nursery root wrenching. *New Zealand Journat of Forest Science*. 7(1): 68-76.
- BETANCOURT, B.A. 1968. Algunos estudios y experiencias realizadas con *Pinus caribaea* Morelet en Cuba. **In.** Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid, 1966. Actas. Ministerior de Agricultura. Madrid, España. v. 2, pp. 1590-1599.
- CASTELLANOS M.A.; MOLINA, R. 1989. Mycorrhizae. **In.** The Bilogical Componet: Nursery Pests and Mycorrhizae. U.S.Department of Agrculture. Volume five. pp. 101-171.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico No. 4. 260 p.
- CIBRIÁN TOVAR, D.; MÉNDEZ MONTIEL, J.T.; CAMPOS BOLAÑOS, R.; YATES III., H.O.; FLORES L., J. 1995. Insectos forestales de México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 453 p.
- CHALMERS, W.S. 1958. Observations on some caribbean forest. *Caribbean Forester* 19(1): 30-42.
- CHAUDRHY, M.A. 1980. Ectomycorrhiza of *Pinus caribaea* in Uganda. **In.** P. Mikola (ed.). *Tropical Mycorrhiza Research*. Oxford University Press. New York. pp. 88-89.
- FERNÁNDEZ, V. X; ARRIECHE, R. 1982. Ensayos de herbicidas de uso pre y post-emergente para control de malezas en viveros de *P. caribaea* var. *caribaea*. Venezuela. *Foretal* No. 6. pp 38-58.

- FERRERA C., R. 1993. Ectomicorriza. **In.** Manual de Agromicrobiología. Trillas. México, D.F. pp 93-120.
- FLINTA, C.M. 1978. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. Roma. Cuaderno de Fomento Forestal No. 15. 498 p.
- FREEZAILLAH, B.C.Y.; LOW, C.M. 1968. Some preliminary observations on the attack and control of a fungal (*Pestalotia sp.*) disease on the seedlings of *Pinus caribaea*. The Malaysian Forester, 31 (1): 15 - 19.
- GERENCIA GENERAL SECTORIAL DE PLANTACIONES, CVG-PROFORCA. 1999. Control de calidad para el establecimiento de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Uverito, Edo. Monagas, Venezuela. Inédito. 24 p.
- GHOSH, R.C., et al., 1976. Optimum depth of sowing for propagation of tropical pines. Indian Forester 102 (9) 555-567.
- GOMEZ-NAVA, M.S. 1976. Combate del damping-off en semillas forestales. Instituto Nacional de Investigación Forestal. Boletín 42. México, 13 p.
- GOOR, A.Y.; BARNEY, C.W. 1976. Forest tree planting in arid zones. New York. The Ronald Press. 504p.
- HALEY, J.L.; SMITH, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York. 483 p.
- HARLEY, J.L. 1959. The biology of mycorrhiza. 2a ed. Leonard Hill, London. 334 p.
- HOWARD, J.A. 1956. Preliminary nursery investigations on the Nyika Plateau. Commonwealth Forest Review. 35:302-312.
- IGLESIAS GUTIERREZ, L. ; PIMENTEL BIBRIESCA, L.; FERRERA CERRATO, R. 1985. Ectomicorizas en viveros forestales. **In.** III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. INIF-SARH. Publicación especial No. 48. México, D. F. Méx. pp. 421-439.
- INTECFOR-IRENA-UNA. 1993. Manual técnico forestal. IRENA. Managua, Nicaragua. 250 p.
- IRENARE-CATIE-BNP. 1988. El Pino. Una especie de uso múltiple con gran potencial. CATIE. Panamá. 5 p.
- IVORY, M.H. 1981. Ectomycorrhizal fungi of lowland tropical pines in natural forest and exotict plantations. Unit of Tropical Silviculture, Commonwealth Forestry Institute, Oxford, United Kingdom. Forest Science. 42(5) : 110-117.
- IZARRA, C.; GONZÁLEZ, L. 1994. Efecto de los herbicidas Oxifluorfen, Alacloro y Oxadiazon, en el control pre-emergente de malezas en vivero de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **In.** Investigación y desarrollo Forestal. CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Boletín Técnico No. 10. pp. 1-17.
- JOSHI, H.B.; PANDE, D.C. 1972. Introduction of tropical conifers in hill regions of Uttar Pradesh (India). **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. v. 1, pp. 285-301.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Traducción: Carrillo, A. GTZ, GmbH. República Federal Alemana. 334 p.

- LETOURNEUX, C. 1957. Tree planting practices in tropical Asia. FAO, Forestry Development Paper N° 11. 172 p.
- LIGHTBURN M., W.E. 1974. Conservación y explotación del *P. caribaea*. Tesis de Licenciado en biología y Ciencias Naturales. Facultad de Humanidades. Departamento de Biología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 31 p.
- LOPEZ OLIVARES, C.R. 1990. Evaluación micorrízica y su relación con el crecimiento en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en La Sabana, Oaxaca. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 127 p.
- MADELEÑA-3, CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- MARKS, G.C.; FOSTER, R.C., 1973. Structure, morphogenesis and ultrastructure of ectomycorrhizae. **In.** MARKS, G. D.; KOSLOWSKI, T. T. Ectomycorrhizae: Their ecology and physiology. Academic Press, New York, pp. 1-41.
- MARX, D.H. 1975a. Mycorrhizae and establishment of trees on strip-mined land. Ohio Journal Science 75: (6): 288-297.
- MARX, D.H. 1979. Synthesis of ectomycorrhizae by different fungi on northern red oak seedlings. USDA Forest Service Research Note SE-282. 12 p.
- MARX, D.H.; CRAIG, B. W. 1971. Formation of ectomycorrhizae on half-sib progenies of slash pine in aseptic culture. Forest Science 17(4):448-492.
- MARX, D.H.; HEDIN, A.; TOE IV, S. F. P. 1985. Field performance of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedlings with specific ectomycorrhizae and fertilization after three years on a savanna site in Liberia. Forest Ecology Management 13:1-25.
- MARX, D.H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrents to pathogenic root infections. Annual Review of Phytopatology 10:429-454.
- MARX, D.H. 1977. The role of mycorrhizae in forest production. USFS. Southeastern Forest Experiment Station. Institute for Mycorrhizal Research and Development. Athens, Georgia. pp. 151-161.
- MATHUS MORALES, M.A. 1978. Aspectos técnicos de la plantación de pinos Tropicales en La Sabana, Distrito Mixe, Oaxaca. **In.** DGI y CF. Memoria. Primer Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH. México, D. F. pp 271-277.
- MESBRUGE, G. 1972. First result of the introduction of pine in the low-land Tropical zone of the Ivory Coast. **In.** Burley, J. y Nikles, D. G., Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v.1. pp. 213-225.
- MIKOLA, P. 1969. Forestación de zonas razas: importancia y técnicas de la inoculación micorrízica. Unasylla (Supl.) 23(1):35-48.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1993. Autoecología de la especie Pino caribe. SERFORVEN. Caracas, Venezuela. Cartilla No. 14. 13 p.

- MUNGUÍA, O.E. 1981. Uso de herbicidas en la producción de plántulas de *Pinus caribaea* a raíz desnuda. **In.** J.A. Reyes et al. Actas de las terceras jornadas de reforestación. eds. Tegucigalpa, Honduras. COHDEFOR. pp. 108-115.
- MUSALEM SANTIAGO, M.A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el trópico húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis de grado de Magister Scientiae. Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- NAPIER, I. 1980. Efecto del uso de fungicida Agallol en la germinación de *Pinus caribaea*. **In.** Actas de las Segundas Jornadas de Reforestación. 27 y 28 de noviembre 1980. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. 306 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. Editado por J. L. Whitmore. Río Piedras, Puerto Rico. IUFRO(MAB)/Forestry Service (USDA). pp. 171-190.
- NAPIER, I. 1982. Enfermedades fungosas en los pinos de los viveros de Honduras: Identificación, prevención y control. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. Nota Técnica 3. 12 p.
- NAPIER, I. 1982. La poda de raíz del *Pinus oocarpa* y el *Pinus caribaea* en los viveros de Honduras. Escuela Nacional de Ciencias Forestales y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Siguatepeque, Honduras. Artículo Científico 5. 15 p.
- NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. ESNACIFOR (Hon.). Publicación Miscelánea No.5. 274 p.
- OCAMPO BUSTAMANTE, J. 1990. Influencia del sustrato en la micorrización y el crecimiento en vivero de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Tesis de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 25 p.
- PAUL, D.K. 1972. A handbook of nursery practice for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and other conifers in West Malaysia Rome FAO Working Paper No. FO: SE/NLAL 12. 139p.
- PEACE, T.R. 1962. Pathology of trees and shrubs. Oxford University Press. London. 753 p.
- PEDRAZA CERON, L.; SANCHEZ BAEZ, J.L.; RODRIGUEZ FRANCO, C.; MUSALEM, M.A. 1984. Influencia de diferentes mezclas de sustratos en el desarrollo de *Cupressus lindleyi* Klotsch. y *Eucalyptus globulus* Labill en vivero. **In.** Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. 3a. SARH, México. Publicación Especial No. 48. pp. 386-406.
- PEÑA D., F.E. 1990. Determinación del crecimiento en vivero de tres especies de Pinos: *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* procedente de 14 sitios en la localidad de Matagalpa, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 52 p.

- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- PIMENTEL B., L. 1999. Apuntes del curso de semillas y viveros forestales. (mimeografiado). Chapingo, México. 303 p.
- PIÑA FUENTE, F. 1979. Estandarización de un medio de cultivo para la propagación masiva de hongos ectomicorrízicos. *Ciencia Forestal* (México) 4(18):11-20.
- PRITCHETT, W.L. 1986. Suelos forestales. México. LIMUSA, 634 p.
- PRITCHETT, W.L. 1979. Properties and management of forest soils. New York. John Wiley. 500 p.
- PROSEFOR, CATIE. 1997. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales No. 11. 2 p.
- RAMÍREZ, A.; MONTAÑO, N.; DÍAZ, R. 1998. Control químico de malezas con la aplicación de herbicidas post-emergentes en Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). In. 1er. congreso venezolano de pino y eucalipto. CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. p. 20.
- RODAS P., C.A. 1998. La Hormiga arriera, estrategias de manejo. Gobernación del Cauca, Secretaría de desarrollo Agropecuario, Comité Departamental de Cafetaleros y Smurfit Cartón de Colombia. Cauca, Colombia. Conferencia Seminario Manejo Integrado de Hormiga arriera. 9 p.
- ROJAS, F.; ORTÍZ E. 1991. Pino caribe. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barrett y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 175. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- ROOK, D.A. 1969 a. Studies on the physiology of wrenched seedlings. In. New Zealand Forest Research Institute Symposium No. 9. Eds. G. C. Chavasse and G. Weston. pp. 119-121.
- ROOK, D.A. 1969 b. Water relations of wrenched and unwrenched *Pinus radiata* seedlings on being trasplanted onto conditions of water stress. *New Zealand Journal of Forestry*. 14 (1): 50-8.
- ROOK, D.A. 1971. Effect of undercutting and wrenching on growth of *Pinus radiata*. D. Don seedlings. *Journal of Applied. Ecology*. 8:447-90.
- SANCHEZ RAMIREZ, R. 1980. Hongos micorrízicos y su relación con las coníferas de la Meseta Tarasca, Michoacán. *Ciencia Forestal* (México) 5(26):42-63.
- SHEA, G.M.; ARMSTRONG, P.A. 1978. Factors affecting survival in open root planting of caribbean pine-Coastal Queensland. Technical paper No. 8, Dept. For. Queensland, Australia. 18 p.
- SILVA, R. 1994. Metodología para el establecimiento de viveros y plantaciones de Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). In. Investigación y desarrollo Forestal (INDEFOR). CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Boletín Técnico No. 7. 50 p.

- VAN DORSSER, J.C.; ROOK, D.A. 1972. Conditioning of *radiata pine* seedlings by undercutting and wrenching: description of methods, equipment and seedling response. N.Z. Jour. For. 17(1),61-73.
- VEGA CONDORI, L. 1964. Efecto de las micorrizas en el crecimiento inicial de coníferas tropicales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 14(3):151-155.
- VERSTEEGH, P.J.D. 1968. Plantaciones de *Pinus caribaea* en Surinam. In. Congreso Forestal Mundial, 6°. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 1688-1697.
- VILLAREAL GODINEZ, R. 1981. Comportamiento de *Pinus arizonica* Engelm. en invernadero y vivero a la intemperie. Tesis de Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Bosques, Chapingo, México. 77 p.
- VINCENT, A.J.; MANG, M. 1972. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr and Golf. In Fiji In. Burley, J. y Nikles, D. G. Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v 1, pp: 351-365.
- VOLKART, M. 1964. Formación de micorrizas en pinos centroamericanos bajo condiciones controladas. IICA. Turrialba, Costa Rica. v 14(4):203-205.
- WHITMORE, J.L.; GEARY, T.F. 1972. *Pinus merkusii* Jung, and Vriese provenance trial in Puerto Rico. In. Burley, J y Nikles, D. G., Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth, Forestry Institute, v.1, pp. 161-172.
- ZAK, B. 1973. Classification of ectomycorrhizae. In. G.C. Marks and T.T. Kolowski (eds.). Ectomycorrhizae-their ecology and physiology. Academic Press. New York pp. 43-79.



ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

13 12 '00

RESUMEN

Las mejores áreas para plantar Pino caribe son las que se encuentran entre 0 y 800 msnm, con 1 000 a 4 000 mm de precipitación anual y de 20 a 27°C de temperatura promedio anual. Puede plantarse en sitios con topografía plana o quebrada, en suelos fértiles, ligeramente pobres o en suelos pastoreados, siempre que haya buen drenaje y pH ligeramente ácido. Esta especie no requiere de una exhaustiva preparación de sitio y puede competir con la maleza cuando ésta no es más alta que las plántulas.

El sistema de Cepa común es uno de los métodos más utilizados en Nicaragua. 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. Tomando en cuenta las condiciones climáticas del país, se recomienda plantar una vez establecidas las lluvias, esto implica hacerlo en los meses de junio, julio y agosto.

El transporte de plantas del vivero al lugar de plantación debe ser muy cuidadoso para evitar deshidratación y daños físicos. Una vez efectuada la apertura de la cepa, se efectúa poda de raíz si se presenta torta de raíces en el fondo de la bolsa, se elimina la bolsa de polietileno, de ser necesario se aplica 50 gramos de abono completo en el fondo del hoyo al momento de plantar, se coloca la planta verticalmente en el centro del hoyo y se entierra la planta a la altura del cuello o con un máximo de 2-3 cm del cuello enterrado y se finaliza apisonando los bordes.

En la producción de árboles para pulpa, leña o postes pequeños, se recomienda plantar 1 600 árboles/ha, a un espaciamiento inicial de 2.5 x 2.5 m y la cosecha final se hará entre los ocho y 12 años, dependiendo de la calidad del sitio, sin necesidad de raleos. En plantaciones para fines de aserrío, contrachapado y postes de gran dimensión, suelen plantarse 1 100 árboles/ha a 3.0 x 3.0 m, y continuar con un plan de raleos hasta que queden para la corta final de 250 a 400 árboles/ha, los cuales pueden ser aprovechados entre los 15 y 25 años, según la calidad de sitio.

4. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

4.1. Selección del área de plantación

Las mejores áreas para plantar Pino caribe son las que se encuentran entre 0 y 800 msnm, con 1 000 a 4 000 mm de precipitación anual y de 20° a 27°C de temperatura promedio anual. El Pino caribe no es una especie exigente en cuanto al tipo de suelo; puede plantarse en sitios con topografía plana o quebrada, en suelos fértiles, ligeramente pobres o en suelos pastoreados, siempre que haya buen drenaje y pH ligeramente ácido. La topografía no es un factor limitante, siempre y cuando no sea excesiva, como para dificultar las labores de establecimiento, mantenimiento y explotación. Los terrenos recomendados para sembrar esta especie, son aquellos que se encuentran bajo condiciones de potrero natural y con buen drenaje. Bajo estas condiciones, los costos de establecimiento y mantenimiento son considerablemente menores, que si se utilizan terrenos ocupados por charrales o montañas.

Estudios realizados en Panamá y 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). Se ha encontrado que Pino caribe es una especie muy flexible en cuanto a requerimientos de sitio, siempre que no hayan problemas de drenaje. En el Cuadro 12 se resumen las características de los sitios donde se puede anticipar el crecimiento satisfactorio de los pinos nicaragüenses como especie exótica de plantación.

Un factor muy importante a la hora de tomar la decisión de realizar una plantación comercial, es la seguridad de mercado y la ubicación del mismo, o sea, que el bosque debe tener buena ubicación, con respecto a las futuras fuentes de consumo de la materia prima.

4.2. Levantamiento previo

Se le conoce como levantamiento previo, al reconocimiento sobre el terreno donde se va a realizar la plantación, y sirve para conocer el medio ambiente en el que se van a establecer las plantas, las diversas condiciones del suelo, exposiciones, pendientes, refugios de fauna silvestre, monumentos naturales o sitios de alguna importancia. Lo

Cuadro 12. Características de los sitios recomendables para plantar satisfactoriamente los pinos nicaragüenses.

Características del sitio	<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	<i>P. oocarpa</i>	<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	<i>P. maximinoi</i>
Latitud para las plantaciones	0-25°	10-28°	7-25°	0-30°
Rango altitudinal	0-800 m	1000-2500 m	300-2500 m	1500-2500 m
Precipitación media anual	1000-4000 mm	750-2000 mm	1250-2500 mm	1000-2000 mm
Temporada seca	0-6 meses	2-6 meses	2-6 meses	2-6 meses
Temp. máxima. media en el mes de mayor temperatura	26-34°C	20-30°C	22-32°C	17-25°C
Temp. min. media en el mes de menor temperatura	15-22°C	8-16°C	10-18°C	7-15°C
Promedio de la temp. anual	22-27°C	18-23°C	15-25°C	12-20°C
Textura del suelo	Liviano a mediano	Liviano a mediano	Liviano a mediano	Liviano a mediano
pH del suelo	Neutro a ácido	Neutro a ácido	Neutro a ácido	Neutro a ácido
Observaciones generales sobre la aptitud del sitio.	La copa es liviana, no compite bien con intensa competencia de malezas	La copa es liviana, no compite bien con intensa competencia de malezas	Crece bien en sitios mucho más tropicales que su distribución natural	

Fuente: Greaves (1978; 1979).

más importante de esta actividad es ubicar las áreas que serán destinadas a plantaciones, red caminera, áreas de protección, conservación, recreación y fauna; líneas de electricidad y comunicación, así como los tipos de preparación de sitio que sea requerido.

Para la realización del levantamiento previo se recomienda utilizar fotografías aéreas de la zona, de preferencia de escalas de 1:10 000, o bien, planos o mapas topográficos que representen la situación del terreno. En el levantamiento previo, es necesario demarcar las parcelas de 20 a 100 ha cada una, abriendo fajas cortafuego de 6 a 10 m de ancho que separaran las parcelas, y que se complementan con la faja perimetral del área de plantación de 10 a 15 m de ancho. Evidentemente, el ancho de las fajas cortafuego varía en función de la intensidad del viento, la pendiente y la humedad ambiental entre otros. Una práctica recomendada es utilizar las fajas cortafuegos como vialidad dentro de las áreas de plantaciones.

4.3. Tratamientos al suelo

El tratamiento al suelo inicia con el desmonte, que consiste en derribar toda la vegetación arbustiva existente en el área a plantar. El desmonte puede efectuarse en forma manual y en forma mecanizada; en este último caso se recomienda utilizar un cable de acero de 80 metros de largo y 1.5'' de diámetro, acoplado a dos tractores de 160 Hp que se trasladan en forma paralela y unidos por los extremos del cable que arranca los árboles y arbustos.

El terreno a plantar debe estar libre de malezas, pudiéndose obtener mejores resultados en terrenos que han sido previamente quemados y con algún grado de preparación del suelo. Los costos de preparación del terreno se pueden disminuir limpiando únicamente las fajas del surco 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 50 a 75 cm en donde se colocará la planta. Es recomendable eliminar la vegetación solamente en fajas o manchas en condiciones de fuertes pendientes, cuando la vegetación herbácea o arbustiva es poco densa y cuando la vegetación no compite con los arbolitos en forma significativa (Figura 40). Un método alternativo y complementario para realizar esta limpieza es utilizar un

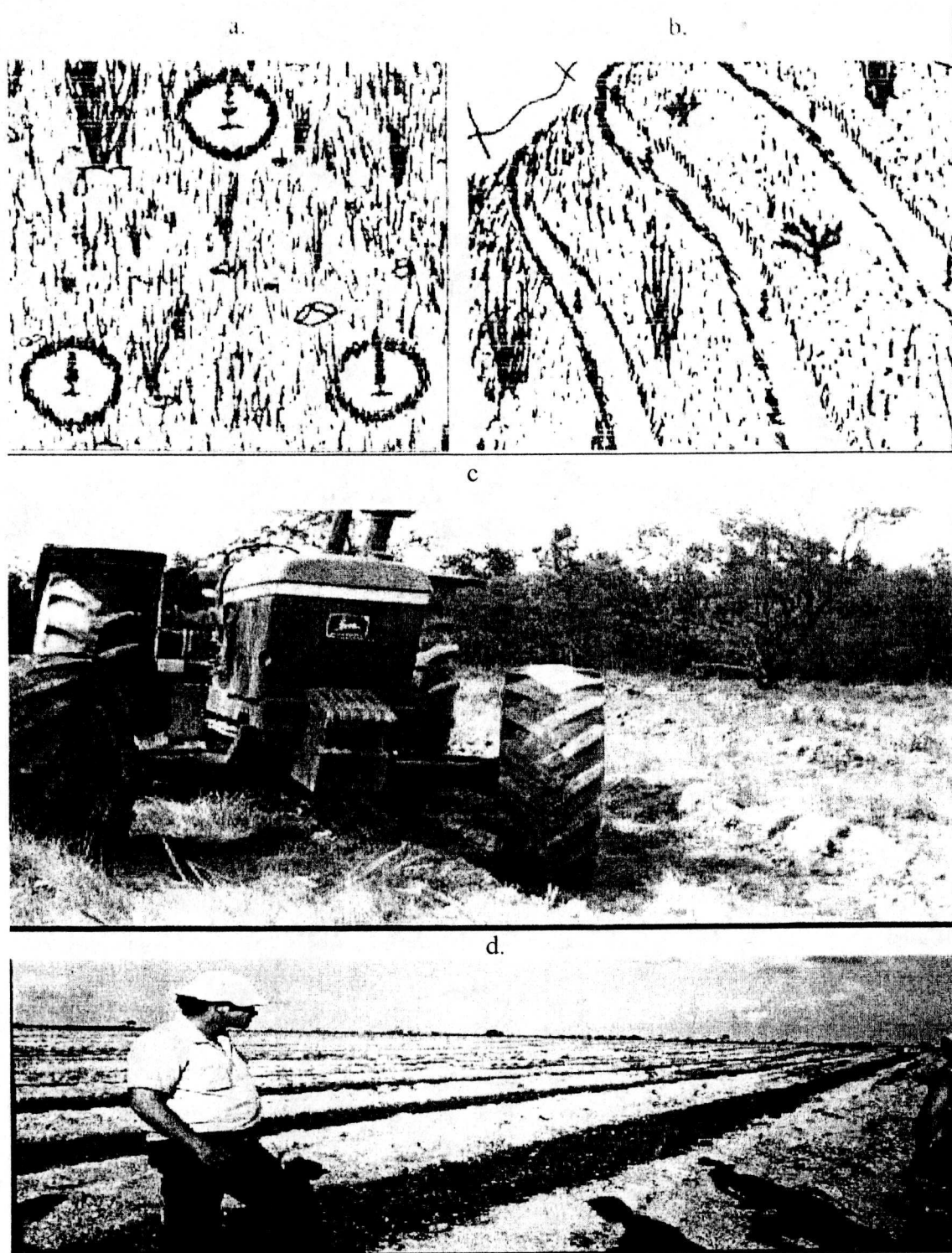


Figura 40. Algunas alternativas de preparación del suelo. **a** Eliminación de la maleza en manchas de 1 m de diámetro . **b** Eliminación de la maleza en fajas, recomendado en curvas de nivel. **c** y **d** Roturado de faja a plantar (**a** y **b** Tomadas de Galloway y Borgo, 1984; **c** Por FADCANIC, 1999; **d** Por Musálem, 1974).

herbicida, el cual se aplica dos o tres semanas antes de iniciar la plantación. Esta especie puede competir con la maleza cuando ésta no es más alta que las plántulas.

CVG-PROFORCA de Venezuela, efectuó un experimento de métodos de preparación de sitios para sabanas naturales, y encontraron que a los cuatro años y ocho meses de edad de la plantación, los mejores rendimientos en DAP, volumen con corteza/ha, área basal media, IMA y sobrevivencia, se dieron con el tratamiento de quema de la vegetación y aplicación de dos pases de rastra liviana. Los segundos mejores tratamientos fueron los de quema de la vegetación y rastreo de una franja de 80 cm con doble pase de rastra, y un tratamiento similar pero con un solo pase de rastra. El peor tratamiento fue quemar la vegetación natural y plantar sin ninguna preparación del terreno.

En un experimento similar en áreas de segundo turno de plantación, y evaluado a los seis años de la plantación, encontraron que el pino tiene un excelente comportamiento en los tratamientos de a) plantar entre escombros, b) quemar escombros y c) quema de escombros mas rastreo; el peor tratamiento fue el apilado de escombro y plantar en el área limpia.

4.3.1. Tratamiento manual

En este método, se inicia con la eliminación de la cubierta vegetal, utilizando herramientas tales como machetes, hachas, hoz y motosierras. Árboles, tallos y ramas son eliminados y amontonados para su quema, o bien, su posterior pudrición. Este método se recomienda cuando la cubierta del terreno exige que la perturbación sea mínima antes de la plantación, cuando en el lugar existe mano de obra barata, abundante y eficiente o cuando el terreno no permite otro tipo de eliminación de la misma.

