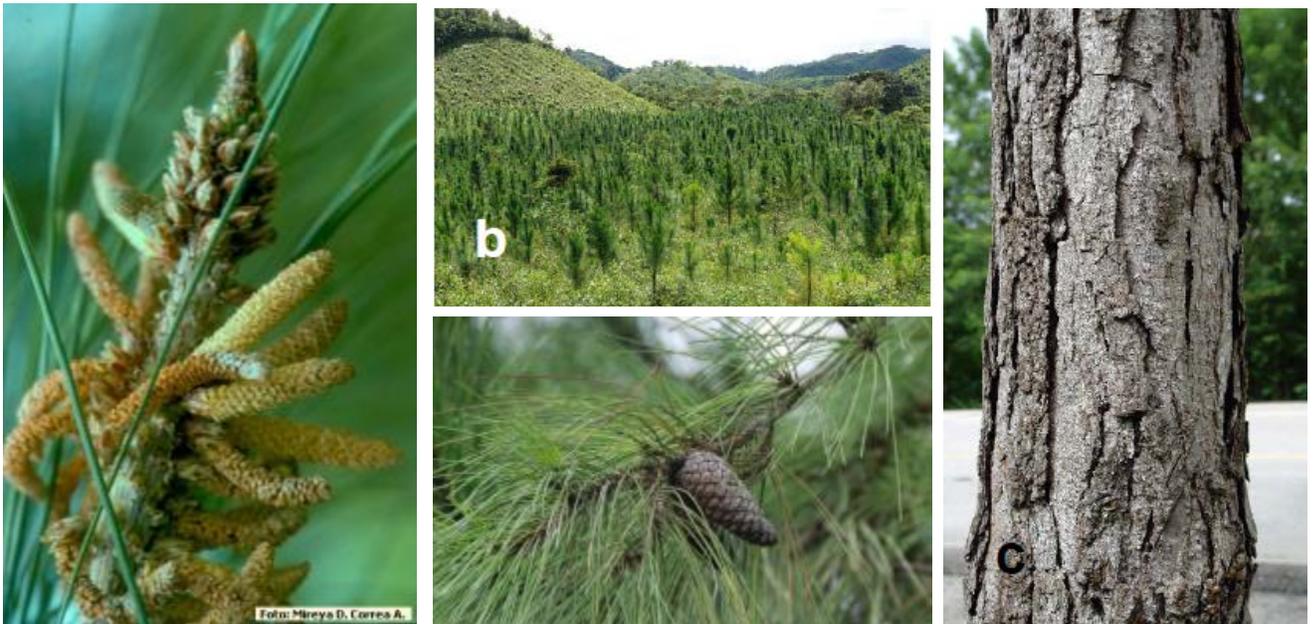


Pino Caribe

Pinus caribaea var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari

PAQUETE TECNOLÓGICO FORESTAL

INFORME FINAL



Pinus caribaea var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari

Fotografías por: Véliz Pérez, ME. 2007; Correa A, MD. Herbario, Universidad de Panamá. 28 de mayo de 2016.

[http://herbario.up.ac.pa/Herbario/resource/data/vasculares/images/Pinaceae/Pinus%20caribaea%20\(1\).jpg](http://herbario.up.ac.pa/Herbario/resource/data/vasculares/images/Pinaceae/Pinus%20caribaea%20(1).jpg);

Banfi, E. 2013. Foro Acta Plantarum. <http://www.actaplantarum.org/floraitaliae/viewtopic.php?t=46360>

Instituto Nacional de Bosques -INAB-
7ª Avenida 12-90, zona 13
Guatemala, Guatemala, C.A.
www.inab.gob.gt

Dirección de Desarrollo Forestal
www.inab.gob.gt
Tel: 2321-4600 y 01
Guatemala, Guatemala, C.A.

Departamento de Investigación Forestal
7ª Avenida. 12-90, zona 13
Guatemala, Guatemala, C.A.
www.inab.gob.gt

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
20 Calle 28-58, zona 10
Guatemala, Guatemala, C.A.
www.marn.gob.gt

Proyecto: “Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala”

Elaborado por: Edwin Enrique Cano Morales

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos o sin intenciones de lucro, sin ningún otro permiso especial por parte del titular de los derechos, con la condición de que se cite la fuente de donde proviene.

Citar este documento como:

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. 2017. Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari). Paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB. 37 p.

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Nombre científico y notas taxonómicas.....	1
1.2	Nombres comunes.....	1
1.3	Descripción morfológica	1
1.4	Distribución geográfica de la especie.....	2
1.5	Aptitud forestal – agroforestal	4
1.6	Usos	4
1.7	Importancia de la especie en el país	5
1.8	Estado de protección legal de la especie en el país.....	5
2	Selección de sitio	5
2.1	Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie.....	5
2.1.1	Clima.....	5
2.1.2	Fisiografía.....	6
2.1.3	Suelo.....	6
2.2	Distribución potencial de la especie en Guatemala	6
2.3	Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie	8
2.4	Ejemplos de buena o mala elección.....	8
3	Producción de plántulas y genética.....	8
3.1	Diversidad genética y procedencia	8
3.2	Rodales semilleros	9
3.3	Semilla	10
3.3.1	Colecta.....	10
3.3.2	Acondicionamiento	10
3.3.3	Conservación y viabilidad.....	11
3.3.4	Tratamientos pre-germinativos	11
3.4	Producción de plantas	11
3.4.1	Métodos sexuales o por semilla	11
3.4.2	Métodos asexuales.....	13

4	Establecimiento de plantaciones.....	16
4.1	Comportamiento ecológico de la especie.....	16
4.2	Instalación	17
5	Silvicultura de plantaciones	18
5.1	Manejo silvicultural