Un método complementario de eliminación de la vegetación, es la quema. Este método es aplicable en sabanas y praderas; pero, para aplicarlo se requiere limitar la quema a superficies menores a 30 ha, seleccionar condiciones propicia de viento y buenas condiciones atmosféricas. Las principales desventajas son la eliminación total de la entomofauna, materia orgánica y nitrógeno.

4.3.2. Tratamiento mecanizado

La preparación del suelo en forma mecanizada, para las condiciones de humedad de Nicaragua y en condiciones de terrenos planos, consiste en que una vez eliminada la vegetación, se puede arar la faja donde serán plantados los árboles. Este sistema ayuda al desarrollo inicial de la plantación, y es indispensable para plantar a raíz desnuda.

En el Oriente de Venezuela, en suelos de sabanas con una precipitación de 1100 mm anuales, se procede a la quema de la sabana, recolección de escombros y posteriormente se hace una preparación total del suelo con dos pases de rastras cruzados y luego se planta.

4.3.3. Control de *Atta sp.* en área a plantar

En las áreas destinadas al establecimiento de nuevas plantaciones de Pino caribe, se recomienda realizar el control de las hormigas desfoliadoras. Esta actividad se hace luego del desmonte y quema, por la facilidad que se presenta en la visibilidad de los nidos. En protección de plantas en vivero, del capítulo 3, se presenta el método de control.

4.4. Trazado y marcación del terreno

4.4.1. Plantación en cuadro o rectángulo

Este sistema se recomienda en terrenos de poca pendiente, ubicando las plantas en los ángulos del cuadro o rectángulo que determinan el espaciamiento de la plantación. Al inicio, con una escuadra y cuerda de 30 m o más, bien estirada, se hace un cuadro del tamaño de la cuerda, después, en base a uno de los bordes del cuadro se trazan paralelamente las otras líneas (Figura 41, A). El cordel dispone de marcas con nudos o pintura que sirven para la ubicación de los hoyos según el distanciamiento elegido, los cuales se marca con una estaca u otra señal. Para calcular el número de plantas necesarias para una superficie determinada se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Número de plantas} = (10\,000\text{ m}^2 \times \text{No. de ha}) / (\text{Dist. entre surcos} \times \text{Dist. entre plantas})$$

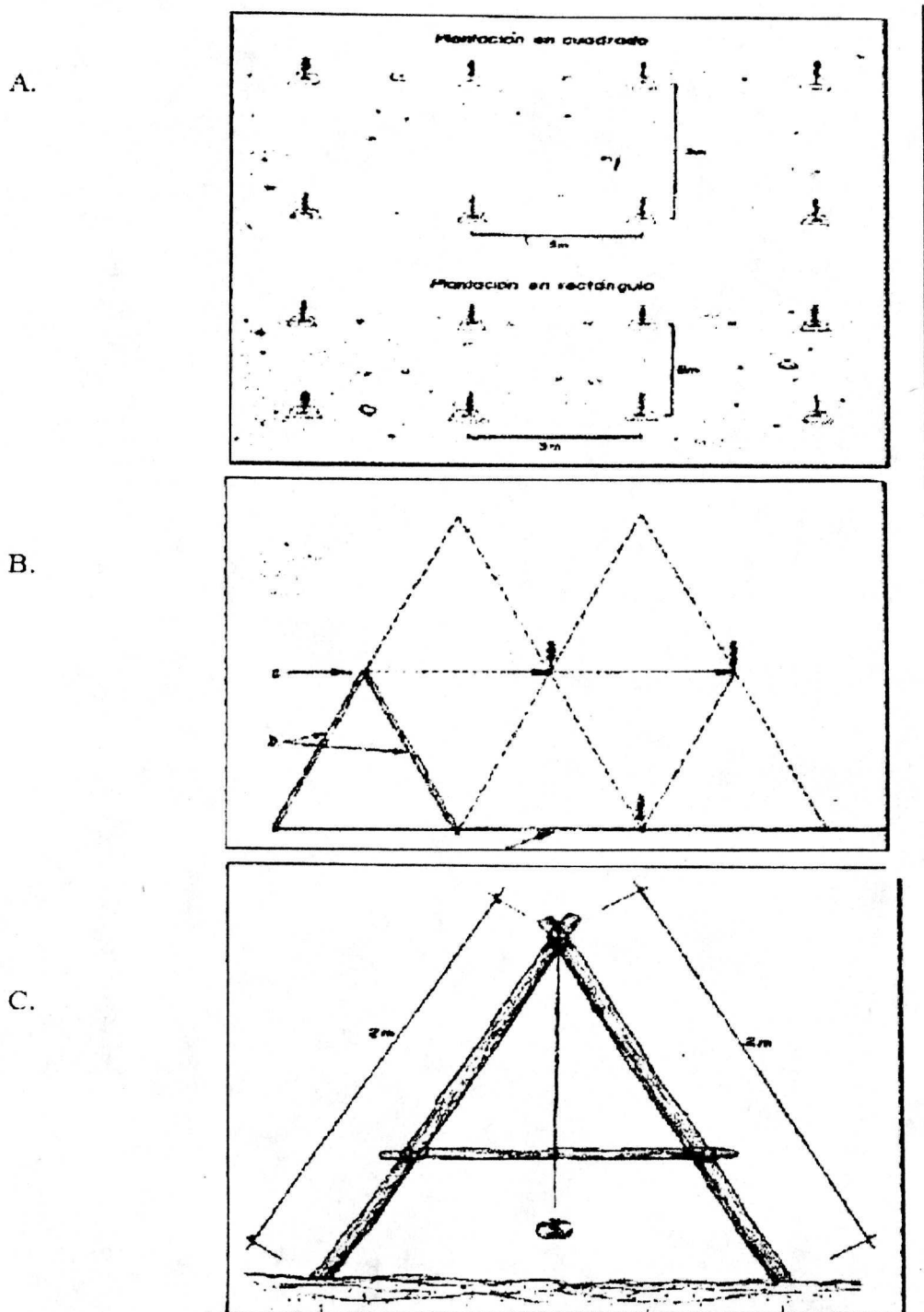


Figura 41. **A** Plantación en cuadro y rectángulo. **B** Plantación a tresbolillo: **a** Cordel con marcas cada 3 m. **b** Varas de 3 m de largo. **c** Base de nueva línea. **C** Nivel rústico para trazar curva de nivel en terreno inclinado (Tomado de Galloway y Borgo, 1984).

4.4.2. Plantación a tresbolillo

La distribución a tres bolillos es adecuada para controlar la erosión hídrica en áreas con pendiente. En esta distribución, el espaciamiento entre hoyos es igual en todas las direcciones, colocándose las plantas en los ángulos del triángulo equilátero (Figura 41, B). Para la marcación del terreno, en una orilla del predio se tensa una cuerda larga entre dos estacas, que sirve de línea base. A lo largo de la línea se procede a marcar la distancia requerida entre plantas, y luego, con dos varas de la longitud igual a la distancia de plantación, se forman triángulos con apoyo de dos de los puntos marcados anteriormente. Al llegar al final del cordel se hacen nuevos triángulos como base para otra línea. Para calcular el número de plantas necesarias para una superficie determinada se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{No. de plantas} = (10\,000 \text{ m}^2 \times \text{No. de ha}) / (\text{Distancia entre plantas}^2 \times 0.866).$$

4.4.3. Plantación en curvas de nivel

Este sistema se emplea en terrenos con pendientes fuertes, con el objetivo de controlar la erosión. Para la marcación se puede usar un nivel sencillo parecido a un compás de ángulos iguales, que consta de dos patas de la misma longitud, de cuya unión superior cuelga una plomada. Las dos patas se unen a la mitad con una vara que tiene una marca en el centro. Cuando la cuerda de la plomada pasa por la marca, la base de las patas está al mismo nivel. Para trazar una curva a nivel se ubica un punto a partir del cual se va a iniciar el trabajo, y sobre él, se fija una pata del nivel, mientras la otra se mueve hacia arriba o hacia abajo tocando el terreno hasta que la plomada se ubica en el centro de la vara horizontal y se marca dicho punto a nivel. A partir del mismo, se repite la operación girando el nivel a manera de compás hasta llegar al otro extremo del terreno. El distanciamiento para el hoyado se indica sobre la línea, bien sea con una vara o con el mismo nivel. En el caso de un nivel de 2 m de largo, para un espaciamiento de tres metros, se empieza marcando donde cae la primer punta, luego se gira a manera de compás y se marca donde indica la plomada (Figura 40, b y 41, C).

4.5. Apertura de cepas

El sistema de Cepa común, no se debe emplear indiscriminadamente para cualquier tipo de terreno, sino, sólo en los que tengan suelos profundos, pedregosos o

arenosos, y nunca en terrenos tepetatosos, suelos delgados subyaciendo en material duro y sitios con escasa precipitación.

Para Pino caribe, 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.

Para la apertura de cepas, una vez definida las dimensiones y las herramientas a utilizar de acuerdo a las características del sitio, se procede a extraer la tierra superficial y depositarla a un lado de la cepa y luego extraer la tierra de mayor profundidad y depositarla aparte de la primera. La extracción puede realizarse con zapapico y barreta en las áreas en las cuales se presentan terrones duros, mientras que suelos menos duros es suficiente el cava-hoyos y una pala recta para terrenos profundos y suaves. Al colocar el arbolito en el centro de la cepa, primero se deposita la tierra superficial y después la que se extrajo de mayor profundidad. Esta práctica permite que el suelo superficial mas rico en materia orgánica quede en contacto con las raíces de las plantas desde su primer etapa de desarrollo (Figura 42).

4.6. Época de plantación

La plantación debe efectuarse en los días nublados y húmedos, evitándose los días de mucha insolación, secos y con mucho viento, ya que tienden a ocasionar muchos daños a las plantas, además de los ocasionados por la manipulación. Estas recomendaciones son muy estrictas, cuando se trabaja con plantas a raíz desnuda. En Nicaragua, tomando en cuenta las condiciones climáticas, se recomienda plantar una vez establecidas las lluvias, esto implica hacerlo en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

CVG-PROFORCA, en los estados de Monagas y Anzoátegui, Venezuela, normalmente inicia la plantación a mediados de junio y concluye a finales de julio, debido que la precipitación en la zona es de apenas 900 mm anuales, con un periodo de lluvias de 40 a 45 días y suelos arenosos.

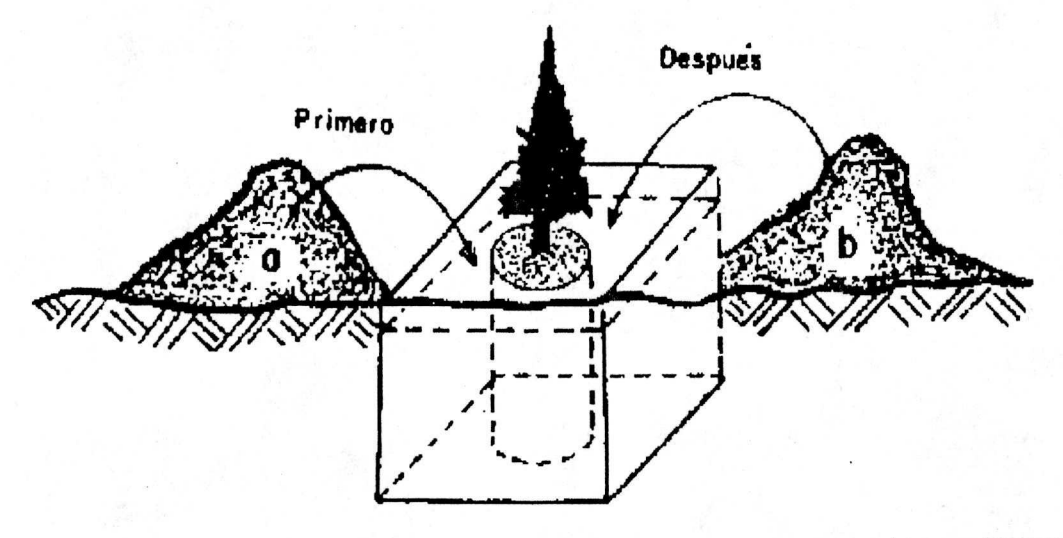


Figura 42. Forma de construir una cepa común o de abrir hoyos (Tomado de Pimentel, 1997).

- a. Tierra superficial que representa el 50% aproximado de la extraída y que al momento de plantar se depositará al fondo del hoyo
- b. Tierra del fondo y menos fértil que se deposita aparte de la tierra superficial, y que al momento de plantar se depositará en la parte más superficial del hoyo

4.7. Edad de la planta a la plantación

La producción de plántulas en vivero requiere de 5 a 6 meses cuando se produce en bolsas de polietileno y de 6 a 7 meses cuando se produce a raíz desnuda. Las plantas están listas para ser llevadas al sitio de plantación cuando alcanzan de 20 a 30 centímetros de altura en plantas producidas en bolsa y de 25 a 30 cm cuando se producen a raíz desnuda.

4.8. Espaciamiento de la 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. 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.

4.8.1. Influencia del espaciamiento

4.8.1.1. Influencia en el crecimiento en altura

La literatura a nivel mundial señala puntos conflictivos en cuanto a la influencia de los espaciamientos y la densidad en el crecimiento en altura. Estas discrepancias son debidas a las diversas formas de evaluación y diferencias en la calidad de sitio de las parcelas de medición entre otras. En general hay consenso de que en coníferas la altura del estrato dominante no es afectada, con la excepción de rodales con densidades extremas o en sitios de calidad muy baja. En Pino caribe se ha observado la tendencia de que a mayor espaciamiento se produce mayor crecimiento en altura.

4.8.1.2. Influencia en el crecimiento en diámetro

En general, todos los estudios consultados sobre el efecto del espaciamiento y la densidad sobre el crecimiento en diámetro, en esta y otras especies, concuerdan en que

hay una relación directa entre el espaciamiento y crecimiento en esta característica. Así pues, a mayor espaciamiento de plantación corresponde un mayor crecimiento en diámetro.

En Pino caribe, densidades iniciales mayores o iguales a 1 525 árboles/ha, en Turrialba, Costa Rica, alcanzaron el máximo IMA-dg alrededor de los 2.6 años, con valores de 3.2 a 3.7 centímetros/año, mientras que densidades iniciales menores o iguales a 1 111 árboles/ha, lo alcanzan alrededor de los 3.7 años, con valores de 3.4 a 3.7 centímetros/año.

4.8.1.3. Influencia en la sobrevivencia

No existe mucha información sobre el efecto del espaciamiento en la sobrevivencia de Pino caribe en plantaciones. Pino caribe puede sobrevivir bien en densidades cerradas aún a los 14 años; sin embargo, en una plantación de Pino caribe a los 20 años de edad, en Puerto Rico, los valores más bajos se presentaron siempre en el espaciamiento más cerrado de 1.5 x 1.5 metro.

4.8.1.4. Influencia en el crecimiento en volumen

Los reportes encontrados para Pino caribe coinciden en que a menor espaciamiento de plantación el crecimiento en volumen es mayor; sin embargo, se ha reportado que en Puerto Rico, de los 18 a 20 años de edad las diferencias ya no fueron significativas, notándose una reducción en el ritmo de crecimiento en los espaciamientos cerrados. En cuanto a volumen comercial se refiere, varios autores han encontrado que es mayor en los espaciamiento más pequeños; sin embargo, la diferencia de volumen entre las parcelas de mayor densidad fue de sólo un 15 por ciento, comparado con el espaciamiento más abierto, aun cuando el número de árboles de las primeras cuadruplicaba al de las segundas.

Un análisis del efecto de 4 espaciamientos (2 x 2, 2.5 x 2.5, 3 x 3 y 3.5 x 3.5 metros) sobre el crecimiento de la especie en Turrialba, Costa Rica, plantada con semilla procedente de Belice, indica que a los 5 años de edad, el espaciamiento inicial de 2.5 x 2.5 m, permitió obtener el mayor incremento medio anual de volumen (39.3 m³/ha con corteza), 3.44 m de fuste limpio y un diámetro promedio con corteza (DAP) de 16.75 centímetros.

En Tuxtepec, Oaxaca, México, se encontró que los espaciamientos que produjeron el mayor volumen total por hectárea a los 7 años fueron el de 4x1, 3x1, 1x1 y 2x1 m con 335, 294, 272 y 273 m³ por hectárea, respectivamente y que la poda natural es más intensa en los espaciamientos menores. Por otra parte, las características de la copa, longitud, proyección y relación copa viva/altura total guardaron una relación directamente proporcional al espaciamiento.

4.8.1.5. Influencia en la altura del fuste limpio y tamaño de copa

El espaciamiento de la plantación influye en la rapidez con que ocurre la poda natural y, por lo tanto, en la altura del fuste. Se reportó que Pino caribe en Costa Rica, a menor espaciamiento produjo mayores alturas de fuste limpio; además, tomando en cuenta que en general la diferencia de espaciamiento no influye grandemente en el crecimiento en altura, es lógico esperar menores longitudes de copa en los espaciamiento más cerrados, y también menores radios de longitud de copa viva/altura total.

4.8.2. Distancia de plantación

Dependiendo de los objetivos de la plantación, deberá seleccionarse la densidad inicial y el manejo de la plantación. En la producción de árboles para pulpa, leña o postes pequeños, se recomienda plantar 1 600 árboles/ha, a un espaciamiento inicial de 2.5 x 2.5 m. La cosecha final se hará entre los 8 y 12 años, dependiendo de la calidad del sitio, sin necesidad de raleos.

En plantaciones para fines de aserrío, contrachapado y postes de gran dimensión, suelen plantarse 1 100 árboles/ha a 3.0 x 3.0 m, aplicando podas sobre los mejores árboles en los primeros años, así como un primer raleo al cierre de las copas y continuar con un plan de raleos hasta que queden para la corta final de 250 a 400 árboles/ha, los cuales pueden ser aprovechados entre los 15 y 25 años, según la calidad de sitio. Los espaciamientos a utilizar según el objetivo de la plantación son los que se indican en el Cuadro 13.

En el Oriente de Venezuela, La CVG-PROFORCA planta Pino caribe a raíz desnuda a un distanciamiento de 2.70 x 3.3 m para 1 100 árbol/ha; no obstante, estudios de distanciamiento aconsejan mantener o disminuir esa cantidad de árboles por hectáreas según la calidad del suelo. Así, en suelos de calidad I y II recomiendan 1370 árboles/ha;

Cuadro 13. Espaciamiento y área de crecimiento a asignar Pino caribe, según el objetivo final de la plantación.

Objetivo final estimado de la plantación	Área de crecimiento asignada (m ²)	Espaciamiento al momento de plantación (m)	Número de árboles	Diámetro de los árboles (cm)
Árboles para leña, pulpa o postes pequeños	6.25	2.5x2.5	1600	16.0
Árboles para aserrar o para contrachapado	9.0	3.0x3.0	1100	20.0

Fuente: Rojas y Ortíz (1991).

mientras que en suelos de calidad III, las más limitantes para el crecimiento de pino, se propone plantar 1 100 árboles/hectárea.

Para Pino caribe, con fines de aserrío, en Costa Rica se menciona que no es recomendable utilizar densidades iniciales menores o iguales a 811 árboles/ha en Pino caribe ya que producen rendimientos bajos en área basal y favorece una mayor competencia con malezas, perdiendo el efecto de autoprotección.

En Surinam se estableció a un distanciamiento de 3.5 x 2.2 m para poder realizar los cuidados silviculturales mecánicamente; en Jarí los distanciamiento han sido de 4 x 2.5 m en plantaciones para la producción de madera para papel, con un turno de 12 años y en plantaciones para la producción de madera de aserrío (raleos a las edades de 6, 9 y 12 años), con un turno de 16 años.

4.9. Transporte de planta

Generalmente, en los terrenos donde se pretende llevar a cabo una plantación, no se cuenta con vías de acceso adecuadas, por lo que se requiere realizar los caminos necesarios, recomendándose una densidad media de un kilómetro por cada 20 ha, y una distancia máxima de traslado de plantas de 150 m cuesta arriba y 350 m cuesta abajo. Estos caminos, además de servir para colocar las plantas en los lugares más estratégicos, son de gran importancia para las labores posteriores de cultivo, así como también para prevenir y combatir incendios. El transporte de plantas en bolsas debe hacerse siempre con su tierra ligeramente húmeda, por lo que se recomienda regar las plantas antes y después del traslado, para que no se presente una eventual deshidratación. Para evitar daños, no se debe mover la planta tomándola por el follaje, sino del cepellón, lo ideal es el uso de cajas de madera o plástico para el transporte de plantas en el camión y posteriormente al campo (Figura 43).

Si el camión no está cerrado, las plantas deben cubrirse con materiales que no transmitan o guarden calor y protejan contra las turbulencias de aire creada por el movimiento del vehículo, que puede provocar daños mecánicos como la ruptura del tallo y pérdida de sustrato. En camiones de 8 toneladas con redilas y dos plataformas se pueden transportar aproximadamente 10 000 plantas por viaje, si se utilizan bolsas de polietileno de 8 x 15 cm. Durante el viaje del vivero al lugar de plantación, las plantas no se deben sacudir

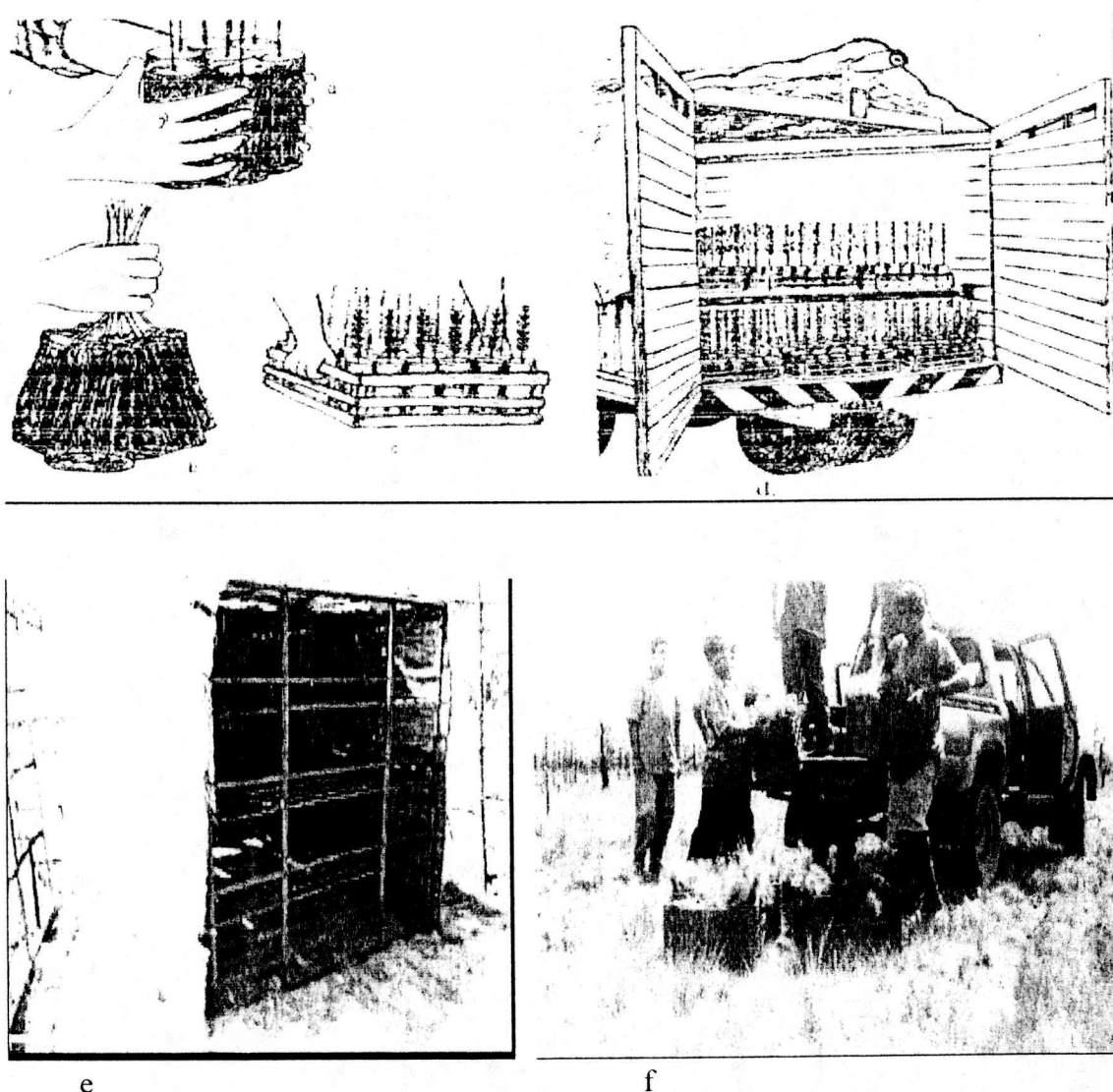


Figura 43. Sistema de transporte de plantas del vivero al sitio de plantación (a, b, c y d Tomado de Galloway y Borgo, 1984; e por Perera, 2001; f por FADCANIC, 1999).

- a. Cómo cargar las plantas en forma manual tomándolas por la bolsa
- b. Cómo NO cargar las plantas en forma manual tomándolas por el tallo
- c. Forma ideal de cargar las plantas en cajas
- d. Cómo colocar y transportar las plantas en el camión
- e. Estructura metálica forrada con junco que transporta 80 cajas con 300 plantas por caja, utilizada por CVG-PROFORCA, Venezuela
- f. Obreros cargando plantas en Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua

demasiado, por lo que se recomienda conducir el camión a baja velocidad en los tramos del camino con muchos baches.

Si el transporte de las plantas se hace con anticipación a depósitos de espera, es necesario tener preparadas camas como las del vivero, donde se mantendrán verticalmente para evitar que se tuerzan, hay que regarlas periódicamente sin exceso, además, alguien capacitado debe inspeccionarlas de vez en cuando a fin de asegurarse que no estén atacadas por alguna plaga o enfermedad. La plantación a raíz desnuda debe hacerse sin demoras; pero, en ocasiones será necesario almacenarlas en el campo por periodos cortos, para ello, se abre una zanja con profundidad suficiente para permitir colocar las raíces sin doblarlas, inmediatamente se tapan con tierra arenosa y húmeda quedando el cuello de 2 a 3 cm bajo el nivel, se apisona ligeramente, se protege con sombra y se riega.

4.10. Sistema de plantación

4.10.1. Plantación de plantas producidas en bolsas

Las plantas producidas en bolsas, al establecerse en el campo, presentan durante los primeros años, un crecimiento mayor que las plantadas a raíz desnuda; sin embargo, a medida que pase el tiempo, esta diferencia tenderá a desaparecer. El método presenta mejores resultados con el uso de plantas de 25 a 30 cm de altura. La 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.

Una vez efectuada la apertura de la cepa, se efectúa la poda de raíz si se presenta torta de raíces en el fondo de la bolsa, se elimina la bolsa de polietileno, de ser necesario se aplica 50 gramos de abono completo en el fondo del hoyo al momento de plantar, se coloca la planta verticalmente en el centro del hoyo, se entierra la planta a la altura del cuello o con un máximo de 2 a 3 cm sobre el cuello enterrado y se finaliza apisonando los bordes. Al final de esta operación la tierra debe quedar a nivel o ligeramente más elevada que la superficie del terreno.

Cuando se requiere efectuar la poda para eliminar la torta de raíces del fondo de la bolsa, se recomienda cortar 2.5 cm de la base de todas las bolsas, efectuándose la

actividad en el momento de la plantación, y de ser posible, sumergiendo previamente en agua la bolsa conteniendo el cepellón por varias segundos (Figura 44).

Si hay raíces lignificadas enrolladas bajo el plástico, luego de haber quitado la bolsa, es recomendable hacer de dos a tres cortes verticales de tres a cuatro centímetros de profundidad equidistantes entre ellos.

4.10.2. Plantación de plantas producidas a raíz desnuda

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 ciertas condiciones, el uso de plantas a raíz desnuda es factible. Al utilizar este tipo de material debe ponerse especial cuidado en la calidad de la planta a plantar, 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. 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 indispensable para garantizar plantas de buena calidad.

La plantación 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. Al efectuar la plantación, hay que evitar que las raíces de las plantas queden dobladas o aplastadas en el fondo del hoyo o ubicadas en un solo plano contra la pared del mismo.

Lo ideal es que las raíces mantengan su conformación natural. Después de poner la planta en el hoyo se procede a rellenar, debiendo quedar la planta enterrada a la altura del cuello o un máximo de 2 a 3 cm del cuello enterrado y apisonar los bordes posteriormente. Al final de esta operación la tierra debe quedar a nivel o ligeramente más elevada que la superficie del terreno.

Para el establecimiento de plántulas a raíz desnuda en suelos arenosos, utilizando el palín, creación de CVG-PROFORCA de Venezuela (Figura 45, A), debe ejecutarse el siguiente procedimiento (Figura 45, B):

1. Inserte la hoja del palín en línea recta en el suelo, hasta la máxima profundidad de la cuchilla. Empújela hacia atrás con la mano, para abrir el hoyo de plantación.

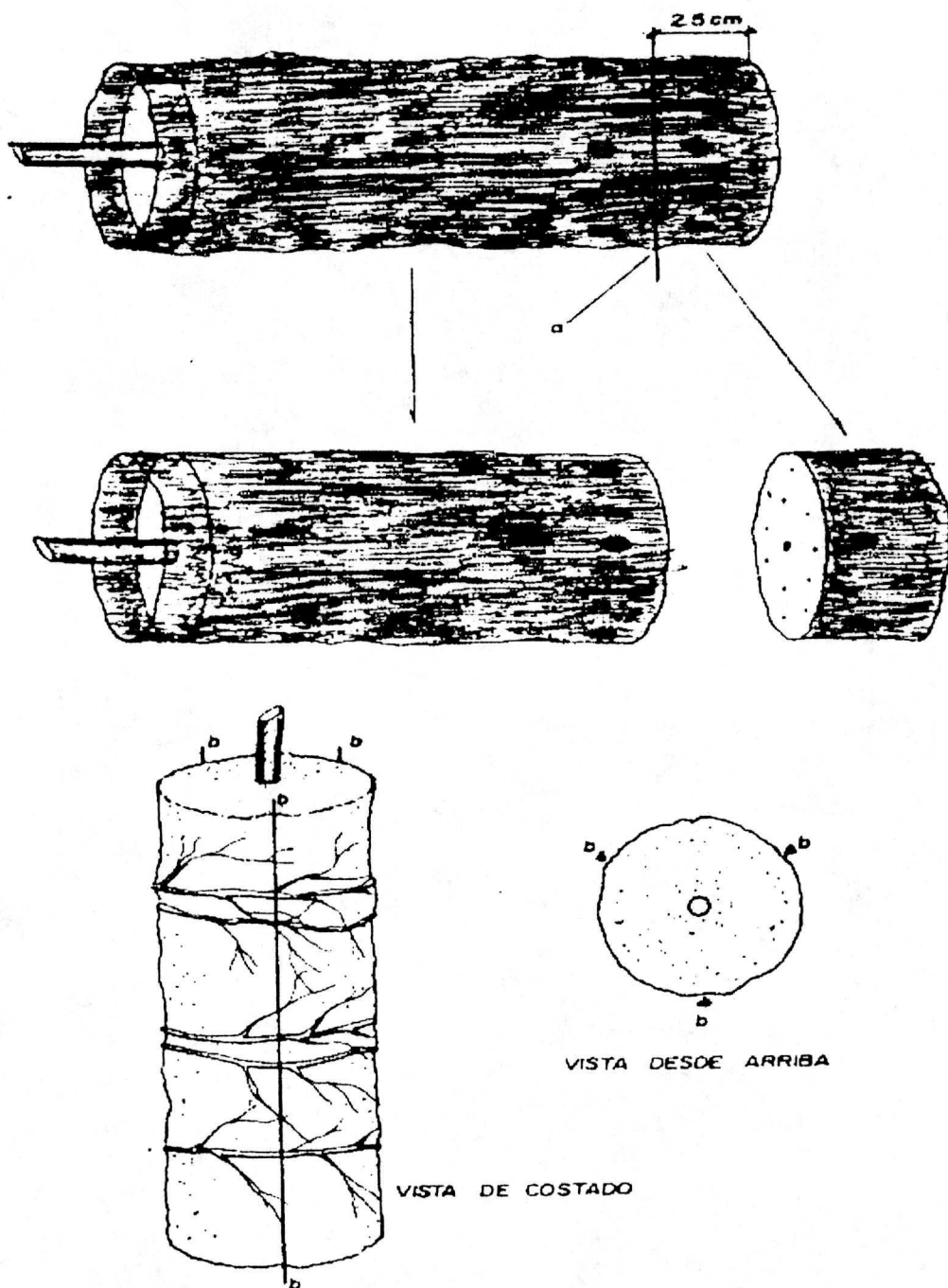
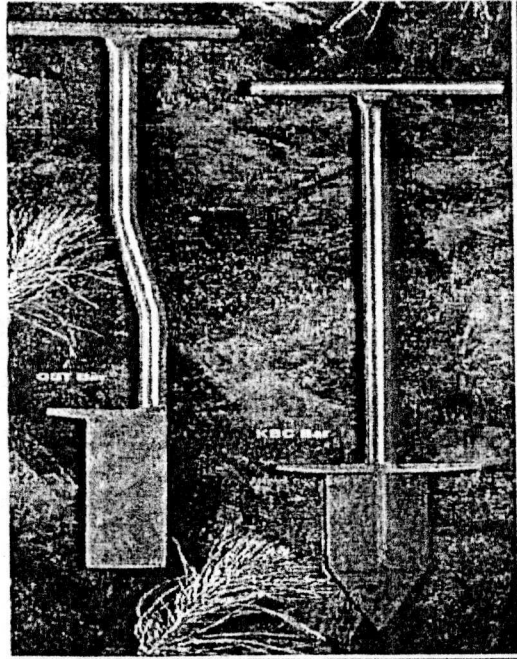


Figura 44. Podas de plantas producidas en bolsa al momento de plantar, que tiene como objetivo eliminar tortas de raíces y raíces enrolladas (Tomado de Galloway y Borgo, 1994).

- a. Poda de la base de la bolsa para eliminar la torta de raíces
- b. Podas verticales de las raíces enrolladas, luego de haber quitado la bolsa

A.



B

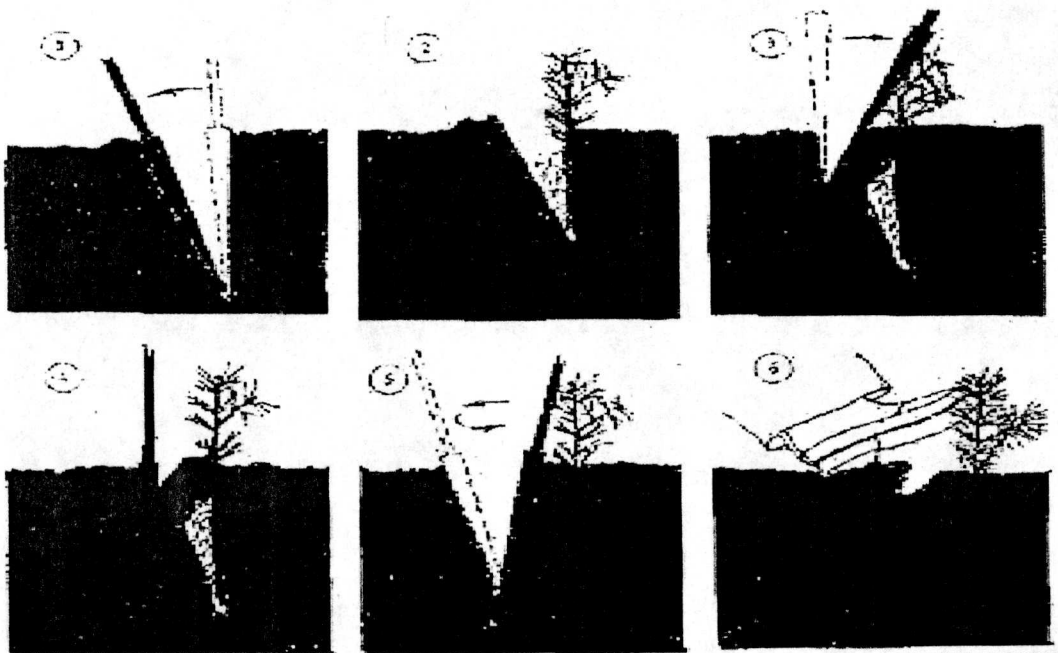


Figura 45. **A** Chicora o Palín utilizado por CVG-PROFORCA, Venezuela, para el establecimiento manual de plántulas de Pino caribe. **B** Procedimiento utilizado por CVG-PROFORCA, Venezuela, para el establecimiento manual de plántulas de Pino caribe, utilizando la Chicora o Palín (Tomado de Gerencia General Sectorial de Plantaciones, CVG-PROFORCA, 1999).

2. Retire el palín e introduzca la raíz de la plántula en el hoyo ya preparado. Hale la planta hacia arriba, hasta la correcta profundidad de plantación (el cuello de la raíz debe estar de 2 a 5 cm por debajo de la superficie del suelo (Figura 46). No enrollar ni retorcer la plántula o dejar las raíces en efecto J.
3. Inserte la hoja del palín en línea recta aproximadamente a 10 centímetros enfrente de la plántula, hasta la mitad de la hoja. Empuje hacia adelante hasta cerrar completamente la parte superior del hoyo donde ha colocado la plántula.
4. Lleve el palín hasta su posición inicial y presione hasta alcanzar la profundidad máxima de la cuchilla.
5. Hale hacia atrás el palín hasta cerrar el fondo del hoyo; luego, empuje hacia adelante hasta cerrar la parte superior, eliminando así las bolsas de aire alrededor de las raíces.
6. Retire el palín y cierre firmemente la abertura producida, utilizando el tacón de su bota. Tenga cuidado de no maltratar la plántula.

4.10.3. Plantación mecanizada

En programas de plantaciones de Pino caribe con plantas producidas a raíz desnuda con grandes áreas, una alternativa es la plantación mecanizada. Este sistema exige áreas planas con una preparación total del terreno. En CVG-PROFORCA de Venezuela, es práctica común efectuar el establecimiento en forma mecanizada, utilizando equipos plantadores acoplados a tractores agrícolas; no obstante, el establecimiento está restringido a sabanas naturales y áreas de segunda rotación con mas de 2 años de cosechada, y plantan en forma manual en áreas recién cosechadas (Figura 47).

4.10.4. Plantación en asociación de cultivo

Pino caribe se puede plantar asociado con otros cultivos durante los primeros años utilizando el sistema Taungya; por ejemplo, en Honduras se asocia con yuca; en Trinidad con arroz y maíz; en Surinam con banano, sorgo y ajonjolí, y en Costa Rica con maíz.

Bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica las plantaciones de Pino caribe asociado con maíz, a una densidad de 2.5 x 2.5 m necesita de control de maleza cada 2.5 a 3.0 meses durante los primeros 2 a 3 años. En el primer ciclo el maíz se sembró en

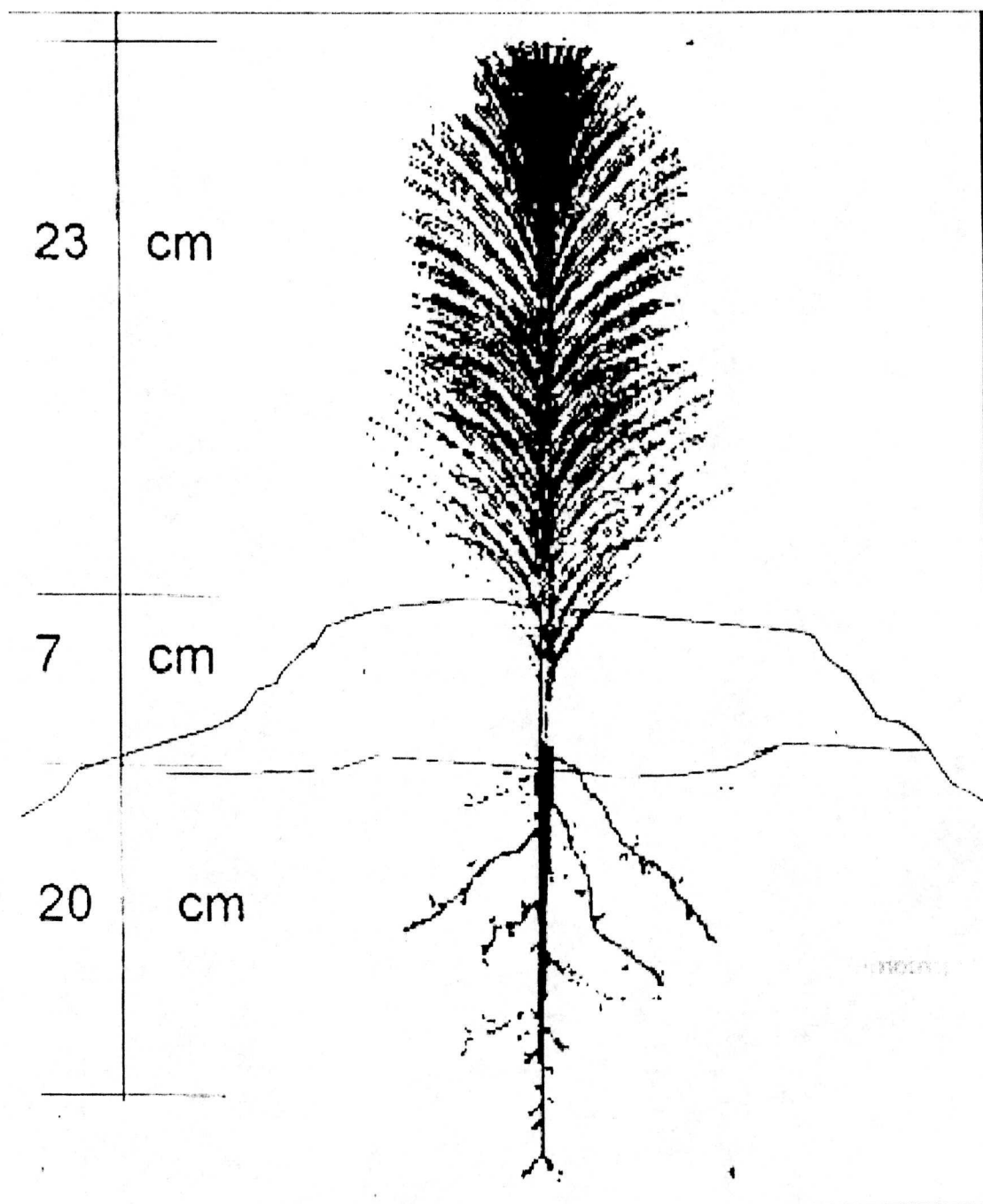


Figura 46. Profundidad y posición de plantación recomendada, de plantas de Pino caribe, producidas a raíz desnuda (Tomado de Gerencia General Sectorial de Plantaciones, CVG-PROFORCA, 1999).



Figura 47. Proceso de plantado de Pino caribe en forma mecanizada en el Estado de Monagas, Venezuela (Tomado de CVG-PROFORCA, 1998).

diciembre a una densidad de 2.5 m x 0.50 m (entre calles de pino) 3 plantas/golpe (24 000 plantas/ha). El costo por hectárea de maíz fue de \$USA 60.29 y el ingreso total bruto/ha fue de \$USA 103.2.

4.11. Reposición de fallas

A la operación de sustituir las plantas muertas en una plantación por otras sanas, se le conoce como reposición de fallas. La evaluación de la sobrevivencia, se recomienda realizar al finalizar la primera época de sequía después de la plantación. Como una guía, se establece que si se plantan mas de 1250 plantas por hectárea, es aceptable una mortalidad hasta de un 20%; pero, en condiciones de menor densidad, solamente son aceptables mortalidades de hasta un 10%. A fin de aumentar la posibilidad de que las nuevas plantas igualen en crecimiento a las primeras, se recomienda utilizar las mejores plantas disponibles en vivero y plantarlas al comienzo de la temporada de lluvias. En Nicaragua, se recomienda evaluar a finales de abril e inicios de mayo, y plantar de finales de mayo a inicios de junio.

CVG-PROFORCA, en los estados de Monagas y Anzoátegui, Venezuela, efectúa una replantación total cuando hay una sobrevivencia menor a 450 plantas/ha, y efectúa una reposición sistemática cuando hay una sobrevivencia de 450 a 700 plantas/ha, elevando el número de plantas a 700/ha. El muestreo de la sobrevivencia lo realizan con una intensidad del 4%, y consiste en el conteo de plantas vivas y muertas en un máximo de 14 hileras plantadas en cada sección de 100 hectáreas.

4.12. Literatura consultada

- ACEVEDO HERRERA, O.A. 1992. Las plantaciones forestales comerciales: Estudio de caso La Sabana, Oaxaca. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- ARGUEDAS G., M.A.; TORRES C., G. 1995. Especies forestales de mayor utilización en Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Serie de apoyo académico. No. 13. pp. 29-30.
- BRAATHE, P. 1957. Thinnings in even-aged stands: a summary of the European literature. Fredericton. University of New Brunswick. Faculty of Forestry. 92 p.
- CARRILLO V., H.; AGUILAR G., M., C. 1981. La reforestación con: algarroba-tara, tuna-pinos-eucaliptos. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. Nota de divulgación número 8. 22 p.
- CAMERON, D.M.; GRACIUM, G.C.J. 1972. Early performance of *Pinus caribaea* Mor. and *P. oocarpa* Schiede in the Northern Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 366-372.
- CICAFOR. 1982. Formación de capataces forestales. Cajamarca, Perú. 188 p.
- EVANS, J. 1982. Plantation forestry in the tropics. Clarendon, Oxford. 472 p.
- FIERROS GONZALEZ, A.M. 1985. Effects of stand density and thinning on the height growth of conifer trees. Qualifying Examination. Question 2. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. New Haven, Conn. 29 p.
- GALLOWAY, G.; BORGIO, G. 1984. Guía para el establecimiento de plantaciones forestales en la sierra peruana. FAO. Lima, Perú. 144 p.
- GERENCIA GENERAL SECTORIAL, CVG-PROFORCA. 1999. Instructivo para el establecimiento manual de plántulas a raíz desnuda. CVG PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Inédito. 13 p.
- GREAVES, A. 1978. Description of seed sources and collection for provenances of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Tropical Forestry Paper No. 12. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 98 p.
- GREAVES, A. 1979. Descriptions of seed sources and collections for provenances of *Pinus oocarpa*. Tropical Forestry Papers No. 13. Commonwealth Forestry Institute. Oxford. 144 p.
- GIBSON, G.L. 1994. Resultados de los ensayos internacionales de procedencias. pp. 17-27. In. CMG; BSF. Pinos de Nicaragua. MARENA-DANIDA. Managua, Nicaragua. 44 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1947. Determination of world plant formation from simple climatic data. Science 105: 267-368.
- IRENARE-CATIE-BNP. 1988. El Pino. Una especie de uso múltiple con gran potencial. CATIE. Panamá. 5 p.

- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Traducción: Carrillo, A. GTZ, GmbH. República Federal Alemana. 334 p.
- LONGART, J.A. 2001. Métodos de preparación de sitio en áreas de segundo turno de plantación y su influencia sobre el crecimiento del Pino caribe. Departamento de Manejo y Aprovechamiento, CVG-PROFORCA. El Merey, Edo. De Monagas, Venezuela. Inédito. 3 p.
- LONGART, J.A.; GONZÁLEZ, L. 1995. Estudios de preparación de sitio. **In.** Memoria anual de investigación 1995. Gerencia de Investigaciones, CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. pp. 42-47.
- LIEGEL, L.H.; BALMER, W.E.; RYAN, G.W. 1985. Honduras pine spacing trial results in Puerto Rico after 18 to 20 years. *Southern Journal of Applied Forestry*. 9(2): 69-75.
- LIEGEL, L.M. 1984. Status, growth and development of unthinned Hondures pine plantation in Puerto Rico. *Turrialba, Costa rica*. 30(3):313-324.
- MADELEÑA-3, CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- MATHUS MORALES, A. 1986. Influencia del espaciamiento de plantación en el crecimiento de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. Tesis de Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 48 p.
- MEZZOTTONI, C. 1973. Instrucciones prácticas para el cultivo del pino. Dirección Forestal de Parques y Faunas. Uruguay. Publicación 004. 23 p.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1993. Autoecología de la especie Pino caribe. SERFORVEN. Caracas, Venezuela. Cartilla No. 14. 13 p.
- MUSALEM SANTIAGO, M.A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el Trópico Húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis de grado de Magister Scientiae. Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- MUSÁLEM, M.A.; FIERROS, A.M. 1997. Apuntes del Curso Silvicultura de plantaciones forestales. UACH. Chapingo, Texcoco, México. pp 52-151.
- MUSALEM, M.A.; ROSERO, P. 1978. Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en cuatro densidades de plantación. pp 244-252. **In.** DGI y CF. Memoria. Primer Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH. México, D. F. 677 p.
- NEPAMUCENO M., F.; CAMACHO M., F.; GONZÁLEZ K., V.; CUEVAS R., R.A.; DE LA GARZA L., M.; VILLARRAL C., R. 1994. Guía tecnológica para el establecimiento de plantaciones de Pino pátula (*Pinus patula*) en México. INIFAP. Guía tecnológica No. 4. México D.F. 48 p.

- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- PIMENTEL BRIBIESCA, L. 1997. Sistemas manuales de preparación del terreno con fines forestales. UACH-DICIFO. Serie de apoyo académico No. 53. Chapingo, México. 20 p.
- PROSEFOR, CATIE. 1997. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales No. 11. 2 p.
- REYNA, N.; GEWALD, N.J. 1980. Análisis del incremento de madera en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et. Golf. en Turrialba (Costa Rica) 30(2):167-171.
- RODRÍGUEZ G., R.; CARRERO N., O. 1975. Plantaciones de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) en Chaguaramas (Estado de Monagas). Ministerio de Agricultura y Cría. Venezuela. 56 p.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1991. Pino Caribe. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barrett y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 175. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- RUIZ MUÑOZ, M. 1994. Efecto del aclareo inicial en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en la Sabana de Oaxaca. Tesis de Maestro en Ciencias Forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 75 p.
- SALAZAR, F., R. S/F. Algunas recomendaciones para la reforestación comercial con Pino. Celulosa de Turrialba, S. A. Turrialba, Costa Rica. 6 p.
- SALAZAR, R. 1976. Rendimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. a los 8 años de edad en el Cantón de Turrialba. Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. Programa de Diversificación Agrícola, Proyecto Forestal. Turrialba, Costa Rica 33 p.
- SALAZAR, R. 1982. Siembra de maíz con plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Celulosa de Turrialba. Turrialba, Costa Rica. 1 p.
- SCHONAU, A; COETZEE, J. 1989. Initial spacing, stand density and thinning in *Eucalyptus* plantations. **In.** Forest Ecology and Management. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam. 29(1989)245-266.
- SILVA, R. 1994. Metodología para el estudio de viveros y plantaciones de Pino caribe. **In.** Investigación y Desarrollo Forestal. CVG – PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, Venezuela. Boletín Técnico No. 7. 50 p.
- VÁSQUEZ C., W. 1986. Tres intensidades de raleo en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; Análisis de 10 años de crecimiento en un diseño latino. Trabajo presentado en el Congreso Forestal Nacional de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 15 p.
- VASQUEZ, W. 1989. Efecto del fertilizante y el espaciamiento en el crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis* en Turrialba, Costa Rica. **In.** Salazar, R. Ed. Actas Reunión de IUFRO, Antigua, Guatemala. Abril de 1989. pp. 209-219.

- VASQUEZ, W.; NAVARRO, C. 1993. Ensayo de espaciamiento con arreglo sistemático Nelder para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari y *Eucaliptus grandis* Hill Ex Maiden, en Turrialba, Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Silvoenergía No. 52. 6 p.
- VERSTEEGH, P.J.D. 1966. Plantaciones de *Pinus caribaea* en Surinam. **In.** Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid. Actas. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. v. 3, pp. 1697-1988.
- VINCENT, A.J.; MANG, M. 1972. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Glolf. In Fiji. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 351-365.
- WHITMORE, J.L.; LIEGEL, L.H. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. USDA Forestry Service, Southern Forestry Experiment Station. New Orleans, L. A. Resource Paper 50-162 p.
- WOLFFSOHN, A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: Estudio sobre su manejo en sitios nativos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 3. 67 p.



MANEJO DE PLANTACIONES

RESUMEN

Los raleos, podas, control de malezas, fertilización y combate de plagas y enfermedades, deben ser prácticas silviculturales en plantaciones de Pino caribe.

Para la producción de árboles para pulpa, leña o postes pequeños, en la que se plantó 1 600 árboles a 2.5 x 2.5 m, se recomienda 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; mientras que, en la producción de árboles para aserrío, contrachapado o postes de gran dimensión, en la que se plantó 1 100 árboles a 3x3 m, se recomienda realizar un primer raleo sanitario al momento del cierre del dosel, y continuar con los raleos hasta que queden para la corta final entre 250 y 400 árboles/ha, los cuales tendrán un diámetro estimado entre 28 y 37 cm. La corta final puede darse entre los 15 y 25 años, dependiendo de la calidad del sitio de plantación.

Pino caribe 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.

Pino caribe puede crecer bien en suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo y nitrógeno; pero, si se quiere tener un mayor crecimiento, se recomienda hacer al momento de la plantación una fertilización, aplicando de 50 a 80 g de fertilizante 12-24-12 ó 10-30-10 de NPK, cuidando de que las raíces no entren en contacto directo con el fertilizante.

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 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.

Entre los crecimientos anormales de Pino caribe fuera de su distribución natural se encuentra cola de zorro, bifurcaciones, torceduras, escoba de bruja y rabipelado. Los rendimientos varían de acuerdo a la calidad del sitio y otros factores, reportándose incrementos en América Central desde 5.1 a 68.4 m³/ha/año con corteza.

5. MANEJO DE PLANTACIONES

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 la edad del árbol, el nivel de competencia al que está sometido, su estado sanitario, su calidad genética y la calidad del micrositio en donde está creciendo. De los cinco factores mencionados, 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. 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.

La 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.

5.1. Tratamiento intermedios

5.1.1. Aclareos

Los aclareos forman parte de las prácticas silvícolas y consisten en la remoción de árboles vivos en forma periódica y ordenada para concentrar el potencial de crecimiento del rodal y distribuir el incremento en los mejores árboles en base a los objetivos de producción que se persigan. Al realizar un aclareo se logran beneficios como la recuperación de volumen, incremento en el valor de la madera y la obtención anticipada de ingresos.

El principal efecto de la reducción de la densidad sobre los árboles residuales es el incremento en diámetro, que tiene como consecuencia el incremento en el valor de la madera, ya que se aumenta el volumen utilizable de los árboles individuales residuales y, por consiguiente, repercute en la disminución de costos de corta, extracción y transporte por unidad de volumen.

La aplicación de raleos en Pino caribe es un tratamiento básico que mejora 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 producto maderable obtenido de los aclareos, permite obtener otros beneficios como: la producción de carbón con árboles de 8 a 9 años de edad producto del aclareo y la producción de árboles de navidad. El raleo como medida silvicultural, permite reducir el tiempo de producción, aumentar el tamaño de los productos y su calidad. 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. Bajo la primera alternativa el objetivo de manejo se traduce en maximizar el crecimiento del rodal por unidad de área ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$), mientras que bajo el segundo objetivo se busca maximizar el crecimiento de los árboles en el rodal ($\text{m}^3/\text{árbol}/\text{año}$).

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. En la marcación de los árboles a eliminar, debe considerarse la distribución, la categoría o posición sociológica del árbol y la intensidad, la cual deberá ser menor en áreas especiales como orillas del rodal, ríos, arroyos y nacimientos de agua (Figuras 48 y 49).

Para evaluar ensayos de raleos, se propone utilizar el Índice de Espaciamento de Hart (S%), suponiendo un distanciamiento triangular regular, debido a que con este método en cada período de raleo, el grado original del mismo puede ser precisamente restablecido. Para la especie existe un S% óptimo en el cual logra un máximo aprovechamiento del sitio. El S% es una expresión de la distancia entre los árboles, como un porcentaje de la altura dominante (H_{dom}).

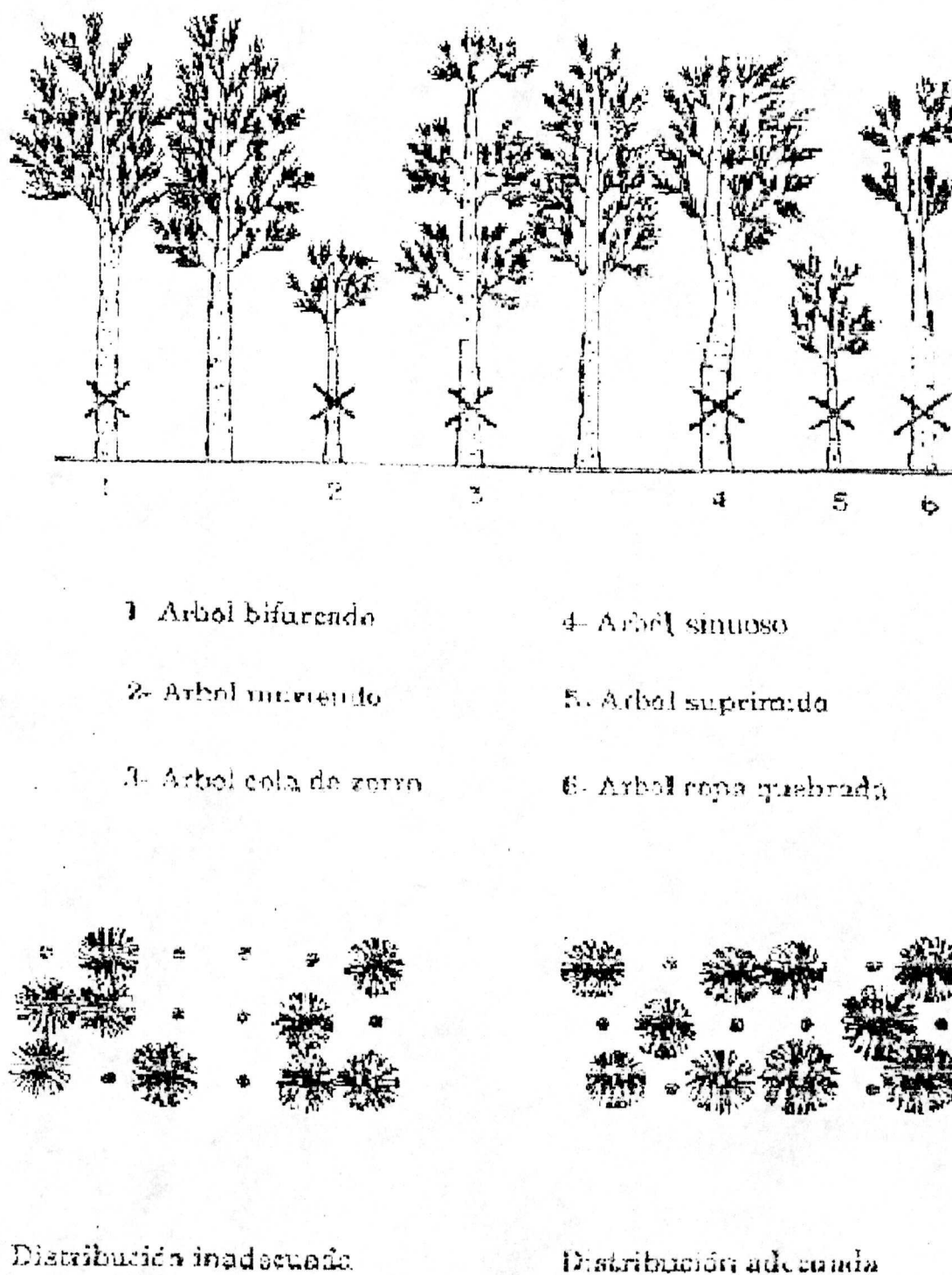
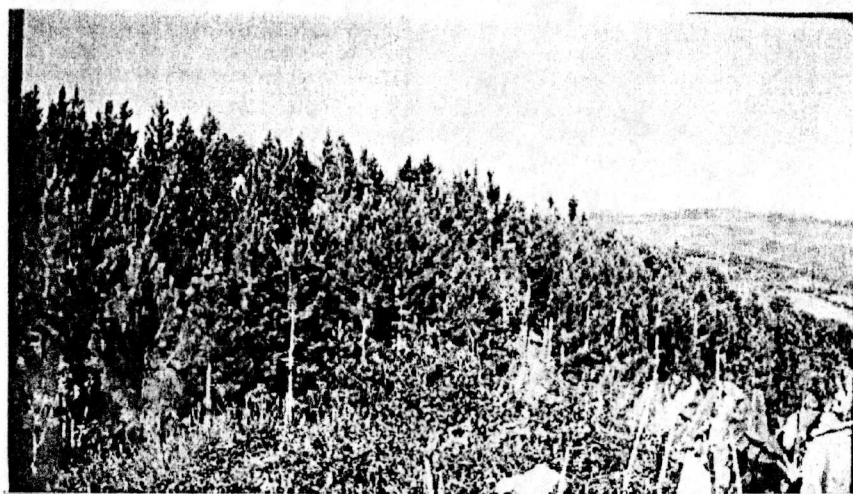


Figura 48. Selección y distribución correcta de los árboles de Pino caribe en la ejecución de aclareos (Tomado de Vásquez y Salazar, 1989).

a



b



c



Figura 49. Proceso de aclareo aplicado a Pino caribe en Turrialba, Costa Rica. **a** Área antes del aclareo. **b** Área aclarada. **c** Interior del área aclarada (Tomadas por Musálem, 1973).

El desarrollo del espacio de crecimiento promedio en el tiempo es inversamente proporcional al cuadrado de la H_{dom} , tal que, el S% decrece con el tiempo por el incremento en H_{dom} . Para Pino caribe en Surinam, un S% arriba de 30% posiblemente es muy abierto, abajo de 20% el rodal tiende a estancarse y a la edad de 6 años debe realizarse el primer raleo. En base al Índice de espaciamiento (S%), se indican cuatro tipos de raleo:

- a) Raleos muy fuertes cada 2 a 3 años y el último raleo con una menor intensidad.
- b) Raleos muy fuertes cada año a partir de 6 años de edad, manteniendo un S% entre 24 a 30% para al final ser más espaciado.
- c) Raleos ligeros cada año a partir de 6 años de edad, conservando un S% aproximado del 20%.
- d) Sin raleo, en este caso se determina el S% donde el incremento es nulo.

Para la producción de árboles para pulpa, leña o postes pequeños, donde se plantaron 1600 árboles a 2.5 x 2.5 m, en Costa Rica, se recomienda 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; mientras que, en la producción de árboles para aserrío, contrachapado o postes de gran dimensión, donde se plantaron 1100 árboles a 3x3 m, se recomienda realizar un primer raleo sanitario al momento del cierre del dosel y continuar con los raleos de acuerdo con lo estipulado en el Cuadro 14, hasta que queden para la corta final entre 250 y 400 árboles/ha, los cuales tendrán un diámetro estimado entre 28 y 37 cm. La corta final puede darse entre los 15 y 25 años, dependiendo de la calidad del sitio de plantación. Para mantener el crecimiento en diámetro, los raleos deben efectuarse cuando se observan cruzamientos entre ramas. En términos generales, en plantaciones de 3.0 x 3.0 m se recomienda el primer raleo, cuando los árboles alcancen unos 8 m de altura y el segundo, cuando alcancen unos 14 metros.

Siguiendo lo establecido en el Cuadro 14 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 mencionado.

Cuadro 14. 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 Pino caribe según 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 Pino caribe el Índice de Densidad de Rodal (IDR) se calcula utilizando la fórmula:

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

dónde: N = número de árboles por hectárea

d = diámetro cuadrático promedio de los árboles en el rodal

Fuente: Rojas y Ortíz (1991).

Se ha sugerido que para la producción de madera para pulpa, con árboles de 20 a 25 cm de diámetro, es aconsejable manejar una densidad entre 650 y 1100 árboles por hectárea.

Según la teoría de área basal, el primer aclareo debe realizarse cerca del punto cuando el incremento medio anual en área basal (IMA-GHA), alcanza el máximo. Para Pino caribe sólo se distinguen dos grupos: las densidades iniciales de más de 1111 árboles/ha, que alcanzan el máximo IMA-GHA alrededor de los 3.7 años, mientras que las densidades menores de 811 árboles/ha, aún a los 6.8 años no han alcanzado el máximo incremento medio anual en área basal (IMA-GHA). El aclareo con base al crecimiento basal consiste en tratar de mantener el rodal a aclarar entre el área basal limitante y el área basal máxima, entre las cuales el crecimiento es constante. El área basal limitante está definida por el punto donde el incremento anual es máximo, y el área basal máxima se fija provisionalmente; por ejemplo, para las plantaciones de Pino caribe de La Yeguada, Panamá, se fijó en 54, 50 y 47 m²/ha para las clases de sitio I, II y III, respectivamente.

Para Fiji aconsejan aplicar a los 10 años, un raleo fuerte utilizando el producto para pulpa, el siguiente raleo a los 17 años, en donde además de pulpa obtienen trozas para aserrío y, la corta final a los 22-23 años destinado el producto totalmente a madera de aserrío. En cambio en Trinidad, se planta a 2.74 x 2.74 m (1333 árboles/ha), pero, al carecer de un mercado amplio para comercializar los productos del raleo, se sugirió aumentar el espaciamiento entre árboles y efectuar el raleo a los 13-14 años y, la corta final a los 20-25 años, para permitir destinar toda la producción a madera de aserrío.

En Sao Paulo, Brasil, rodales de siete años de edad fueron tratados con diferentes tratamientos de aclareo, y evaluados a los 14 años de edad; se concluye que en rodales con 2 x 2 m de espaciamiento podrían ser aplicados los aclareos hasta los 11 y 12 años de edad.

En plantaciones de Pino caribe en La Yeguada, Panamá, en sitios de baja calidad, el máximo incremento corriente anual se alcanzó alrededor de los 12 años, para las clases de sitio I, II y III. Para la clase de sitio IV, que es el más pobre, aún a los 18 años de edad no se había alcanzado el máximo incremento corriente anual.

Para las tres clases de sitio más altas, la intensidad del primer aclareo se fijó en 25% del área basal por hectárea. En la clase de sitio I esto significó bajar el área basal de 44.62 m²/ha a 33.47 m²/ha; de 45.12 a 33.82 en la clase de sitio II; y de 44.17 a 33.13 m²/ha en la clase de sitio III; para edades de 14, 16 y 18 años, respectivamente. Con base en el índice de Hart (S%) se estimó el número de árboles a dejar en pie por clase de sitio (S%=20). La propuesta de aclareos se presenta en el Cuadro 15.

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

Donde:

N2 = árboles sobrevivientes por hectárea

hdom = altura dominante

El segundo aclareo se planificó menos fuerte, con una intensidad de 20% del área basal en pie. Esta segunda intervención se programó a los 20, 22 y 24 años para las clases de sitio I, II, III, bajando las áreas basales a 41.6; 38.2 y 33.6 m²/ha, respectivamente. En base a los aclareos anteriores, para la cosecha final quedará un total de 308, 353 y 408 árboles/ha para cada clase de sitio, a los 24, 26 y 28 años.

Para Pino caribe en Trinidad y Tobago en sitios mejores, y con una densidad inicial de 1334 árboles por hectárea, se sugiere efectuar el primer aclareo a los 10, 12 y 15 años de edad para las clases de sitio I, II y III, respectivamente. Cuando el área basal alcanza 32 m²/ha se propone eliminar el 28% en el primer aclareo, para luego bajar a un 20% en la segunda intervención.

Efecto de los aclareos

En Brasil, a una plantación con una densidad de 2 x 2 m, se le aplicó a la edad de 8 años un aclareo con ocho diferentes tratamientos; el incremento en área basal en los primeros años después del aclareo, mostró una pequeña diferencia entre tratamientos, siendo mayor el incremento en los aclareos más fuertes.

En Surinam, fueron establecidas parcelas a distancias de 2.5 x 2.5, 3 x 3 y 3.5 x 3.5 m, aplicándoles a la edad de 7 y 10 años aclareos de intensidad baja (17% de

Cuadro 15. Propuesta de aclareo para plantaciones con fines de protección de Pino caribe en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá.

Material en pie después del aclareo								Material aclarado					Incremento Total	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Edad (años)	N/ha	hdom (m)	S (%)	H (m)	Dg (cm)	G (m ²)	Vsc10 (m ³)	N/ha	H (m)	Dg (cm)	G (m)	Vsc10 (m ³)	G (m ²)	Vsc10 (m ³)
Clase de Sitio I														
0	1100													
14	556	21.2	20	22.0	27.6	33.47	226.41	467	16.8	17.4	11.16	36.87	44.63	263.28
20	308	28.5	20	28.0	41.6	41.98	285.84	248	19.9	23.2	10.51	53.37	63.71	376.08
24	308	32.9	17	30.4	47.6	54.74	365.6						76.47	445.84
Clase de Sitio II														
0	1100													
16	589	20.6	20	17.5	27.0	33.82	167.99	434	13.2	18.2	11.28	26.96	45.10	194.95
22	353	26.6	20	22.5	38.2	40.50	204.17	236	15.8	23.4	10.12	36.90	61.90	268.03
26	353	30.4	18	24.6	43.2	51.74	255.61						73.14	319.47
Clase de Sitio III														
0	1100													
18	678	19.2	20	14.6	24.9	33.13	132.52	345	12.3	20.2	11.04	25.34	44.17	157.86
24	430	24.1	20	18.6	33.6	38.12	158.25	248	13.3	22.1	9.53	25.87	58.69	209.46
28	430	27.2	18	20.3	37.6	47.86	196.29						68.45	245.50

N/ha = número de árboles por hectárea

hdom = altura dominante

S% = índice de Hart

Vsc10 = volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

Fuente: Vásquez y Salazar (1998).

H = altura total promedio

Dg = diámetro a 1.3 m del árbol de área basal media.

G = área basal por hectárea

área basal), media (21% de área basal) y fuerte (25% de área basal); conclusiones preliminares indicaron que el aclareo del 21% medio y espaciamientos de 2.5 x 2.5 y 3 x 3 m mostraron una máxima producción de volumen y productos más diversos.

En la plantación de Pino caribe en Tuxtepec, Oaxaca, México, establecida a una densidad de 2500 árboles por ha, se aplicaron cuatro intensidades de aclareo por lo bajo (20, 40, 60 y 80% del número de árboles) con un testigo y en dos diferentes edades, 8 y 11 años. A los dos años de la aplicación, se manifestaron diferencias significativas debidas a los tratamientos. El incremento absoluto en diámetro fue mayor conforme la intensidad de aclareo se incrementó en ambas edades; en este mismo parámetro, el área basal y el volumen por parcela fueron menores, conforme la intensidad fue mayor. Los resultados también indicaron que la respuesta a los tratamientos fue ligeramente mayor en la plantación más joven. La respuesta a la intensidad de aclareo se manifestó en forma más evidente en la variable diámetro promedio, y en los tratamientos más severos (60 y 80%); en área basal y volumen no fue evidente la respuesta.

5.1.2. Podas

Pino caribe 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, mejorar la calidad de las trozas para aserrar o desenrollar, facilitar el acceso al rodal y reducir el tamaño de los nudos en la madera, todo lo cual aumenta definitivamente el valor del producto. En el Cuadro 16 se presenta un programa de podas para producir trozas de 10 m de largo libres de nudos.

5.2. Fertilización

Pino caribe puede crecer bien en suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo y nitrógeno; pero, si se quiere tener un mayor crecimiento, se recomienda hacer al momento de la plantación una primera fertilización, aplicando de 50 a 80 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, o depositando el fertilizante a una

Cuadro 16. Programa de podas propuesto para Pino caribe para producir trozas de 10 m de largo libres de nudos.

Podas	Características del rodal al momento de realizar la poda		
	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

Fuente: Tomado de Evans (1984).

distancia de 30 cm de la planta en el momento del establecimiento, y posteriormente aplicar al voleo 100 kg/ha durante el quinto año.

Investigaciones preliminares en Venezuela, determinaron que la fertilización con 80 gr/árbol de 12-24-12 aumenta de una manera sustancial el crecimiento de Pino caribe, durante los primeros 20 meses e indicaron además que fósforo y potasio fueron los nutrientes responsables en el estímulo del crecimiento. Las experiencias en otros países indican que frecuentemente es necesaria la fertilización de esta variedad, particularmente con fósforo y potasio, pero que el óptimo tratamiento puede variar con respecto a los nutrientes y las dosis además de las características de suelo y clima. De manera similar, se observó un aumento en la mortalidad y una ausencia de mejoras en el crecimiento con la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno en la forma de urea.

En las plantaciones comerciales del Centro Occidente de Venezuela, se encontró que la fertilización con 80 gr/árbol de 12-24-12 (NPK) aplicado al lado de cada árbol, al inicio de la plantación. Esta aplicación produce mayor aumento en el crecimiento de Pino caribe a los 20 meses que la fertilización con 50 kg/ha de fósforo en la forma de superfosfato triple en franjas.

En los Llanos Orientales de Colombia, en Pino caribe se utilizaron, en forma individual y en diferentes mezclas, 60 g de roca fosfórica, 40 g de cal dolomítica, 30 g de cloruro de potasio, 10 g de sulfato de manganeso, 6 g de sulfato de zinc, 2 g de sulfato de cobre y 5 g de borax, aplicados un mes después de plantados los árboles por el método de corona. A los 14 meses se evaluó el crecimiento en altura de los árboles mostrándose la mezcla de roca fosfórica, cal dolomítica y cloruro de potasio como los mejores, superando al testigo en 37%. La aplicación de cloruro de potasio solo y la mezcla de elementos menores mostraron un efecto negativo en el crecimiento en la altura de las plantas y en el color del follaje.

5.3. Control de Maleza

El crecimiento de las plántulas de Pino caribe 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 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; no obstante, empleando espaciamientos de 2.5 x 2.5 m, el dosel se cierra a una edad de 6 a 7 años. Hasta esa edad el desarrollo de las malezas (especialmente de gramíneas) en las plantaciones de pinos es bastante fuerte.

El uso potencial de herbicidas pre-emergentes en el establecimiento de las plantaciones de Pino caribe es importante aunque restringido. No todos los terrenos preparados tendrán condiciones adecuadas para la aplicación de estos productos, los cuales actúan principalmente contra la semilla de la maleza pero no tienen mucha actividad contra maleza ya desarrollada o maleza que se propaga por estolones, tubérculos o macolla.

Una alternativa al uso de herbicidas pre-emergentes es la aplicación de herbicidas post-emergentes antes de plantar, pero después de la germinación de semillas de malezas en los terrenos preparados. En condiciones de plantación en Venezuela, la aplicación de Roundup (3 litros/ha) o Roundup (3 litros/ha) + Lazo (4 litros/ha) es efectiva en el control de malezas pero es más costosa que la mayoría de los tratamientos con solamente herbicidas pre-emergentes. Sin el uso de herbicidas antes de plantar, generalmente se presenta la necesidad de realizar la primera limpieza entre 30 a 60 días después de plantar. Para esa fecha las aplicaciones de herbicidas post-emergentes no son lo más deseables debido a que el arbolito ha sido sometido a la competencia y ya ha sufrido retrasos en su crecimiento. Adicionalmente, la aplicación de herbicidas no selectivos es difícil dado el pequeño tamaño del arbolito relativo al de la maleza y la alta susceptibilidad de los árboles jóvenes a daños causados por herbicidas.

Algunos herbicidas con efecto residual tales como Gesatop Z80, Gesapax Combi, Amezol Combi 80 y Diuron brindan excelente control de malezas a bajo costo pero su efecto sobre el crecimiento del Pino caribe es desconocido. La aplicación de Lazo (4 litros/ha) o Dual (2 kg/ha) para el control de gramíneas, de Traizol (2.5 litros/ha) para el control de hoja ancha y la combinación de Triazol con Lazo o Dual para el control de una mezcla de malezas brinda un control adecuado y es más económico que la

aplicación de Roundup (3 litros/ha) + Lazo (4 litros/ha) utilizada actualmente para el control post-emergente antes de plantar (Cuadro 17).

En terrenos arados y rastrillados, libres de malezas que se propagan vegetativamente y destinados para la plantación de Pino caribe, se recomienda aplicar Lazo (4 litros/ha) o Dual (2 kg/ha) para el control de gramíneas y Triazol (2.5 litros/ha) para el control de especies de hoja ancha, en suelos con suficiente humedad al comienzo de la época de lluvias, aplicándolo en el área total o en filas antes de la germinación de la semilla de maleza. Donde las condiciones lo permiten, el uso de Lazo, Dual y Triazol para el control pre-emergente debe reemplazar la aplicación de Roundup o Roundup más Lazo antes de plantar Pino caribe.

5.4. Protección

La experiencia muestra que una buena protección de las plantaciones, tiene como principio básico la realización de las prácticas silviculturales requeridas en el momento oportuno y siguiendo las técnicas adecuadas. 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, plagas y enfermedades. Un adecuado programa preventivo debe incluir las siguientes actividades:

- a. Evitar las epidemias o problemas originados en el interior del rodal
 - 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.
 - Realizar revisiones frecuentes del rodal, principalmente cuando se presentan cambios climáticos (inicio de lluvias, sequías) o interacciones ambientales (inundaciones, quemadas, etc.).
 - Realizar las actividades silviculturales (podas y raleos), en las épocas de menor riesgo de proliferación de plagas.

Cuadro 17. Nombres comerciales y genérico de herbicidas y tipo de maleza controlada, probados en plantaciones de Pino caribe, en el Centro Occidente de Venezuela.

Nombre comercial	Casa productora	Nombre genérico	Maleza controlada	Dosis/ha	Costo producto/ha (\$USA)
Ametrol	Insecticidas Intl.	Ametrina	Gramínea y Hoja ancha	2 litros	18.96
Amezol Combi 80	Insecticidas Intl.	Ametrina y Atrazina	Gramínea y Hoja ancha	2 kg	15.58
Arsenal 100 A	American Cyanamid	Imazapyr	Gramínea y Hoja ancha	2 litros	26.75
Dual	Ciba-Geigy	Metolacoloro	Gramínea	2 kg	15.63
Diuron 80	Penco	Diuron	Gramínea y Hoja ancha	2 kg	13.44
Gesapax Combi	Ciba-Geigy	Ametrina y Atrazina	Gramínea y Hoja ancha	2 kg	15.58
Gesatop Z80	Ciba-Geigy	Simazina	Gramínea y Hoja ancha	2 kg	13.25
Koltar	Rohm & Haas	Oxifluorfen	Gramínea y Hoja ancha	3 litros	68.50
Lazo	Monsanto	Alaclor	Gramínea	4 litros	17.17
Prowl 330 E	American Cyanamid	Pendimethalin	Gramínea	4 litros	29.92
Triazol	Insecticidas Intl.	Atrazina	Hoja ancha	2.5 litros	9.49
Velpar K-3	Dupont	Hexazinona y Diuron	Gramínea y Hoja ancha	1.5 litros	21.19
Lazo+Triazol	-	-	Gramínea y Hoja ancha	4 + 2.5 litros	26.65

Fuente: Kane (1992).

- b. Evitar las epidemias o problemas que se originan en el exterior del rodal
 - Construir cercas o vallas que impidan la entrada de ganado a la plantación.
 - Seleccionar estrictamente las plantas que vayan a ser utilizadas 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 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.

Cuando un problema sanitario aparece en una plantación 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, se marca y se procede a aislarlo 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.
 - Seleccionar las medidas de combate más apropiadas.
- c. Evitar el contagio
 - Se debe impedir que los propágulos (huevos o esporas), se propaguen de un sector a otro de la plantación, recomendándose:
 - 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.

5.4.1. Enfermedades

Un estudio de las enfermedades patógenas y plantas parásitas que atacan las plantaciones de Pino caribe en América Central, se enumeran en el Cuadro 18, y a continuación se describen algunas.

5.4.1.1. Manchas castaña de acículas de pino

La descripción y control de esta enfermedad se presenta en el capítulo 3, en protección de plantas en viveros (número 3.8.2.2).

5.4.1.2. Marchitamiento descendente del pino

En Nicaragua se observó en árboles de poca edad un color pardo y un desarrollo apical anormal. Este fenómeno se acentúa mucho en la época de las lluvias, pudiendo observarse el color pardo de las agujas desde lejos. En la estación seca, aunque sigue siendo normal el fenómeno, es mucho menos llamativo. Sólo se ven afectados los árboles que tienen de 2 a 5 m de altura. Los árboles lesionados se encuentran claramente localizados en zonas bajas por lo cual se sospecha que la anomalía se debe a falta de drenaje. Para contrarrestar estos síntomas y favorecer el desarrollo de las raíces, conviene emplear un fertilizante nitrogenado.

5.4.1.3. Hongos

La pudrición de la raíz y del corazón son frecuentes en árboles adultos, causados por varios hongos. Los más importantes son *Fomes annosum* (Fr.) Bref. que se reportó en Honduras y, aunque no es común, es potencialmente peligroso; *Ames sensu latu* es mucho más frecuente y es probablemente la mayor causa de pudrición de corazón y *Lentinus lepidus* se reportó como causa de ésta enfermedad en Belice. En Quintana Roo, México, es frecuente observar tumores y pudriciones en los fustes.

Fomes annosum persiste un tiempo considerable como saprofito en tocones muertos y raíces de los árboles. A menudo los árboles infestados se localizan en áreas circulares y presentan un follaje escaso y enfermizo. Para prevenirlo se recomienda evitar la infección de los tocones, cubriéndolos con polvo Boráx inmediatamente después de cortarlos, o bien inocularlos con el hongo antagonico *Peniophora gigantea*.

Cuadro 18. Patógenos y plantas parásitos que atacan al Pino caribe en América Central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.

Nombre Gravedad del	Tipo de Daño	Tipo	
		de planta	problema
PATOGENOS			
<i>Diplodia sp.</i>	Follaje	M	R
	Ramas	M	R
<i>Cercospora pinea</i>	Follaje	M	R
<i>Cronartium sp.</i>	Ramas	M	R
<i>Dothistroma septospora</i>	Follaje	M	E
<i>Lophodermiun sp.</i>	Follaje	M	R
<i>Phytophthora sp.</i>	Raíz	M	R
<i>Pleospora sp.</i>	Follaje	M	R
<i>Rosellinia sp.</i>	Raíz	M	R
PLANTAS PARÁSITAS			
<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Matapalo)	Follaje	M	R

M: Árboles mayores de 3 años

R: Problema registrado, observado por lo menos una vez

E: Problema esporádico que ha demandado por lo menos una vez esfuerzos de combate

Fuente: CATIE (1991).

Cronartium conigenum se encuentra descrito en el capítulo 2, Manejo de semillas, en protección de semillas (número 2.10.2.3).

5.4.1.4. Muerte súbita

En el Estado de Monagas, Venezuela, se observó que los árboles enfermos presentaron una disminución considerable en desarrollo, en el crecimiento de raíces y un menor número de estructuras micorrizadas. Se considera que el mal está relacionado con altas concentraciones de sodio, aluminio y boro, que aparentemente son tóxicos, al déficit de fósforo y al estrés hídrico.

5.4.2. Insectos

Los daños bióticos más importantes en el área de su distribución natural son causados por el coleóptero *Dendroctonus frontalis*; en plantaciones de América del Sur por la hormiga arriera del género *Atta*; en Asia Sudoriental por varias especies de termitas, por ejemplo, *Coptotermis currignatus*, causando estas plagas mermas considerables en los incrementos. Los barrenadores de corteza, *Ips spp.*, *Dendroctonus frontalis* y *Dendroctonus mexicanus* son endémicos en ésta región y epidemias graves han ocurrido en Guatemala, Belice, Honduras y Nicaragua. La epidemia de *Dendroctonus* en 1962 en Honduras resultó en la pérdida de aproximadamente el 20% del volumen en pie del pino en el país.

Muchas especies de insectos se alimentan de los pinitos, especialmente durante los primeros seis meses de su vida, causando pérdidas grandes en sitios que no han sido quemados recientemente. Los comejenes no son frecuentes en sitios altos, pero sí lo son en sitios bajos; no atacan madera viva pero fácilmente colonizan árboles dañados y probablemente introducen hongos que causan pudrición. La mariposa, *Rhyacionia sp.* ataca a Pino caribe y causan daño al brote terminal, reduciendo su crecimiento en altura; sin embargo, únicamente en sitios pobres es una plaga importante y normalmente no atacan árboles mayores de 1.5 ó 2 m de altura.

Un resumen de los principales insectos y vertebrados que atacan Pino caribe en América Central, por tipo de daño, planta y gravedad del problema se presenta en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Insectos y vertebrados que atacan al Pino caribe en América Central, por tipo de daño, tipo de planta y gravedad del problema.

Nombre	Tipo de daño	Tipo de planta	Gravedad del problema
Insectos			
<i>Atta spp.</i> (HYM., Formicidae) (Zompopas)	Defoliación	V,J,M	C
<i>Cinara sp.</i> (HOM., Aphididae)	Punción-succión	V,J	E
<i>Dendroctonus spp.</i> (COL., Scolytidae)	Descortezamiento	J,M	C
<i>Exophthalmus jekelianus</i> (COL., Curculionidae)	Defoliación	J	E
<i>Hansenia pulverulenta</i> (HOM., Flatidae)	Punción succión	J	R
<i>Hylesia sp.</i> (LEP., Saturniidae)	Defoliación	J,M	E
<i>Ips spp.</i> (COL., Scolytidae)	Descortezamiento	J,M	C
<i>Macunolla ventralis</i> (HOM., Cicadellidae)	Punción-succión	J,M	R
<i>Neodiprion sp.</i> (HYM., Diprionidae)	Defoliación	J,M	E
<i>Nodonota irazuensis</i> (COL., Chrysomelidae)	Defoliación	J	E
<i>Phyllophaga sp.</i> (COL., Scarabeidae)	Destrucción de raíces	V,J	C
<i>Rhyacionia frustrana</i> (LEP., Tortricidae)	Barrenamiento de brotes	V,J,M	C
<i>Rhyacionia subtropica</i> (LEP., Tortricidae)	Barrenamiento de brotes	V,J,M	E
<i>Sphenorhina conspicua</i> (HOM., Cercopidae)	Punción-succión	J,M	R
<i>Trigona corvina</i> (HYM., Apidae) (Atarrá)	Extracción de resina	J,M	E
<i>Trigona cupira</i> (HYM., Apidae) (Atarrá)	Extracción de resina	J,M	E
<i>Trigona ferricauda</i> (HYM., Apidae) (Atarrá)	Extracción de resina	J,M	E
<i>Trigona silvestrina</i> (HYM., Apidae) (Atarrá)	Destrucción de plántulas	J,M	E
Piojo saltón (HOM., Psyllidae)	Punción-succión	V,J	R
Vertebrados			
<i>Dasypus novemcinctus</i> (EDE, Dasypodidae) (Armadillo)	Extracción de plántulas	V,J	R

V: Plántulas en vivero
M: Árboles mayores de 3 años
C: Problema crónico, casi siempre presente, que en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicos
E: Problema esporádico que ha demandado por lo menos una vez esfuerzos de combate
J: Árboles jóvenes, menores de 3 años
R: Problema registrado, observado por la menos una vez
Fuente: CATIE (1991).

5.4.2.1. Descripción de los principales insectos

5.4.2.1.1. *Atta spp.*

Ver la descripción y control de esta plaga en el capítulo 3, en protección de las plantas en vivero (número 3.8.3.2).

5.4.2.1.2. *Phyllophaga spp.*

Esta plaga ocasiona daños a plantas jóvenes en plantaciones. Para mayor detalles ver la descripción y control de esta plaga en el capítulo 3, en protección de plantas en vivero (número 3.8.3.1).

5.4.2.1.3. *Rhyacionia frustana*

Las palomillas de esta especie son las de menor tamaño dentro del género, ya que con las alas expandidas miden entre 4 a 7.5 milímetros. La larva presenta 5 instares y en su madurez alcanza hasta 10 mm de longitud; el cuerpo tiene una coloración que varía del amarillo hasta el anaranjado; la cabeza es café oscura brillante. La pupa presenta una longitud que varía alrededor de los 10 mm y es de color café oscuro.

Una característica de esta especie es su multivoltinismo ya que en el Noreste de Estados Unidos sólo se presentan dos generaciones por año, mientras que en Oaxaca, México, puede haber hasta 5 generaciones por año. Este barrenador tiene un gran número de enemigos naturales, siendo los más comunes el parasitoide de pupas y larvas maduras *Compoplex frustrane* (Cushman) y los parasitoides de huevecillos *Trichogramma spp.*

Las larvas son las únicas con capacidad de hacer daño en yemas, brotes y conillos. El daño se reconoce porque en la superficie de la estructura atacada se observa un grumo de resina mezclado con excrementos y algunos nidos de seda. El grumo cubre un orificio circular de 2 a 3 mm de diámetro y es la entrada a un túnel que ocupa parte o todo el interior de la estructura atacada. Las larvas dañan el floema, el cambium, la albura y duramen de brotes, o bien los tejidos meristemáticos de las yemas.

La longitud de los túneles varía de 10 a 30 mm y generalmente están limpios, ya que la larva se desplaza continuamente a lo largo de ellos. Las estructuras infestadas generalmente mueren y el follaje circundante adquiere una coloración roja a café oscuro que al acercarse a la planta es fácilmente visible. Las consecuencias del ataque pueden

ser pérdida de crecimiento en altura, deformación de fustes en la forma de ondulaciones, bifurcaciones, polifurcaciones o podas; también puede haber defectos en la calidad de la madera, principalmente por el aumento de la madera de compresión.

Los árboles más susceptibles al daño son aquellos que tienen entre 1 y 3 años de edad y sólo en sitios pobres. En sitios de alta calidad pueden ocurrir infestaciones, pero los árboles recuperan con facilidad la dominancia de los brotes líderes que se pierden. Como consecuencia de infestaciones severas en árboles pequeños, se tienen reducciones de crecimiento en altura, que a su vez originan pérdida de capacidad competitiva ante malezas y hacen necesario realizar labores de poda que se tienen que repetir con frecuencia, con el consecuente incremento en costos. En árboles grandes los insectos infestan conillos menores de un año, yemas de las ramas inferiores o tumores causados por la roya *Cronartium conigenum* Hedgc. y Hunt.; en estos tumores se pueden encontrar pocos individuos.

Las actividades que se deben realizar para prevenir o suprimir infestaciones por los barrenadores de yemas se apoyan en procedimientos de carácter silvícola, de control químico o de control biológico. Cuando las infestaciones están establecidas y son severas se pueden aplicar medidas de supresión de carácter biológico. En la plantación de Oaxaca cada mes y durante 18 meses se liberaron alrededor de 20 000 avispas/ha de *Trichogramma sp.* y con ello se logró reducir el nivel de infestación. En ciertas condiciones es factible aplicar podas de saneamiento, es decir, cortar brotes y yemas infestados. Esta labor es costosa y consume mucho tiempo, por lo que se recomienda sólo para lugares pequeños y con árboles de alto valor.

Una plantación que fue infestada y que creció con árboles deformados puede recibir tratamientos de aclareo o poda con fines de mejoramiento de los fustes residuales. Obviamente los árboles a remover serán aquellos con fustes más deformados. Si el rodal está muy afectado pueden quedar árboles con polifurcaciones que se pueden tratar mediante poda para mejorar su forma futura y de esta manera incrementar su valor. El daño principal lo constituye la deformación de fustes. En estas condiciones se recomiendan tratamientos silviculturales que incrementen la resistencia de los árboles a las infestaciones del barrenador.

En rodales jóvenes infestados y con alta densidad se recomiendan aclareos con fines de mejoramiento y también se pueden aplicar podas de formación. En Nicaragua, los mayores daños causados por *R. frustrana* (Comstock) se observaron en una plantación que se hizo en 1969, cerca del Puente Colgante No. 1, del Noreste del país. *R. subtropicana* (Miller) se ha encontrado en Pino caribe en Belice y se sospechaba que se podría hallar en Nicaragua.

5.4.2.1.4. *Ips* spp.

En el Noreste de Nicaragua identificaron *Ips cribricollis* (Eichh.) e *Ips calligraphus* (Germar). *Ips cribricollis* no abunda tanto como *Ips calligraphus*. De ordinario, la presencia de *Ips* no debe ser causa de preocupación ya que, por lo general, sólo atacan los árboles cortados o moribundos y sólo se reproducen en éstos, pero cerca de los aserraderos y de los lugares donde se hacen los raleos suelen multiplicarse enormemente, bastándoles los residuos de corta que van quedando por tierra, pero si se interrumpe de repente la corta, pueden atacar los árboles en pie, especialmente cuando éstos son más vulnerables, como por ejemplo durante una sequía. Cuando *Ips* ataca los árboles en pie, hay que combatirlo cortándolos y quemándolos, después de amontonarlos, para destruir los insectos que se estén desarrollando en la corteza (Figura 50, a).

***Ips cribricollis* (Eichhoff) Coleoptera: Scolytidae**

El adulto presenta 5 espinas en cada uno de los lados del declive elitral y es muy parecido a *Ips grandicollis*, pero es más pequeño que éste. El cuerpo mide de 2.9 a 3.6 mm de longitud. Esta especie ha sido poco estudiada y su importancia no está bien definida; aún así, se le considera más agresiva que *Ips grandicollis*. Para su manejo, no se realizan labores específicas, aunque las recomendaciones dada para otras especies de *Ips* pueden ser útiles.

5.4.2.1.5. *Dendroctonus frontalis*

Es una plaga grave de Pino caribe que provoca una elevada mortalidad en grandes extensiones boscosas. En Honduras, entre 1962 y 1964 fueron atacados en diverso grado alrededor de dos millones de hectáreas de bosques de pino. Los brotes se

a



b

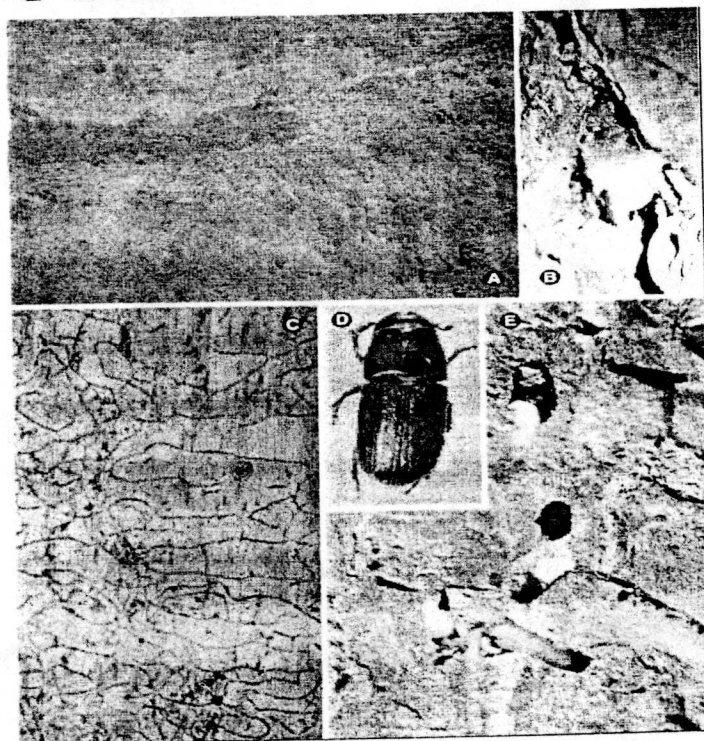


Figura 50. **a** *Ips calligraphus*. **A** Muerte descendente de *Pinus oocarpa*. **B** Grumo de resina sobre corteza de árboles vivos. **C, D** Cámara nupcial y galerías de hembras.

b *Dendroctonus frontalis*. **A** Infestación activa. **B** Grumo de resina sobre la corteza del pino. **C** Patrón de galerías. **D** Adulto. **E** Larvas y pupas en la corteza externa (Tomado de Cibrián et al., 1995).

produjeron a 60-80 km del río Coco, al Este de Honduras. *Dendroctonus frontalis* Zimm. (Figura 50, b) se ha reportado atacando los pinos de Nueva Segovia, Nicaragua, y es conocido en Honduras como el más peligroso y económicamente más importante insecto dañino de los pinares de las especies *Pinus oocarpa*, Schiede y Pino caribe que atacan a árboles debilitados y sanos.

Los árboles más susceptibles son los dañados por incendios, resinados, los que se encuentran en sobredensidad, en sitios de baja productividad o aquellos de edad sobremadura. Por lo general, los rodales compuestos de árboles jóvenes, sanos y vigorosos resisten a esta plaga. Si se produce un brote de *D. frontalis* conviene combatirlo cortando los árboles atacados, quitándoles la corteza y quemándola, o bien colocándola al sol para matar las crías que se estén desarrollando. Conviene también quemar las ramas atacadas.

El insecto adulto carga consigo un hongo (*Ceratocystis minor*) que mancha la madera con un color azulado, se disemina al interior del leño y ayuda a matar al árbol. La madera que se obtiene de árboles infestados es de inferior calidad debido a la presencia del hongo que le hace perder la tensión a la madera. Al inicio del ataque el follaje del hospedante es de color verde y permanece con esa coloración una o dos semanas; mientras tanto, la población del descortezador se desarrolla en el interior de los árboles y está constituida por adultos y huevecillos. Después el follaje cambiará a verde claro o verde amarillento, fase en la que se encuentran larvas en diferentes estados de desarrollo. Cuando el follaje toma una coloración amarilla o café rojizo intenso, la población constará de larvas maduras, pupas, preadultos y adultos emergentes. Cuando el follaje tiene una coloración café rojizo opaco, café o café grisáceo, se considera que los insectos ya abandonaron el árbol; por lo que, los árboles con esta última coloración de copa no se deberán someter a control directo.

La prevención mediante técnicas silviculturales se fundamenta en la aplicación de regulación de densidad a través de aclareos, reducción del turno y reducción de prácticas que debilitan el árbol, tales como incendios y resinado. Las técnicas de supresión que mayormente se aplican son:

1. Derribo y abandono: Es aplicable cuando el costo de la madera no justifica la extracción, y se recomienda para manchones de menos de 100 árboles infestados. Todos los árboles que se corten deben caer en dirección al centro del manchón.
2. Derribo y descortezado: La corteza que contiene a la población de insectos puede quedar sin ningún tratamiento, aunque representa el riesgo que los insectos salgan y vuelen a otros árboles.
3. Derribo, descortezado y quema de la corteza: Es más eficiente para reducir la población, pero existe el riesgo de ocasionar un incendio.
4. Derribo, descortezado y aplicación de insecticida con adherente.
5. Derribo, aplicación de insecticida y extracción: El insecticida utilizado debe tener persistencia moderada y baja toxicidad. En Honduras se ha utilizado Hexa-Cloro-Benzeno (BHC) líquido al 12% mezclado con aceite Diesel. A 50 galones de diesel se le agregan 2½ galones de BHC líquido al 12% con lo que se logra 0.5% de gamma BHC en aceite diesel. Con el rociamiento de este insecticida se obtiene de 85 a 90% de mortalidad del gorgojo y su prole. Para la correcta aplicación, se cortan los árboles y se trocean sus troncos y ramas cuando es preciso, para facilitar el volteo, los cuales deben quedar completamente rociados.

En árboles de alto valor se recomienda la prevención, a través de la aplicación de insecticidas como Decis o Dursban disueltos en agua y con adherente.

5.4.2.1.6. *Eulachnus rileyi* Homóptera: Aphidroidea

En Venezuela es conocido como áfido de las acículas del pino, y se reportó en los huertos semilleros de San Antonio de Maturín, Sector la Laguna y en Santa Cruz de Bucaral; además, se ha reportado en Zimbabwe. Producto del succionamiento de la savia, las plantas infectadas por áfidos, presentan amarillamiento, caída prematura de las acículas, muerte de las ramas y en casos extremos, la muerte del árbol.

Los áfidos, generalmente están acompañados de varios depredadores, y especialmente de hormigas que se alimentan de sus secreciones y les sirve de defensa. Aparentemente las lluvias fuertes ejercen un control mecánico sobre la plaga al tumbarlos al suelo; además, en las épocas de lluvias aumentan también las poblaciones de depredadores y parásitos. El hongo *Entomophthora planchoniana*

ejerce cierto control natural. Entre los insectos que actúan como depredadores se encuentran *Cycloneda sp.*, el cual es un coleóptero, y la hormiga *Pseudomyrmex gracilis*, entre otros.

Plantas parásitas

En la Reserva Forestal del Noreste de Nicaragua, frecuentemente se encuentran plantas parasitarias denominadas muérdagos de la especie *Psittacanthus mayanus* (Standley y Steyermark). Los pinos adultos y también de la regeneración, se observaban infestados.

5.4.3. Prevención y combate de Incendios

Los árboles jóvenes son muy susceptibles al fuego, en cambio, los de más edad son bastante resistentes, debido a su gruesa corteza. Para su prevención y control, se recomienda formar brigadas anualmente durante el período de mas incidencia que son de febrero a mayo normalmente, además de la vigilancia o patrullaje diario, se recomienda trabajar intensamente con los ganaderos y agricultores vecinos de las plantaciones, de tal forma que permita la programación y presencia por parte de las brigadas en sus quemas anuales; otras medidas que se recomiendan son la vigilancia a través de torres equipadas con radios y el mantenimiento de las guardarrayas periférica e internas (Figura 51).

5.5. Crecimiento de la especie

5.5.1. Crecimiento normal

Se reportó para Pino caribe en Queensland un crecimiento estable a lo largo del año, siendo el final del verano el periodo de mayor actividad y el invierno el de menor.

Crecimiento inicial de plántulas

En estudio de crecimiento inicial, se ha observado que las acículas secundarias emergen en las plantas de Pino caribe entre las 12 y 19 semanas después de la germinación; sin embargo, el típico internudo succulento se presentó hasta las 60 semanas después de la germinación.

Una semana después del surgimiento inicial de fascículos de acículas secundarias, las plantas tenían de 20 a 37 acículas primarias por fascículo. Doce semanas después de la germinación, las acículas primarias eran más abundantes (30.1 a 46.7 por cm de tallo) y los fascículos de acículas secundarias fueron menos abundantes (0.07 a

a



b



c

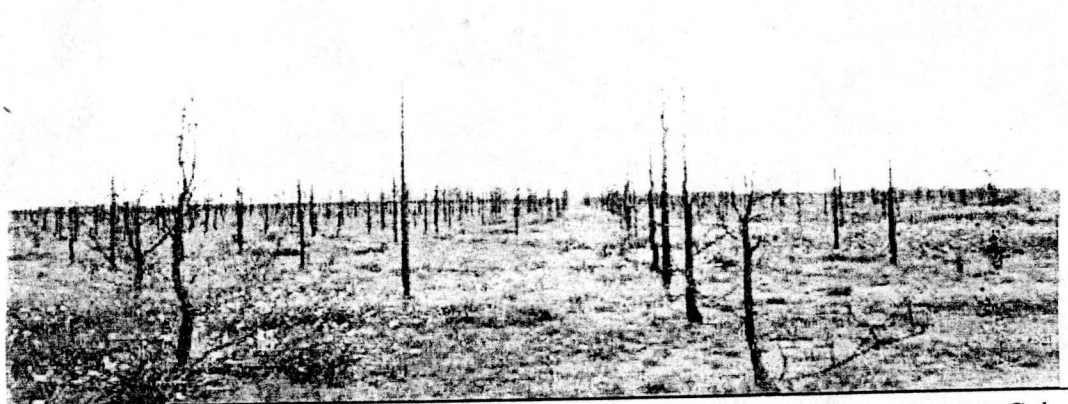


Figura 51. **a** Ronda cortafuego en una plantación de Pino caribe en Puerto Cabezas, Nicaragua. **b** Plantación recuperada después de ser afectada por un incendio, en la comunidad de Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua **c** Plantación que no logró recuperarse del efecto de un incendio ocurrido en la comunidad de Krukira, Puerto Cabezas, Nicaragua (**a** Tomada por Musálem, 1973; **b**, **c** tomada por Perera, 2000).

0.65 por cm de tallo). A las 20 semanas después de la germinación, por lo general, aún tenían más de 30 acículas primarias por cm de tallo y menos de un fascículo de acícula. A los 200 días de la germinación, las plantas de Pino caribe tuvieron longitudes de acícula promedio de 32.1 a 38.9 mm.

Elongación del tallo

En un árbol de un año y ocho meses de Pino caribe, localizado en Río Piedras, Puerto Rico, se observó que la elongación final de seis internudos completos se presentó durante un periodo de 12 meses. En base al tiempo requerido para alcanzar una longitud de 100 mm hubo intervalos regulares y casi precisos de 9 semanas entre internudos sin importar la época del año, los rangos pico de elongación fueron similares, la mayoría de 65 a 75 mm por semana. Las elongaciones totales (longitudes entrenudos) fueron más variables, de 250 mm para el internudo 1 y de 400 mm para el internudo 3. La elongación terminal fue casi continua pero hubo periodos de crecimiento lento durante las etapas de elongación final de un internudo y el inicio del subsiguiente. La yema de cada internudo subsiguiente ya estaba bien formada cerca de las dos semanas antes de que se detuviera la elongación. Se produjeron ramas laterales durante cada internudo y hubo acículas elongando en el árbol durante los 12 meses. En la Figura 52, se presenta la evolución de la altura dominante de Pino caribe en diferentes países.

Crecimiento radial

En un estudio de un árbol de 9 años seleccionado en Puerto Rico, con un DAP de 16 cm, encontraron que el cambium se mantuvo activo todo el año, con una proporción uniforme de crecimiento radial de aproximadamente 500 μ por un periodo de 4 semanas de diciembre a mayo. De junio a noviembre esta proporción de crecimiento aumentó a 1000 μ . Hubo aproximadamente tres divisiones de células cada 5 días durante el periodo de crecimiento lento y seis divisiones de células durante el periodo de crecimiento más rápido. La pequeña área aislada de anillos múltiples producida durante un año consistió en cinco bandas de células de madera temprana alternando con cuatro anillos muy angostos de madera tardía. Aunque el área en que se localizó esta anillación no facilitó el fechar, se calculó que solo se requirieron 5 días para formar estas bandas de madera

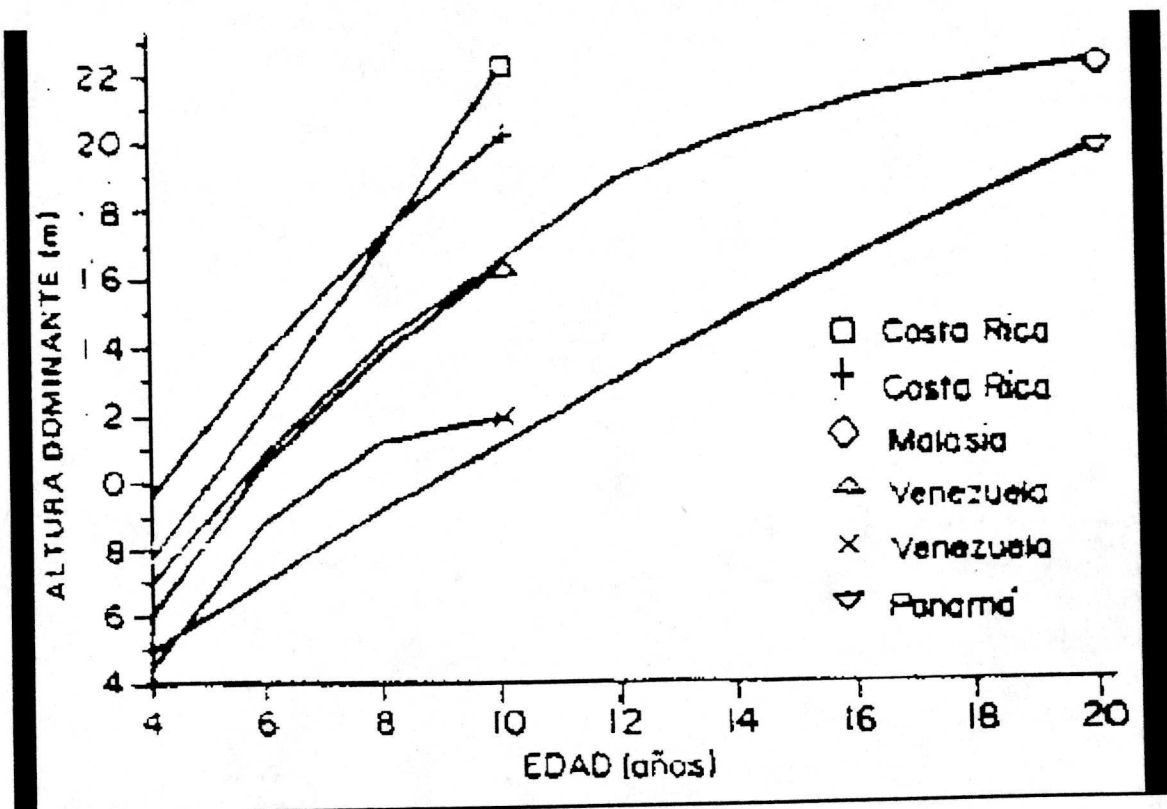


Figura 52. Evolución de la altura dominante para Pino caribe en diferentes países (Tomado de Vázquez, 1988).

tardía durante junio a noviembre y 10 durante el período de crecimiento lento de diciembre a mayo. En la Figura 53, se muestran diferentes estados de crecimiento de Pino caribe.

5.5.2. Crecimientos anormales de Pino caribe

5.5.2.1. Crecimiento anormal tipo cola de zorro

Cuando ocurre cola de zorro, la madera formada consiste solamente en células de madera temprana y se tiene un alto porcentaje de madera de compresión, un peso específico bajo y las paredes de la fibra son delgadas.

En plantas obtenidas de semillas procedentes de Guatemala y Belice se ha observado con frecuencia un porte anormal, que se manifiesta con un rápido crecimiento de hasta 10 m de altura, sin ramificaciones laterales, y ha sido observado en Sudáfrica, Trinidad y Tobago, Argentina, Venezuela, Costa Rica, Brasil, Hawai, Malaya, Surinam y Guayana Británica. Entre esta anomalía y el crecimiento típico existen todas clases de formas intermedias. En plantas jóvenes se observan brotes con ramillas blanquecinas y hojas de un promedio de 25 cm de largo.

Las colas de zorro aparecen debido a la influencia de factores climáticos y que podrían ser inducidas por discordancias relacionadas al balance hídrico y en relación a las condiciones térmicas existentes entre el área natural y el área de introducción, pudiendo ser también influenciadas por las condiciones de suelo. Aparecen debido a un fenómeno hereditario cuya expresión se ve modificada por los factores de clima y existe correlación entre la ocurrencia de cola de zorro con la calidad del sitio.

En Costa Rica, en condiciones de trópico húmedo, la frecuencia de cola de zorro aumenta con la edad, comenzando a ocurrir en las plantaciones desde su primer año, al 4º año se manifiesta el mayor incremento y de éste al 5º año de edad, el incremento se reduce notablemente; por otra parte, las colas de zorro se presentan en mayor proporción donde el crecimiento en altura está ocurriendo con mayor velocidad, no existiendo diferencias en las interacciones de espaciamiento por sitios. En cuanto a los tipos de colas de zorro se ha encontrado que sólo se presentan los tipos 2 y 3 en los tres primeros años de plantación, siendo mayor la proporción de tipos 2 en el primer año y después cambia a un porcentaje mayor para el tipo 3 en los años 2º y 3º. Después de los tres

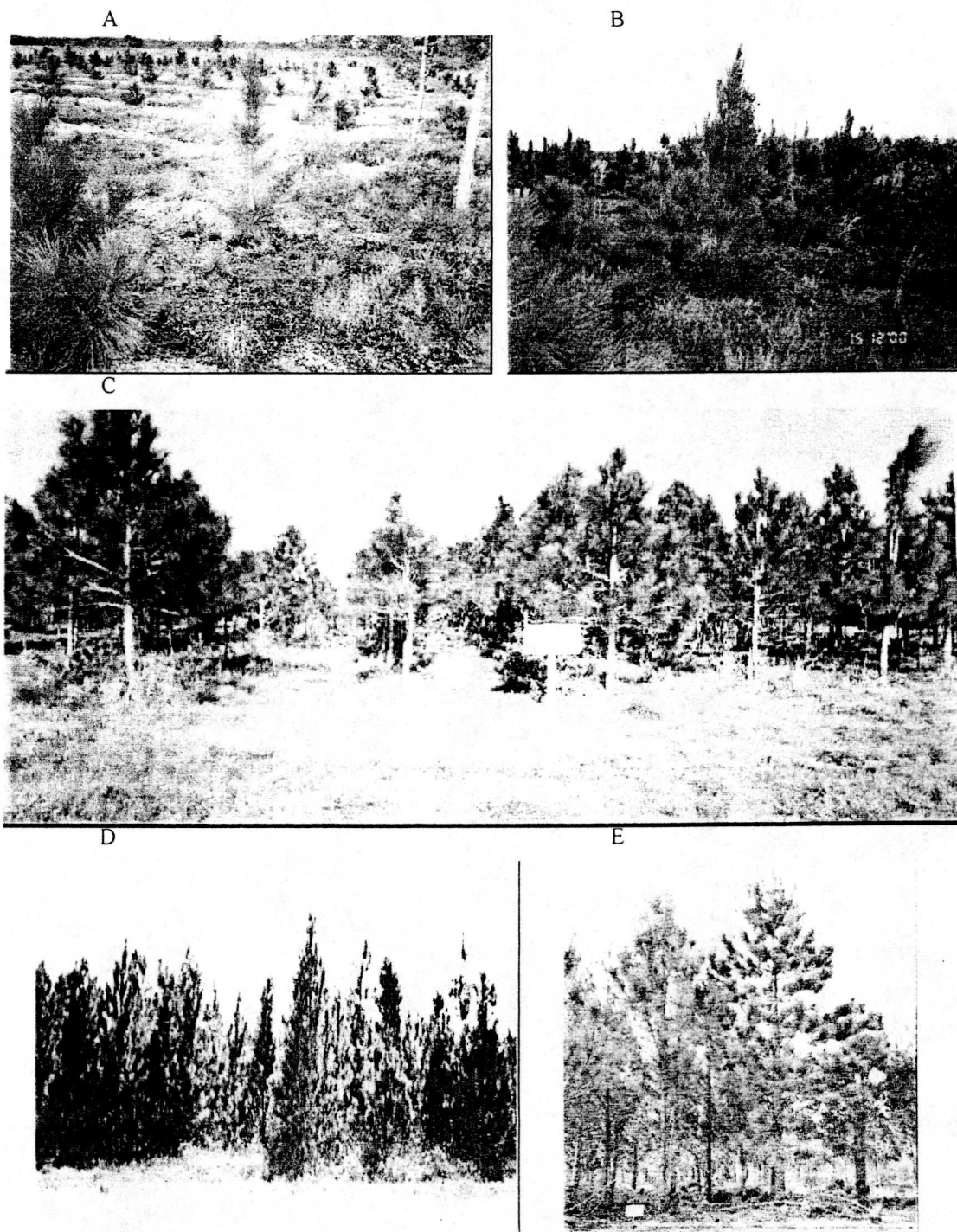


Figura 53. **A** Plantación de 2 años y 2 meses en Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua. **B** Plantación de 2 años y 8 meses en Tuapi. **C** Plantación de 5 años y 4 meses de Tuapi. **D** Plantación de 5 años plantado a raíz desnuda en Uverito, Venezuela. **E** Plantación de 6 años plantado a raíz desnuda en Chaguaramas, Edo. de Monagas, Venezuela (**A, B, C, D** Tomadas por Perera, 2000; **E** tomada de Longart y González, 1993).

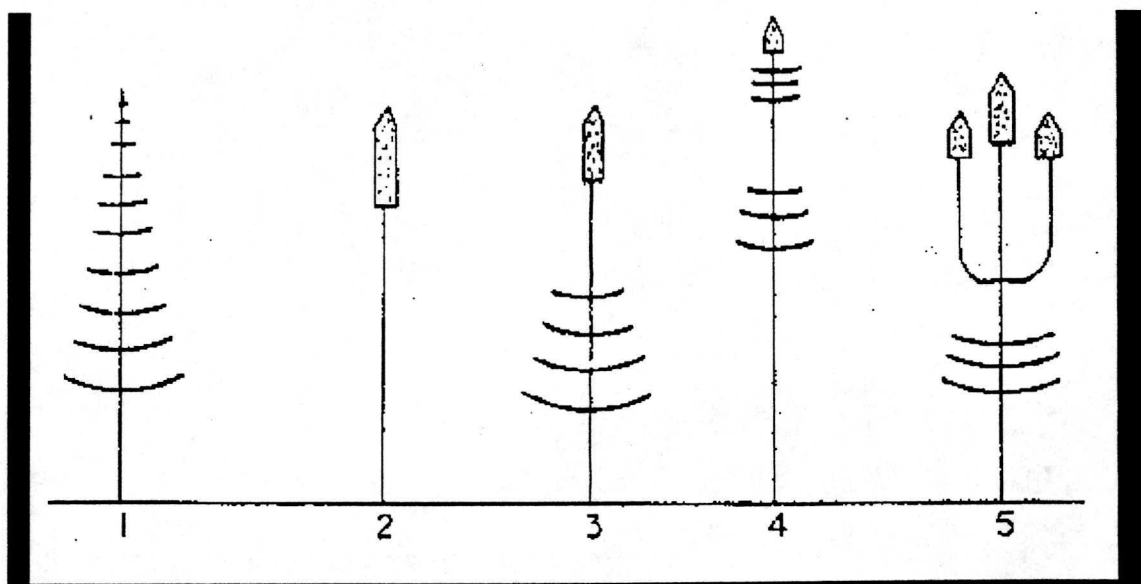


Figura 54. Distintas etapas de cola de zorro en las ramas terminales y en las laterales de Pino caribe (Tomado de Musálem, 1973).

1. Desarrollo normal del líder y rama.
2. Cola de zorro sin ramas laterales, sólo manojos densos de fascículos 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.

primeros años comienzan a presentarse los tipos 4 y 5, originados por cese del crecimiento de cola de zorro de los tipos 2 y 3. Los tipos 2 y 4 casi siempre se doblan y caen constituyendo casi el único motivo de mortalidad en las plantaciones (Figura 54 y 55).

5.5.2.2. Otros crecimientos anormales

Otros crecimientos anormales que pueden presentarse en plantaciones de Pino caribe, fuera de su distribución natural son: bifurcaciones, torceduras, escoba de bruja y rabipelado.

Bifurcaciones: En Uverito, Venezuela en un muestreo de un rodal, se han encontrado hasta un 60.28% de árboles bifurcados (Figura 55, c).

Torceduras: Muchos árboles presentan una torcedura basal debida posiblemente a la acción del viento, pudiendo tener también influencia una plantación defectuosa y un material débil proveniente del vivero. El porcentaje de árboles torcidos que encontrados en el rodal de Venezuela fue de 4.15%.

Escoba de bruja: Se define como aquellos árboles que en su crecimiento presentan uno o más nudos, con una cantidad de ramas superior a la normal (más de 7), generalmente en forma de repollo. En casi todos los casos la escoba de bruja se ha originado a partir de un fuste con las características de crecimiento de un árbol cola de zorro, por lo que también, como aquel, presenta un crecimiento bastante rápido; las características de la madera probablemente sean similares. En la parte afectada se forma un nudo muy fuerte estrangulando el fuste y causando baja resistencia a la acción del viento. Se ha observado en algunos casos la formación de la escoba de bruja por la muerte de la parte terminal del fuste de árboles con cola de zorro. Se cree que esto se deba a deficiencias de Boro y Calcio. En Uverito se encontró un 18.83% de árboles con esta malformación.

Rabipelado: Son árboles que presentan en la parte superior del eje principal una porción desprovista de ramas y con acículas muy reducidas. Su importancia parece estar relacionada al impacto sobre la fotosíntesis y la resistencia del tallo. Se reportó un 0.14 % de árboles con este defecto en el rodal de Pino caribe en Uverito.

a



b



c



Figura 55. **a, b** Tipos de cola de zorro en plantaciones de Pino caribe en Turrialba, Costa Rica. **c** Bifurcación en árboles de Pino caribe de 5 años y 5 meses, en la comunidad de Tuapí, Puerto Cabezas, Nicaragua (**a, b** Tomadas por Musálem, 1973; **c** tomada por Perera, 2000).

5.6. Rendimientos de Pino caribe

5.6.1. Rendimientos en América Central

En plantaciones de Belice, se reportó que Pino caribe presenta un incremento medio anual en volumen de 12.5 a 38.8 m³/ha/año en un rango de edad de 5 a 14 años. En plantaciones de Pino caribe localizadas en Turrialba, un incremento medio anual (IMA) entre 18 y 39.3 m³/hectáreas con corteza, a cinco años de edad. Así mismo, se reportó un incremento medio anual de 63 m³/ha con corteza como promedio de 16 parcelas de 5 a 8 años de edad en el mismo Cantón.

Un análisis del crecimiento de Pino caribe en Turrialba, Costa Rica en plantaciones de 9 a 12 años de edad reportó que el incremento promedio por año del DAP fue de 2.36 cm, en la altura de 2.12 m y, en altura mayor (100 árboles/ha) de 2.33 m. Se obtuvo un IMA de 48.01 m³/ha con corteza y 37.10 m³/ha sin corteza; el incremento medio anual varió entre 31.6 y 68.4 m³/ha con corteza, con un porcentaje de corteza entre 21 y 24 por ciento. En plantaciones de 2 a 6 años se logró un incremento anual en altura de 2.5 metros para árboles dominantes y codominantes. Los mejores incrementos se encontraron en los sitios con suelos profundos y bien drenados.

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 333 m³ 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.

Para plantaciones con fines de protección localizados en la Reserva Forestal de La Yeguada, Panamá el incremento medio anual fluctúa entre 5.1 y 24.5 m³/ha/año (con corteza) y 11.0 m³/ha/año en promedio. El porcentaje de corteza fue 45%. El bajo incremento volumétrico y el alto porcentaje de corteza en la mayoría de las parcelas indican que esta variedad no debe plantarse con fines de producción maderera en sitios pobres. Para fines de protección la variedad es muy apta ya que es capaz de sobrevivir condiciones adversas e incendios (a partir de unos 5 años de edad).

5.6.2. Rendimientos en México

En plantaciones de 7 años, localizadas en La Sabana de Oaxaca, se obtuvo una sobrevivencia entre el 80.58 y 86.66 %, diámetros medios de 19.44 cm, alturas de 13.07 a 13.61 m, volumen unitario de 0.12 m^3 e incrementos corrientes anuales de 15.348 a $16.518 \text{ m}^3/\text{ha}$.

5.6.3. Rendimiento en América del Sur

En Brasil, se han observado incrementos de 32.9 y $35.8 \text{ m}^3\text{cc}/\text{ha}/\text{año}$; el factor mórfoico entre 0.44 a 0.59 y el porcentaje de corteza de 29.8 a 36.1 %, para siete años de edad; para 12 años 19.1 y $26.4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$; para 11 años 16.2 y $17.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$; y para 10 años 17.2 y $18.3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

En la provincia de Misiones, Argentina, se han observado crecimientos de 53.5 hasta $75.8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ con corteza, a la edad de 12 años. En Corrientes, se han observado incrementos de 21.3 hasta $45.5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, entre 8 y 12 años; sin embargo, se menciona que incrementos mayores de $40 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ calculados a raíz de parcelas de ensayo, requieren una verificación a través de plantaciones extensas, ya que la parcela de ensayo puede provocar inexactitudes debido a su tamaño pequeño.

En la zona templada y húmeda del Noreste argentino, se observó en plantaciones de 8 años de edad, 14.4 y 13.9 m de altura, 17.9 y 18.9 cm de DAP y 17.0 y $19.0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ de incremento medio anual en volumen en las procedencias Mountain Pine Ridge y Stann Creek de Belice.

En el Oriente de Venezuela, a los 20, 15 y 10 años de plantados, Pino caribe tiene un incremento medio anual de volumen con corteza de 7.06 a 7.34 y $5.98 \text{ m}^3/\text{ha}$, respectivamente; y a los 20 años de plantado, alcanza una altura promedio de 17.3 m con un diámetro a la altura de pecho promedio de 26.8 cm. A los 15 años de edad alcanzó una altura total promedio de 14.3 m y un diámetro promedio a la altura de pecho de 23.6 cm con corteza.

5.6.4. Rendimientos en el mundo

Se presenta la siguiente recopilación de rendimientos sin corteza de Pino caribe: En Fiji, se estimó un rendimiento entre 15.0 y $27.8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$; en Australia, el IMA en promedio fue de 15.0 a $30.84 \text{ m}^3/\text{ha}$; en Sur Africa, presentó un IMA de $22.04 \text{ m}^3/\text{ha}$; en

Tanzania de 13.7 a 31.23 m³/ha/año; en Jamaica el IMA varía de 14.0 a 21.0 m³/ha con un diámetro de 10 cm como mínimo; en Trinidad y Tobago se obtuvo un IMA de 20.0, 15.6 y 11.4 m³/ha para tres clases de sitio diferentes; y en Surinam, en parcelas de 8.5 y 11.5 años de edad el IMA fue de 13.2 a 26.8 m³/ha. Se concluye que en sitios apropiados puede esperarse de 21 a 28 m³/ha/año a 30 años de edad y un porcentaje de corteza del 20 al 30% para edades de 15 a 20 años. En Jamaica, a la edad de 9-12 años, se señala un incremento medio anual de 11.6 m³/ha.

Pino caribe, en Trinidad y Tobago obtiene una altura promedio de 6.1 m y un DAP de 10.1 cm a los 4 años de edad. A la misma edad en la Guayana Británica, se reportan crecimientos de 4.5 a 6.0 m de altura y 8.7 a 12.5 cm de DAP. En Puerto Rico, alcanza en suelos profundos de montaña y en suelos arenosos 7.8 y 10.5 m de altura, respectivamente, a la edad de 7 años. En Malaysian, a la edad de 8 años, alcanzó una altura de 10.2 m y 15.1 cm de DAP.

En Australia, a los 5 años Pino caribe de Belice alcanzó 4.8 m de altura y 9.1 cm de DAP. En el Noreste de Queensland, la procedencia de Mountain Pine Ridge, a la edad de 10 años, alcanzó alturas de 20.9 m y un incremento medio anual de 19.6 m³/ha/año. A esta misma edad, se mencionan volúmenes totales de 202, 189 y 170 m³/ha para las procedencias Stann Creek, Mountain Pine Ridge y Potosí.

En Sudáfrica, Pino caribe obtiene durante los primeros 10 años 1.5 m/año en altura y 2.5 cm/año en diámetro y a la edad de 34 años una altura de 27 m, un DAP de 47 cm y un incremento medio anual de 22 m³/ha; en los mejores sitios de ese país, esta especie ha producido a los 14 años de edad rendimientos de 35 a 42 m³/ha/año. En Ibadan, Nigeria alcanza una altura promedio de 9.5 m, con un volumen total de 105 m³/ha a la edad de 5 años. En tanto que en Costa de Marfil se anotan alturas de 0.9, 3.5, 6.5 y 9.5 m para los 4 primeros años. Para las sabanas de Nigeria, a los 4.5 años procedencia de Belice, alcanza una altura media de 6.4 m con 3010 árboles/ha y un volumen total de 57 m³/ha.

En la India, en diversas condiciones, alcanzó alturas de 11.9, 26.3 y 27.6 m a las edades de 7, 29 y 34 años, respectivamente, con diámetros promedios de 43.4 y 47.0 cm a los 29 y 34 años, anotándose también incrementos corrientes anuales de 8.9 y 8.7

m³/ha a estas mismas edades. En Uttar Pradesh se observó a los 4 años 1.45 m en altura y 2.59 m a los 6 años, con un crecimiento anual de 0.43 m/año, en cambio en Kerala, India, a bajas altitudes alcanza 0.85 m. En Drasa, India, a los 4 años con 1131 árboles/ha se obtuvo una altura predominante de 6.9 m y 20.3 m³/ha, y a los 5 años con 1163 árboles/ha, una altura predominante de 8.8 m y 44.5 m³/ha de volumen total.

5.7. Tablas de volumen

Las tablas de volumen total y comercial con y sin corteza respectivamente, elaboradas para Turrialba, Costa Rica, se presentan en los Cuadros 20, 21, 22 y 23 los cuales incluyen los coeficientes de las regresiones y los índices de ajuste. El factor mórfico promedio calculado en base a 45 árboles fue de 0.50 y varió entre 0.44 y 0.61. Pino caribe se caracteriza por presentar un volumen de corteza considerablemente alto, el valor de 32% detectado fue muy similar al 30% reportado para árboles de igual dimensión en la Yeguada en Panamá, bajo condiciones de clima y suelo diferentes. Así mismo, una tabla de volumen total con corteza sin ramas ni tocón, para plantaciones de 1 a 5 años de edad de Pino caribe en Turrialba, Costa Rica, se presenta en el Cuadro 24. Para plantaciones en Nicaragua, no existen tablas de volumen.

5.8. Modelos de índice de sitio o calidad de sitios para Pino caribe

Aunque no existen modelos que estimen el índice de sitio o calidad de sitio para Pino caribe, a nivel del área centroamericana, las siguientes ecuaciones dan un ejemplo para algunos sitios. La siguiente fue elaborada en 1986, en Costa Rica.

$$IS = -1.0215 + 0.1471L + 0.0187A + 1.9402PE + 0.0377MR$$

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 = microrrelieve

R2 = 50%

Cuadro 20. Tabla de volumen total con corteza (m³) para Pino caribe Barr. y Golf. a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.

DAP (cm)	Altura total (m)													
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10	0.0445	0.0490	0.0535	0.0580	0.0625	0.0670	0.0715	0.0760	0.0850	0.0850	0.0895	0.0941	0.0986	0.1031
11	0.0531	0.0584	0.0637	0.0691	0.0745	0.0798	0.0852	0.0905	0.0959	0.1013	0.1067	0.1120	0.1174	0.1228
12	0.0622	0.0685	0.0748	0.0811	0.0873	0.0936	0.0999	0.1062	0.1125	0.1188	0.1251	0.1314	0.1377	0.1440
13	0.0721	0.0793	0.0866	0.0939	0.1012	0.1084	0.1157	0.1230	0.1303	0.1376	0.1449	0.1522	0.1595	0.1668
14	0.0826	0.0909	0.0992	0.1075	0.1159	0.1242	0.1326	0.1409	0.1493	0.1576	0.1660	0.1743	0.1827	0.1911
15	0.0937	0.1031	0.1126	0.1220	0.1315	0.1410	0.1504	0.1599	0.1694	0.1789	0.1884	0.1979	0.2073	0.2168
16	0.1055	0.1161	0.1267	0.1374	0.1480	0.1587	0.1693	0.1800	0.1907	0.2014	0.2120	0.2227	0.2334	0.2441
17	0.1179	0.1298	0.1416	0.1535	0.1654	0.1773	0.1893	0.2012	0.2131	0.2250	0.2370	0.2489	0.2608	0.2728
18	0.1309	0.1441	0.1573	0.1705	0.1837	0.1969	0.2102	0.2234	0.2367	0.2499	0.2632	0.2764	0.2897	0.3029
19	0.1445	0.1591	0.1737	0.1883	0.2029	0.2175	0.2321	0.2467	0.2613	0.2760	0.2906	0.3052	0.3199	0.3345
20	0.1588	0.1748	0.1908	0.2069	0.2229	0.2389	0.2550	0.2710	0.2871	0.3032	0.3192	0.3353	0.3514	0.3675
21	0.1737	0.1912	0.2087	0.2262	0.2437	0.2613	0.2788	0.2964	0.3140	0.3491	0.3491	0.3667	0.3843	0.4019
22	0.1891	0.2082	0.2273	0.2462	0.2655	0.2846	0.3037	0.3228	0.3419	0.3802	0.3802	0.3994	0.4185	0.4377
23	0.2052	0.2259	0.2466	0.2673	0.2880	0.3087	0.3295	0.3502	0.3710	0.4125	0.4125	0.4333	0.4541	0.4749
24	0.2219	0.2442	0.2666	0.2890	0.3114	0.3338	0.3562	0.3787	0.4011	0.4460	0.4460	0.4685	0.4910	0.5134
25	0.2391	0.2632	0.2873	0.3114	0.3356	0.3597	0.3839	0.4081	0.4323	0.4565	0.4807	0.5049	0.5291	0.5534
26	0.2569	0.2828	0.3087	0.3347	0.3606	0.3866	0.4125	0.4385	0.4905	0.4905	0.5165	0.5426	0.5686	0.5946
27	0.2754	0.3031	0.3309	0.3587	0.3865	0.4143	0.4421	0.4699	0.5257	0.5257	0.5814	0.5814	0.6093	0.6322
28	0.2943	0.3240	0.3537	0.3834	0.4131	0.4428	0.4728	0.5024	0.5619	0.5619	0.6215	0.6215	0.6514	0.6812

$$\ln Y = -9.660 + 1.834 \ln x_1 + 1.007 \ln x_2$$

Y = volumen total con corteza (m³)

x₁ = DAP (cm)

x₂ = altura total del tronco (m)

Fuente: Salazar (1985).

Ln = logaritmo natural

R² = 0.98

Indice de Furnival= - 0.028

Cuadro 21. Tabla de volumen total sin corteza (m³) para Pino caribe. a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.

DAP (cm)	Altura total (m)													
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10	0.0264	0.0293	0.0322	0.0351	0.0381	0.0410	0.0440	0.0470	0.0500	0.0530	0.0561	0.0591	0.0622	0.0653
11	0.0319	0.0354	0.0389	0.0424	0.0459	0.0495	0.0531	0.0567	0.0603	0.0640	0.0676	0.0713	0.0750	0.0787
12	0.0378	0.0420	0.0461	0.0503	0.0545	0.0587	0.0630	0.0673	0.0716	0.0759	0.0803	0.0846	0.0890	0.0934
13	0.0443	0.0491	0.0540	0.0589	0.0638	0.0688	0.0738	0.0788	0.0838	0.0889	0.0940	0.0991	0.1042	0.10094
14	0.0512	0.0568	0.0625	0.0681	0.0738	0.0796	0.0853	0.0911	0.0970	0.1028	0.1087	0.1145	0.1206	0.1265
15	0.9487	0.0651	0.0715	0.0780	0.0846	0.0911	0.0977	0.1044	0.1111	0.1178	0.1245	0.1313	0.1381	0.1449
16	0.6666	0.0739	0.0812	0.0886	0.0960	0.1035	0.1110	0.1185	0.1261	0.1337	0.1414	0.1491	0.1568	0.1645
17	0.0751	0.0833	0.0915	0.0998	0.1082	0.1166	0.1250	0.1335	0.1421	0.1507	0.1593	0.1680	0.1767	0.1854
18	0.0840	0.0932	0.1024	0.1117	0.1210	0.1305	0.1399	0.1494	0.1590	0.1686	0.1783	0.1880	0.1977	0.2075
19	0.0934	0.1036	0.1139	0.1242	0.1346	0.1451	0.1556	0.162	0.1768	0.1875	0.1983	0.2091	0.2199	0.2307
20	0.1034	0.1146	0.1260	0.1374	0.1489	0.1605	0.1722	0.1839	0.1956	0.2075	0.2193	0.2313	0.2432	0.2552
21	0.1138	0.1262	0.1387	0.1513	0.1639	0.1767	0.1895	0.2024	0.2153	0.2284	0.2414	0.2546	0.2677	0.2810
22	0.1247	0.1383	0.1520	0.1658	0.1797	0.1936	0.2077	0.2218	0.2360	0.2502	0.2646	0.2789	0.2934	0.3079
23	0.1361	0.1509	0.1659	0.1809	0.1981	0.2113	0.2266	0.2421	0.2575	0.2731	0.2887	0.3044	0.3202	0.3360
24	0.1480	0.1641	0.1804	0.1967	0.2132	0.2298	0.2464	0.2632	0.2800	0.2970	0.3140	0.3310	0.3482	0.3654
25	0.1604	0.1778	0.1954	0.2132	0.2310	0.2490	0.2671	0.2852	0.3035	0.3218	0.3402	0.3587	0.3773	0.3959
26	0.1732	0.1921	0.2111	0.2303	0.2496	0.2690	0.2885	0.3081	0.3278	0.3476	0.3675	0.3875	0.4076	0.4277
27	0.1866	0.2069	0.2274	0.2480	0.2688	0.2897	0.3107	0.3318	0.3531	0.3744	0.3958	0.4174	0.4390	0.4607
28	0.2004	0.2223	0.2443	0.2664	0.2887	0.3112	0.3338	0.3565	0.3793	0.4022	0.4252	0.4483	0.4715	0.4948

$$\ln Y = -10678 + 1.968 \ln x_1 + 1.085 \ln x_2$$

Y = volumen total con corteza (m³)

x₁ = DAP (cm)

x₂ = altura total del tronco (m)

Fuente: Salazar (1985).

Ln = logaritmo natural

R² = 0.95

Indice de Furnival= - 0.029

Cuadro 22. Tabla de volumen comercial con corteza (m³) para Pino caribe a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.

DAP (cm)	Altura comercial (m) hasta 10 cm con diámetro mínimo.										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	0.0719	0.0783	0.0846	0.0909	0.0971	0.1032	0.1094	0.1154	0.1215	0.1275	0.1334
11	0.0840	0.0914	0.0988	0.1061	0.1133	0.1205	0.1277	0.1347	0.1418	0.1488	0.1558
12	0.0967	0.1053	0.1138	0.1222	0.1305	0.1388	0.1470	0.1552	0.1633	0.1714	0.1794
13	0.1101	0.1199	0.1295	0.1391	0.1486	0.1581	0.1674	0.1767	0.1860	0.1951	0.2043
14	0.1242	0.1352	0.1461	0.1569	0.1676	0.1783	0.1888	0.1993	0.2097	0.2201	0.2304
15	0.1389	0.1512	0.1634	0.1755	0.1875	0.1994	0.2112	0.2229	0.2346	0.2462	0.2577
16	0.1542	0.1679	0.1815	0.1949	0.2082	0.2214	0.2345	0.2476	0.2605	0.2734	0.2861
17	0.1702	0.1853	0.2002	0.2150	0.2297	0.2443	0.2588	0.2732	0.2874	0.3016	0.3157
18	0.1867	0.2033	0.2197	0.2360	0.2521	0.2681	0.2839	0.2997	0.3154	0.3309	0.3464
19	0.2039	0.2220	0.2399	0.2576	0.2752	0.2927	0.3100	0.3272	0.3443	0.3613	0.3782
20	0.2216	0.2412	0.2607	0.2800	0.2991	0.3181	0.3369	0.3556	0.3742	0.3927	0.4110
21	0.2398	0.2611	0.2822	0.3030	0.3237	0.3443	0.3647	0.3849	0.4250	0.4250	0.4449
22	0.2587	0.2816	0.3043	0.3268	0.3491	0.3713	0.3933	0.4151	0.4584	0.4584	0.4798
23	0.2780	0.3027	0.3271	0.3513	0.3753	0.3991	0.4227	0.4462	0.4695	0.4927	0.5157
24	0.2979	0.3243	0.3505	0.3764	0.4021	0.4276	0.4529	0.4781	0.5031	0.5279	0.5526
25	0.3183	0.3465	0.3745	0.4022	0.4296	0.4569	0.4840	0.5108	0.5375	0.5641	0.5905
26	0.3392	0.3693	0.3991	0.4286	0.4579	0.4869	0.5158	0.5444	0.5729	0.6012	0.6293
27	0.3607	0.3926	0.4243	0.4557	0.4868	0.5177	0.5484	0.5788	0.6091	0.6391	0.6690
28	0.3826	0.4165	0.4501	0.4834	0.5164	0.5492	0.5817	0.6140	0.6461	0.6780	0.7097

$$\ln Y = 8.428 + 1.623 \ln x_1 + 0.891 \ln x_2$$

Y = volumen total con corteza (m³)

x₁ = DAP (cm)

x₂ = altura total del tronco (m) hasta 10 cm de diámetro

Fuente: Salazar (1985).

Ln = logaritmo natural

R² = 0.99

Índice de Furnival = 0.021

Cuadro 23. Tabla de volumen comercial sin corteza (m³) para Pino caribe. a ocho años en Celulosa de Turrialba, Costa Rica.

DAP (cm)	Altura comercial (m) hasta 10 cm con diámetro mínimo.										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	0.0457	0.0502	0.0548	0.0593	0.0638	0.0684	0.0729	0.0774	0.0819	0.0864	0.0910
11	0.0537	0.0591	0.0644	0.0697	0.0751	0.0804	0.0857	0.0910	0.0964	0.1017	0.1070
12	0.0623	0.0685	0.0747	0.0809	0.0871	0.0932	0.0994	0.1056	0.1118	0.1179	0.1241
13	0.0714	0.0785	0.0856	0.0927	0.0998	0.1069	0.1139	0.1210	0.1281	0.1351	0.1422
14	0.0810	0.0891	0.0971	0.1025	0.1132	0.1212	0.1293	0.1373	0.1453	0.1533	0.1613
15	0.0912	0.1002	0.1092	0.1183	0.1273	0.1364	0.1454	0.1544	0.1634	0.1724	0.1815
16	0.1017	0.1118	0.1219	0.1320	0.1421	0.1522	0.1623	0.1724	0.1824	0.1925	0.2025
17	0.1128	0.1240	0.1352	0.1464	0.1576	0.1688	0.1799	0.1911	0.2023	0.2134	0.2246
18	0.1243	0.1367	0.1490	0.1614	0.1737	0.1860	0.1983	0.2106	0.2229	0.2352	0.2475
19	0.1363	0.1499	0.1634	0.1769	0.1904	0.2040	0.2175	0.2310	0.2445	0.2579	0.2714
20	0.1488	0.1636	0.1783	0.1931	0.2078	0.2226	0.2373	0.2520	0.2668	0.2815	0.2962
21	0.1617	0.1777	0.1938	0.2098	0.2258	0.2419	0.2579	0.2739	0.2899	0.3059	0.3219
22	0.1750	0.1924	0.2098	0.2271	0.2445	0.2618	0.2791	0.2965	0.3138	0.3311	0.3484
23	0.1888	0.2075	0.2263	0.2450	0.2637	0.2824	0.3011	0.3198	0.3385	0.3571	0.3758
24	0.2030	0.2231	0.2433	0.2634	0.2835	0.3036	0.3237	0.3438	0.3639	0.3840	0.4041
25	0.2127	0.2392	0.2608	0.2824	0.3039	0.3255	0.3470	0.3686	0.3901	0.4116	0.4332
26	0.2326	0.2557	0.2788	0.3019	0.3249	0.3480	0.3710	0.3941	0.4171	0.4401	0.4631
27	0.2481	0.2727	0.2973	0.3219	0.3465	0.3711	0.3957	0.4202	0.4448	0.4693	0.4938
28	0.2639	0.2901	0.3136	0.3425	0.3686	0.3948	0.4209	0.4471	0.4732	0.4993	0.5254

$$\ln Y = -9.308 + 1.703 \ln x_1 + 0.0993 \ln x_2$$

Y = volumen total con corteza (m³)

x₁ = DAP (cm)

x₂ = altura total del tronco (m) hasta 10 cm de diámetro

Fuente: Salazar (1985).

Ln = logaritmo natural

R² = 0.97

Indice de Furnival = 0.023

Cuadro 24. Tabla de volumen total con corteza, sin ramas ni tocón, para Pino caribe en Turrialba, Costa Rica.

DAP c.c. (m)	Altura Total (m)								
	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Volúmenes con corteza (m ³)								
0.04	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024
0.06	0.008	0.012	0.017	0.021	0.026	0.030	0.035	0.040	0.044
0.08	0.013	0.019	0.026	0.033	0.040	0.047	0.054	0.061	0.068
0.10	0.018	0.028	0.038	0.047	0.057	0.067	0.077	0.087	0.097
0.12	0.024	0.037	0.050	0.064	0.077	0.090	0.103	0.117	0.130
0.14	0.031	0.048	0.065	0.082	0.099	0.116	0.133	0.150	0.167
0.16	0.039	0.060	0.081	0.102	0.123	0.144	0.165	0.186	0.208
0.18	0.048	0.073	0.098	0.123	0.149	0.174	0.200	0.226	0.252
0.20	0.057	0.087	0.117	0.147	0.177	0.208	0.238	0.269	0.300
0.22	0.067	0.101	0.137	0.172	0.208	0.243	0.279	0.315	0.351
0.24	0.077	0.117	0.158	0.199	0.24	0.281	0.323	0.364	0.406
0.26	0.088	0.134	0.181	0.227	0.274	0.322	0.369	0.417	0.464
0.28	0.100	0.152	0.204	0.257	0.311	0.364	0.418	0.472	0.526
0.30	0.112	0.171	0.230	0.289	0.349	0.409	0.469	0.530	0.591

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

V: Volumen estimado (m³)

D: DAP con corteza (m)

H: Altura total (m)

Fuente: Musálem (1973).

Se desarrolló un sistema de clasificación de sitios según su calidad para Costa Rica, para lo cual se utilizó el modelo de Schumacher modificado y obtuvo el modelo siguiente.

$$\text{Ln (IS)} = \text{Ln (Hd)} + b (1/\text{SQR Eh} - 1/\text{SQR Ep})$$

donde:

Ln	=	logaritmo natural base e
IS	=	altura dominante a la edad base
Eh	=	edad base de 15 años
Hd	=	altura dominante
a'	=	intercepto = 3.91638
b	=	pendiente = 3.40031
SQR (Ep)	=	raíz cuadrada de la edad de la plantación
R ²	=	75%

El Cuadro 25 reúne los tres mejores modelos para estimar el índice de sitio en función de las características fisiográficas, físicas y químicas para Pino caribe, en La Yeguada, Panamá. Comparativamente con otros sitios donde Pino caribe se ha plantado como exótica, el crecimiento del Pino caribe se puede clasificar como bastante bajo.

Para estimar la calidad de sitio, en La Yeguada, Panamá, se utilizó la ecuación siguiente:

$$\text{Ln (IS)} = \text{Ln (hdom)} + 10.1558 (E^{-0.1103} - 15^{0.1103})$$

donde:

$$\text{Ln(hdom)} = 10.2958 - 10.1558/E^{0.1103} \quad \text{con un R} = 63\%$$

IS = índice de sitio a los 15 años

Ln = logaritmo natural base e

hdom = altura dominante en metros

E = edad del rodal en años

R² = coeficiente de determinación

En México se desarrolló un índice de sitio para Pino caribe, ubicado en La Sabana, Oaxaca, resultando el siguiente modelo a la edad base de 15 años:

Cuadro 25. Tres mejores modelos para estimar el índice de sitio en función de las características fisiográficas, físicas y químicas para Pino caribe en La Yeguada, Panamá.

Fc	R2 ajust (%)	S	Ecuación	Variables incluidas
26.45***	41	26.37	$S(dm) = 118.9706 + 21.6176 PT$	Fisiográficas
43.92***	94	4.64	$S(dm) = 279.5315 + 5.9326 DR$ $+ 82.0153 pH5 + 0.5913 Mn5$ $4.3753 Zn5 + 7.8426 Cu5$	Físicas y químicas
86.36***	90	8.43	$S(dm) = 155.7363 + 18.4412 PT$ $1.2354 Limoso$	Fisiográficas y físicas

Los símbolos y sus ámbitos de validez son:

IS	=	índice de sitio
PT	=	posición topográfica (1 =cima, 2 =pendiente superior, 3 =pendiente inferior, 4 =fondo)
DR	=	drenaje interno (1 =sin drenaje, 2 =muy lento, 3 =lento, 4 = medio, 5 =rápido, 6 =muy rápido)
pH5	=	acidez hasta 5 cm de 4.3 a 5.5
Mn5	=	contenido de Mn hasta 5 cm de 2.6 a 51.8 ug/ml
Zn5	=	contenido de Zn hasta 5 cm de 1.2 a 5.7 ug/ml
Cu5	=	contenido de Cu hasta 5 cm de 0.8 a 3.3 ug/ml
Limoso	=	porcentaje de limo de 30 a 50 cm de 16 a 54%
S	=	desviación estándar de la media.
***	=	significativo al 0.1 %

Fuente: Vásquez (1988).

$$IS = H \{ [1 - \exp(-0.006899 \cdot 15)] / [1 - \exp(-0.06899 \cdot A)] \}^{1.72275}$$

donde: H = altura dominante promedio observada (m)
 A = edad de medición (años)

5.9. Impacto ecológico de las plantaciones

5.9.1. Correlación cobertura-diversidad del estrato herbáceo y de la microfauna de artrópodos

Un estudio de la correlación entre la cobertura de bosque de Pino caribe, la diversidad del estrato herbáceo y de la microfauna de artrópodos en Cachipo, Estado de Monagas, Venezuela, arrojó los resultados siguientes:

Estrato herbáceo y microfauna en plantaciones

La sucesión vegetal en el sotobosque está dirigida, en gran parte, por la cantidad de luz que el follaje filtra hacia aquél. En la medida que las copas arbóreas se desarrollan, aumenta la cobertura y disminuye, por tanto, la cantidad de luz filtrada. Paralelamente, se observa una tendencia decreciente en la diversidad del estrato herbáceo y, como consecuencia de este empobrecimiento, se manifiesta un cambio en la composición específica de la microfauna del piso. En el caso de un bosque de coníferas, las especies que pueden alimentarse de las acículas en descomposición, reemplazarán a aquéllas que se alimentaban de hierbas.

Si en el bosque de coníferas la condición de máxima cobertura se mantiene constante en el tiempo, se producirá la eliminación total del estrato herbáceo, originándose un piso forestal compuesto sólo por las acículas de las mismas, entre las cuales se desarrollará una microfauna característica; entonces, podrá afirmarse que el bosque está viviendo en un buen sitio y en buenas condiciones sanitarias; no obstante, si los factores son adversos, el desarrollo de las copas no será tan vigoroso, desaprovechándose gran cantidad de energía solar, que de este modo, llegará hasta el piso y permitirá el establecimiento de poblaciones vegetales y animales características para dicha cobertura.

5.9.2. Efecto en el suelo

En el caso de los bosques tropicales siempre verdes de Trinidad convertidos en plantaciones de Pino caribe, se descubrió que se había perdido nitrógeno durante los

cuatro años sucesivos después de la quema del bosque original, pero que había aumentado a su nivel original después de transcurridos 10 años, en tanto que el fósforo había disminuido durante siete años, sin recuperar jamás su valor original. Después de cuatro años, a partir de la fecha de la quema, se perdieron mayores niveles de las reservas de potasio, calcio y magnesio. La reducción de las reservas de elementos nutritivos, provocada por la reforestación, fue muy acentuada en las zonas con declives pronunciados y con el mayor régimen de lluvias. En el transcurso de seis años se perdieron hasta el 74 por ciento de las reservas originales.

En un estudio del efecto al suelo causado por las especies de crecimiento rápido en las regiones tropicales húmedas, entre las que se incluyó Pino caribe, los análisis de las muestras de árboles sugieren que entre los elementos nutritivos inmovilizados en cantidades más grandes por Pino caribe, el calcio parece ser el elemento de mayor importancia. Las investigaciones efectuadas sugieren que la productividad de los suelos sobre sedimentos de textura ligera de las tierras bajas tropicales, es afectada más gravemente debido a la inmovilización de los elementos nutritivos, como resultado de una ordenación intensiva, que la de los suelos más pesados, especialmente los de origen de complejo basal. Las principales conclusiones fueron:

1. Los elementos nutritivos básicos y el nitrógeno se inmovilizan en su mayor parte en las partes aéreas de los árboles, especialmente el calcio en Pino caribe. Del 70 al 80 por ciento de los elementos nutritivos así inmovilizados se pierden en el aprovechamiento forestal de la madera del tronco más la corteza.
2. El monocultivo de Pino caribe determina modificaciones opuestas en los diferentes tipos de suelo - textura fina y media a textura gruesa y, por tanto, exigen diferentes prácticas de ordenación de suelos.
3. Podría evitarse hasta el 25 por ciento de la pérdida de elementos nutritivos debida a la explotación de árboles enteros si se dejasen sobre el terreno los residuos de la corta. Las pérdidas podrían reducirse en otro 5 a 10 por ciento si se deja la corteza en el terreno.
4. No existe prueba alguna que haga sugerir que los cultivos de pinos sufrirán daños en las rotaciones posteriores como resultado de la pérdida de elementos nutritivos del

suelo por el hecho del aprovechamiento forestal; sin embargo, la reducción del contenido de humedad del terreno bajo los pinos, se convertirá probablemente en el principal factor limitativo del crecimiento en las rotaciones posteriores.

5. En la medida de lo posible, todos los residuos de las operaciones de aprovechamiento y limpieza forestal deben dejarse sobre el terreno. Además de que sirven como abrigo vegetal para conservar la humedad y reducir la erosión del terreno, los preciosos elementos nutritivos que restituyen al suelo, en el curso de la mineralización, vienen a reponer una parte de los recursos que se perdieron durante la explotación. Debe desaconsejarse la práctica de las operaciones de quema al principio de la segunda y sucesivas rotaciones.
6. Deberán evitarse en la mayor medida posible los riesgos de incendio en las plantaciones de pinos durante el crecimiento o después de la explotación. Además de la pérdida de los efectos del abrigo vegetal de los residuos de los pinos, que hace que las plantaciones consecutivas no tengan humedad suficiente, se pierde una gran cantidad de elementos nutritivos como consecuencia de la lixiviación y de la erosión en los suelos mal estructurados.

5.10. Literatura consultada

- ACEVEDO HERRERA, O.A.; KANNINEN, N.; KORHONEN, E. 1994. Sabana: experiencia de 20 años de una plantación forestal comercial. pp. 374-411. **In.** ARTEAGA MARTÍNEZ, B. y MUSÁLEM SANTIAGO, M.A. Comps. Memorias. IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH. México, D.F. 548 p.
- ACEVEDO HERRERA, O.A. 1992. Las plantaciones forestales comerciales: Estudio de caso La Sabana, Oaxaca. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- AGUILAR HERNANDEZ, J. S. 1979. Resultados de la aplicación de un ensayo de aclareo en una masa pura de *Pinus arizonica* Engelm en el estado de Chihuahua. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, México. 85 p.
- ALDER, D. 1977. A growth and management model for coniferous plantations in East Africa. Ph. D. Thesis. Oxford University. 97 p.
- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos: 2- predicción del rendimiento. FAO, Roma. 80 p.
- ALTERNA, A.C. van. 1972. Growth of caribbean and benguet pines in Northeastern Queensland. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 385- 399.
- ALLEN, R.M.; SCARBROUGH, N.M. 1969. Development of a year's height growth in longleaf pine saplings. United States Forestry Service. Southern Forestry Experiment Station, New Orleans. pp 45-50.
- ANDERSON, T.M.; BACON, G.J.; SHEA, G.M. 1981. Thinning strategies for Honduras Caribbean pine in plantations: an analysis of precommercial and commercial thinnings. Department of Forestry, Queensland, Australia. Technical Paper ND 25. 17 p.
- APPLEGATE, G.B.; NICHOLSON, D.I. 1988. Caribbean pine in an agroforestry system on the Atherton tableland in North East Australia Queensland Department of Forestry. Agroforestry Systems 7(1):3-15.
- ARAYA F., C.A.; HILJE, L.; SCORZA, F. 1990. Evaluación fitosanitaria de viveros y plantaciones del proyecto MADELEÑA en Centroamérica. MADELEÑA, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- BARRETT, W.H.G.; GOLFARI, L. 1962. Descripción de dos nuevas variedades del pino del Caribe. Caribbean Forester. 23(2):59-71.
- BARRETT, W.H.G.; GOLFARI, L. 1972. The growth of subtropical pines in Argentina. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v.1, pp. 247-284.

- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES J., C.L.; LEAL P., G.L. 1991. Fertilizing eucalypt plantations on the brazilian in savannah soils. **In.** SCHONAU, A. P. G. (Red.) IUFRO Symposium Intensive Forestry: The Role of Eucalypts. Durb, Sur Africa. pp. 610-621.
- BECKING, J.H. 1953. Thinning research in forestry. *Netherland Journal of Agriculture Science* 1 (1): 122-129.
- BERTOLOTI, G.; SIMOES, J.W.; NICOLIELO, N.; GARNICA, J.B. 1983. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na productividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (24): 47-53.
- BOLSTAD, P.V.; KANE, M.; GALINDO, J. 1988. Height growth gains 40 months after fertilization of young *P. caribaea* var. *hondurensis* in Eastern Colombia. Turrialba (Costa Rica) (38): 233-241.
- BRAATHE, P. 1957. Los aclareos en rodales coetáneos: un resumen de la literatura 'europea. Traducción del Inglés por Miguel Angel Musálem. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, México. Publicación Especial. 143 p.
- BRITO, J.O.; NUCCI, O. 1984. Estudo tecnologico da madeira de *Pinus spp.* para a producao de carvao vegetal e briquetagem. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. (No. 26): 25-30.
- BORJAS, M.; ROSALES, C. 1994. Evaluaciones entomológicas en los huertos semilleros de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **In.** Investigación y Desarrollo Forestal. CVG-PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. de Monagas, Venezuela. Boletín Técnico No. 9. pp. 1-8.
- BUNN, E.H. 1981. The nature of resource. *New Zealand Journal of Forestry Sciences*. 26(2): 162-99.
- CAMERON, D.M.; GRACIUM, G.C.J. 1972. Early performance of *Pinus caribaea* Mor. and *P. oocarpa* Schiede in the Northern Territory of Australia. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 366-372.
- CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; WILLIAMS, E.R. 1981. Fertilizer response of *P. caribaea* var. *hondurensis* on a tropical red earth soil in the Northern Territory. *Australian Forest Research* 7 (1): 35-45.
- CASTILLO SANTIAGO, M.A. 1988. Modelo para estimación de incremento y producción maderable neta en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf., de la Sabana, Oaxaca. Tesis de Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 81 p.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico No. 4. 260 p.
- CELULOSA ARGENTINA, S.A. 1968. Repoblación forestal con pinos y eucaliptos en Misiones, Argenitna. Misiones, Argentina. 63 p.
- CIBRIÁN TOVAR, D.; MÉNDEZ MONTIEL, J.T.; CAMPOS BOLAÑOS, R.; YATES III., H.O.; FLORES L., J. 1995. Insectos forestales de México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 453 p.

- CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PIENAAR, L.V.; BRISTER, H.G.; BAILEY, R.L. 1983. Timber management: A quantitative approach. New York, USA, John Wiley. 333 p.
- COPETE P., A.; VENEGAS T., L. 1986. Respuesta del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a la aplicación de diferentes nutrientes básicos. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. Ministerio de Agricultura. Bogotá, Colombia. 7 p.
- CORNELIUS, J.P.; HAWKINS, T.; PONCE, E.; ALVARADO, G. 1994. Distribución y estado de conservación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en las Islas de la Bahía. COHDEFOR-ODA-ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 54. 12 p.
- CORNFORTH, I.S. 1970. Reafforestation and nutrient reserves in the humid tropics. J. of Applied Ecology 7(3) 609-615.
- COZZO, D. 1956. Cómo utilizar la madera de árboles cultivados. Buenos Aires, 'Cosmopolita. 610 p.
- COZZO, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 610 p.
- CUNINGHAM, G.H. 1965. Polyporacea of New Zealand. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Bulletin 164. 304 p.
- CHALMERS, W.S. 1958. Observations on some caribbean forest. Caribbean Forester 19(1): 30-42.
- CHAVELAS POLITO, J. 1981. El *Pinus caribaea* Morelet en el estado de Quintana Roo, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota Técnica No. 10. 8 p.
- CHIJIOKE, E.O. 1984. Suelos de las regiones tropicales húmedas de tierras bajas; efectos causados por las especies de crecimiento rápido. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 119 p.
- CHUDNOFF, M.; GEARY, T.F. 1973. Terminal shoot elongation and cambial growth rhythms in *Pinus caribaea*. Reprinted from the Commonwealth Forestry Review. 52(4): 317-324.
- DAVIDSON, W.V. 1979. Historical Geography of the Bay Islands, Honduras. Southern University Press. Birmingham, Alabama. 199 p.
- DEREK, B.W. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. London, England, Overseas Development Administration. 275 p.
- DONK, M.A. 1974. Check List of European Polypores. North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London. 469 p.
- DYSON, W.G. 1980. Annual report for 1979. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 20 p. (Mecanografiado).
- ENILDETH, G. 1998. Caracterización nutricional de acículas de *Pinus caribaea* en plantaciones con el síndrome de muerte súbita en Uverito, Edo. Monagas. In. Primer congreso venezolano de pino y eucalipto. CVG. PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. de Monagas, Venezuela. p. 35.

- ENDLER, J.A. 1973. Gene flow and population differentiation. *Science* 179:243-249.
- ENDO, M. 1992. CAMCORE- Once años de contribución a la reforestación de Smurfit Cartón de Colombia. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. Informe de investigación No. 139. 12 p.
- ESCÁRPITA HERRERA, J. 1978. Aspectos generales de la plantación comercial de La Sabana, en el Estado de Oaxaca. pp 424-437. **In.** SARH. Memoria. Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH. México, D. F. 677 p.
- ESNACIFOR-HONDURAS 1980. Banco de Semillas. Informes internos. (Mimeografiado). s.p.
- FAO. 1971. Insectos que atacan a *Pinus caribaea* en el Noreste de Nicaragua. **In.** Investigación sobre el fomento de la producción de los bosques del Noreste de Nicaragua. FAO. Roma. 13 p.
- FIDEBA. 1974. Esto es La Sabana. Folleto Divulgativo. Fábricas de Papel Tuxtepec, S. A., Tuxtepec, Oaxaca. 14 p.
- FIERROS GONZALEZ, A.M. 1993. Manejo de la densidad en rodales coetáneos. Academia Nacional de Ciencias Forestales. México. 23 p. (Manuscrito).
- FIERROS, GONZALEZ, A.M. 1989. Site quality, growth and yield, and growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr y Golf. in Oaxaca, Mexico. Ph.D. Thesis. Yale University. New Haven, Conn., U.S.A. 213 p.
- FLOR, H.; REIS, G.M.C. 1980. Estudo do desenvolvimento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari em Brasilia. *Brasil Florestal* 10(43):25-30.
- FOX, G.D.; BEAL, J.A.; SMITH, W.R.; BONBERG, J.W.; BECKER, M. 1964. Southern pine beetle epidemic in Honduras appraisal and recommendations. Unpublished report dated April 1964. 24 p
- FRANSON, C.G.B. 1970. The course of growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* throughout the year in west Malaysia. *Malayan Forester (Malaysia)* 33(3): 240-242.
- FREEZAILLAH, B.C.Y.; LOW, C.M. 1968. Some preliminary observations on the attack and control of a fungal (*Pestalotia* sp) disease on the seedlings of *Pinus caribaea*. *Malayan Forester (Malaysia)* 31 (1): 15 - 19.
- GEWALD, N.J. 1980. Datos de crecimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. **In.** IUFRO/ MAB/ Servicio Forestal. Simposio Producción de madera en los neotrópicos por medio de plantaciones. IUFRO/MAB/Servicio Forestal. Rio Piedras, Puerto Rico. pp 51-61.
- GOLFARI, L. 1972. Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. **In.** BURLEY, J.; NIKLES, D.G., Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v.1. pp: 264-273.
- GOLFARI, L.; BARRETT, W.H.G. 1967. Comportamiento de las coníferas cultivadas en Puerto Piray, Misiones. *IDIA (Supl. Forestal) (Argentina)*. No. 4:31-52.
- GOMEZ-NAVA, M.S. 1976. Combate del Damping-off en semilleros forestales. *Boletín, División del Instituto Nacional de Investigación Forestal* 42 México, 13 p.

- GRAY, K.M. 1972. Potential of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf. in Jamaica. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, v. 1, pp. 235-250.
- GURGEL FILHO, O.A.; VEIGA, A.A.; KRONKA, F.J. 1970. Informaciones sobre desbastes realizados en *Pinus elliotti* Eng. var. *elliotti* y *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. Brasil Florestal 1(3):61-63.
- HAWKINS, P.J.; NIKLES, O.O.; SMITH, W.J. 1978. Management, wood properties and genetic improvement of Caribbean pine in Queensland. Department of Forestry, Queensland. Technical Paper (No. 4): 19 p.
- HAWLEY, R.C.; SMITH, D.M. 1972. Silvicultura práctica. Traducción del Inglés por Jaime Barradas. Barcelona, España, Omega. 544 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1976. Diagrama de la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 1 p.
- HOOD, I.A.; BELL, T. I. W. 1983. Inoculation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedling with *Ganoderma lucidum* in Fiji. New Zealand Journal of Forestry Science 13(1): 53-57.
- HOPPING, G.R. 1965. North American species in group IX of *Ips* DeGeer (Coleoptera: Scolytidae). Can. Entomol. 97: 422-434.
- HUDSON, J.; SALAZAR, M. 1981. Las quemas prescritos en los pinares de Honduras. ESNANIFOR. Siguatepeque, Honduras. 58 p.
- HUGHES, C.E.; ROBBINS, A.M. J. 1982. Seed stand establishment procedures for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the natural forest of Central America. Commonwealth Forestry Review 61(2):107-113.
- HUSSAIN, M.Z. 1987. Growth studies of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Puerto Rico. Ph.D. Dissertation. New Haven, Connecticut. Yale University, School of Forestry and Environmental Studies. 118 p.
- IRENARE-CATIE-BNP. 1988. El Pino. Una especie de uso múltiple con gran potencial. CATIE. Panamá. 5 p.
- ISOLAN, F.B. 1972. Estudio da qualidade de sitio para *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. no cantao de Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. IICA, Turrialba, Costa Rica. 83 p.
- IYAMABO, D.E.; JACKSON, J.K.; OJO, G.O.A. 1972. Pine trials in the savanna areas of Nigeria. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 200-212.
- JOSHI, H.B.; PANDE, D.C. 1972. Introduction of tropical conifers in hill regions of Uttar Pradesh (India). In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 285-301.
- KANE, M. 1992. Evaluación de herbicidas pre-emergentes para aplicar antes de plantar *Pinus caribaea* en terrenos mecanizados. División Forestal. Smurfit Cartón de Venezuela. Acarigua, Venezuela. Investigación Forestal. Informe de investigación No. 3. 9 p.

- LAMB, A.F.A. 1965. Exotic forest trees in Trinidad and Tobago. Trinidad and Tobago, Gov. Printery. 24 p.
- LAMB, A.F.A. 1968. Essentials of a tree improvement programme for developing countries with special reference to fast grown species for industrial plantations in the tropics. In. Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 2, pp. 1409-1413.
- LAMB, A.F.A. 1968. Regeneración artificial en el bosque tropical de tierras bajas húmedas. Unasylva 22 (4) 7.15.
- LAMB, A.F.A. 1973. *Pinus caribaea*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. V. 1. 254 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos; los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Traducción: Carrillo, A. GTZ, GmbH. República Federal Alemana. 334 p.
- LANNER, R.M. 1966. The phenology and growth habits of pines in Hawaii, U. S. Forest Service. Research Paper PSW 29. 25 p.
- LARGUÍA, A. 1967. Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Misiones. IDIA (Supl. Forestal) (Argentina) No. 4:53-8.
- LEDIG, B.F.; J.L. WHITMORE. 1981. Heritability and genetic correlations for volume, foxtails, and other characteristics of Caribbean pine in Puerto Rico. *Silvae Genetica*. 30:88-92.
- LEMKERT, D. 1980. Tablas de crecimiento de *P. caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica; preliminar. San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General Forestal. 53 p.
- LIGHTBURN M., W.E. 1974. Conservación y explotación del *P. caribaea*. Tesis de Licenciado en Biología y Ciencias Naturales. Facultad de Humanidades. Departamento de Biología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 31 p.
- LIM, F.; SUNDRALINGAM, P. 1974. Some preliminary results of fertilizer applications on the growth of a 6-year-old *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* stand. *Malayan Forester* (Malaysia) 37 (2) 120-126.
- LUNA LUGO, A.; MENDOZA, S. 1991. Some considerations regarding the growth of pines in Eastern Venezuela. IFLA, Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* (No. 33): 83-90.
- MADELEÑA-3, CATIE. 1994. Pino caribe, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barr. y Golf.) un árbol de uso múltiple. MADELEÑA-3, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Colección materiales de extensión. 5 p.
- MADRID AMAYA, C.A. 1972. La plaga del pino *Dendroctonus frontalis* en Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 31 p.
- MARIAUX, A. 1969. La périodicité des cernes dans le bois de limba. *Bois For. Trop.* 128 (6): 39-54.
- MATHUS MORALES, A. 1986. Influencia del espaciamiento de plantación en el crecimiento de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 48 p.

- MAZA MELENDEZ, J.C. 1994. Evaluación temprana de progenies de medios hermanos en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. Seleccionadas en las plantaciones de la Sabana, Oaxaca. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Especialista en Bosques. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 81 p.
- MELCHIOR, G.H.; QUIJADA, M. 1972. Preliminary results of species-provenance trials of exotic conifers in Venezuela. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 251-263
- MENDEZ D., L.A. 1978. Etapas iniciales en el establecimiento de un rodal semillero en las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet en Chaguapamas, Estado de Monagas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 22 p.
- MESBRUGE, G. de la. 1968. Du choix des essences et des méthodes de reboisement industriel en Côte-d'Ivoire. In. Congreso Forestal Mundial, 6°, Madrid, 1966. Actas. Madrid. Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 3207-3213.
- MILLER, A.D. 1969. Provisional yield tables for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Trinidad and Tobago. Government Printery. 10 p.
- MILLER, W.E. 1967. Taxonomic review of the *Rhyacionia frustrana* group of pine-tip moths, with description of a new species (Olethreutidae). Can. Entomology. 99: 590-596.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1993. Autoecología de la especie Pino caribe. SERFORVEN. Caracas, Venezuela. Cartilla No. 14. 13 p.
- MOLINA, O. 1972. Rendimiento de pinos resinosos a distintas distancias de plantación. Asociación de Plantadores Forestales de Misiones. Buenos Aires. Argentina. VII Congreso Forestal Mundial. Boletín No. 7. pp. 61-66.
- MUSALEM SANTIAGO, M.A. 1973. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el Trópico Húmedo, Turrialba. Costa Rica. Tesis de grado de Magister Scientiae. Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- MUTARELLI, E.J. 1988. Evolución dasométrica de las plantaciones forestales de la provincia de misiones. Instituto Forestal Nacional, Argentina. Folleto Técnico Forestal No. 62. 261 p.
- NAIR, P.N. 1972. Preliminary trials with tropical conifers in Kerala State. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, p. 302-317.
- NAPIER, I. 1980. Efecto del uso de fungicida Agallol en la germinación de *Pinus caribaea*. In. Actas de las Segundas Jornadas de Reforestación. 27 y 28 de noviembre 1980. ESNACIFOR, Siguatepeque, Honduras. 306 p.
- NAPIER, I. 1982. Enfermedades fungosas en los pinos de los viveros de Honduras: Identificación, prevención y control. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. Nota Técnica 3. 12 p.
- NAPIER, I. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica. ESNACIFOR (Hon.). Publicación Miscelánea No.5. 274 p.

- NIKLES, D.G. 1972. A 15-year provenance trial study of *Pinus caribaea* Morelet in sub-tropical coastal lowlands of Queensland, Australia. In: BURLEY, J.; NIKLES, D.G. Eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. CFI, Oxford. Vol. 1. pp. 400-417.
- OKORO, O.O. 1985. The potential of a low latitude location in the Nigeria Derived Savanna Zone for production of *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. and Golf. seeds. Nigeria. Forestry Association of Nigeria. 107-114.
- PEACE, T.R. 1962. Pathology of trees and shrubs. Oxford University Press. London. 753 p.
- PEÑA D., F.E. 1990. Determinación del crecimiento en vivero de tres especies de Pinos: *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* procedente de 14 sitios en la localidad de Matagalpa, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 52 p.
- PERERA LUMBÍ, J.F. 1999. Estado del conocimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari. Tesis de Ingeniero Forestal, con Orientación en Economía y Ordenación. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 688 p.
- PERRY Jr., J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, Oregon. Timber Press. 231 p.
- PICCHI, C.G.; BARRETT, W.H. 1967. Efecto de heladas intensas sobre las especies de *Pinus* cultivadas en Castelar. IDIA, Argentina. Suplemento Forestal No. 4:1-11.
- PLATTEBORZE, A. 1970. A soil and vegetation study under a *Pinus caribaea* plantation in West Malaysia. Malaysian 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. Malaysian Forester (Malaysia) 34(2):113-132.
- PROSEFOR, CATIE. 1997. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. PROSEFOR, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales No. 11. 2 p.
- QUEENSLAND DEPARTMENT OF FORESTRY. 1981. Report of research activities for 1980, 1981. Brisbane. Australia. 15 p.
- RAMIREZ, H.; FIERROS, A. 1989. Estimación del crecimiento y rendimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a través de su distribución diamétrica. pp 459-475. In: Salazar, R. Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Acta de reuniones IUFRO, Guatemala. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 674 p.
- REYNA RODRIGUEZ, N. 1978. Análisis del incremento de madera y estudio de la mancha azul en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Turrialba. Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Universidad de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 128 p.

- REYNA, N.; GEWALD, N.J. 1980. Análisis del mercado de maderas en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. en Turrialba, Costa Rica. CATIE. Turrialba (Costa Rica) 30(2): 167-171.
- RICHARDS, B.N.; FROM, F.R. 1965. Effect of ammonium nitrate and lime on the germination and early growth of *Pinus caribaea*. Australian Forestry, 29 (4): 263-274.
- ROBBINS, A.M. 1983. *Pinus caribaea* Morelet. Danida Forest Seed Centre. Seed Leaflet. No. 2. 17 p.
- 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.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1991. Pino caribe. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barrett y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 175. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- RUIZ MUÑOZ, M. 1994. Efecto del aclareo inicial en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en la Sabana de Oaxaca. Tesis de Maestro en Ciencias Forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 75 p.
- RUIZ MUÑOZ, M.; FIERROS GONZALEZ, A.M.; RAMIREZ MALDONADO, H. 1996. Efecto inicial del aclareo en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en La Sabana, Oaxaca. INIFAP. México, D. F. Revista Ciencia Forestal en México. 21(80): 25-38.
- SALAZAR F., R. 1976. Rendimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett y Golfari, a los ocho años de edad en el Cantón de Turrialba. Turrialba, Costa Rica. Programa de Diversificación Agrícola. Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. 33 p.
- SALAZAR, R. 1978. Costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Turrialba, Costa Rica. Celulosa de Turrialba. Turrialba, Costa Rica. 37 p.
- SALAZAR, R. 1985. Productividad del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en Turrialba, Costa Rica. IPEF. Sao Paulo, Brasil. pp. 20-24.
- SANDRASEGERAN, K. 1968. A general volume table for *Pinus caribaea* Mor. Malayan Forester (Malaysia) 28(1):20-27.
- SCHULTZ, J.P.; RODRIGUEZ, L. 1966. Plantaciones forestales en Surinam. Revista Forestal Venezolana 9(14):5-36.
- SETH, S.K. 1972. An analysis on the performance of some tropical and subtropical pines in India. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 327-350.
- SILVA, S.R. 1971. Metodología para la investigación en parcelas permanentes de aclareo y rendimiento en plantaciones forestales. I.F.L.A.I.C. Mérida, Venezuela. Boletín N° 38: 59-89.
- SIMOES, J.W.; MELLO, H.A.; COUTO, H.T.Z. 1970. Fertilizing accelerates the initial development of *P. caribaea* var. *bahamensis* plantations. IPEF (1) 59-80.

- SINGH, S. 1978. Plantation diseases in Fiji Islands. Forest Research Institute and Colleges, Dehra Dun, India. 99 p.
- SLEE, M.U. 1972. An example of the use of studies in controlled environments to assist tree breeding programs. In: BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 136-141.
- SLEE, M.U. 1972. Growth patterns of slash and Caribbean pine and their hybrids in Queensland. *Euphytica* 21: 128-142.
- STEYAERT, T.L. 1961. Genus *Ganoderma* (Polyporaceae) Taxa nova - I. Bulletin du Jardin Botanique de l-Etat, Bruxelles 31: 69-83.
- STEYAERT, T.L. 1962. Genus *Ganoderma* (Polyporaceae) Taxa nova - 2. Bulletin du Jardin Botanique de l-Etat, Bruxelles 32: 89-104.
- STEYAERT, T.L. 1972. Species of *Ganoderma* and related genera mainly of the Bogor and Leiden herbaria. *Persoonia* 7: 55-118.
- TEOH, S.K. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean pine growth and yield. *Malayan Forester (Malaysia)* 44(1): 60-76.
- TILLMANN, H.J. 1976. Observaciones sobre el incremento volumétrico de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica. Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. Volumen 26. pp. 107-125.
- TOBAR, A. 1976. Evaluación de la calidad de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo. Estado de Monagas, Venezuela. Tesis M.S. Fac. Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 169 p.
- TORRES R.; PINO, G.; SMITH, N.V. 1978. Correlación entre la cobertura de bosque de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y la diversidad del estrato herbáceo y de la microfauna de artrópodos. Cachipo. Estado de Monagas. Venezuela. Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales, La Salle. pp. 9-18.
- UGALDE ARIAS, L.A. 1981. Tablas de volumen para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 7 p.
- VAIRETTI, M.; MOLINO, O. 1972. Crecimiento de pinos resinosos en el Norte de Corrientes comparados con Misiones, Asociación de Plantadores Forestales de Misiones. Buenos Aires, Argentina. VII Congreso Forestal Mundial. Boletín No. 7. pp. 21-24.
- VALE, C.; KANE, M. 1994. Efecto de fertilización con distintas fuentes y dosis de fósforo sobre el crecimiento inicial de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a los 20 meses. División Forestal. Smurfit Cartón de Venezuela. Acarigua, Venezuela. Investigación Forestal. Informe de investigación No. 12. 10 p.
- VASQUEZ C., W. 1987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Tesis Magister Scientiae. Turrialba. C.R., CATIE/UCR. 113 p.
- VASQUEZ C., W. 1988. Calidad de sitio *Pinus caribaea* en La Yeguada, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. *Silvoenergía* No. 25. 4 p.

- VÁSQUEZ C., W. 1986. Tres intensidades de raleo en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; Análisis de 10 años de crecimiento en un diseño latino. Trabajo presentado en el Congreso Forestal Nacional de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 15 p.
- VASQUEZ C., W.; NAVARRO, C. 1993. Ensayo de espaciamiento con arreglo sistemático Nelder para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari y *Eucaliptus grandis* Hill Ex Maiden, en Turrialba, Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Silvoenergía No. 52. 6 p.
- VASQUEZ C., W.; SALAZAR, R. 1989. Guía para el manejo de plantaciones de Pino caribe en La Yeguada, Panamá. Proyecto MADALEÑA. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 138: 53 p.
- VEIGA, A. 1973. Determination of thinning yields by means of the relascope. Instituto Florestal, Sao Paulo. Boletín Técnico (5): 16 p.
- VEIGA, A. 1974. Volume increment in *Eucalyptus* and *Pinus*. Florestal 5(17):7-11.
- VEGA, A.; GONZÁLEZ, L. 1998. Efecto de diferentes herbicidas pre-emergentes en el control de la Paja rosada (*Rhynchelytrum repens*) y otras malezas en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In. Investigación y Desarrollo Forestal. CVG. PROFORCA. Puerto Ordaz, Edo. De Monagas, Venezuela. Boletín Técnico No. 1-5. pp. 1-11.
- VENATOR, C.R. 1976. Natural selection for drought resistance in *Pinus caribaea* Morelet. Turrialba (Costa Rica). 26(4): 381-387.
- VERSTEEGH, P.J.D. 1968. Plantaciones de *Pinus caribaea* en Surinam. In. Congreso Forestal Mundial, 6º, Madrid, 1966. Actas. Madrid, Ministerio de Agricultura. v. 3, pp. 1688-1697.
- VINCENT, L.W. 1978. Site classification for young caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) in grassland in Venezuela. Ph.D. Thesis. University of Tennessee. Knoxville, EE.UU. 149 p.
- VINCENT, A.J.; MANG, M. 1972. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf. in Fiji. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 351-365.
- 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.
- VOORHOEVE, A.G.; SCHULZ, J.P. 1968. La necesidad de parcelas permanentes de aclareo y rendimiento en plantaciones forestales. Mérida. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela. Boletín 27/28:3-17.
- WHITMORE, J.L.; GEARY, T.F. 1972. *Pinus merkusii* Jung. and Vriese provenance trial in Puerto Rico. In. BURLEY, J.; NIKLES, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford. Commonwealth Forestry Institute. v. 1, pp. 161-172.
- WOLFFSOHN A., L.A. 1982. Los pinares de Honduras. ODA/ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Informe Técnico No. 2. Proyecto R-3548. pp. 8-17.

- WOLFFSOHN A., L.A. 1983. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: Estudio sobre su manejo en sitios nativos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Siguatepeque, Honduras. Serie miscelánea 3. 67 p.
- WOLTER, K.E. 1968. A new method for making cambial growth. Forestry Science. 14: 102-104.
- ZOBEL, B.; TALBERT. J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. México. 545 p.
- ZOBEL, F.; GERRIT, P., 1987. Growth of exotic forests. Wiley-Interscience, USA. 508 p.

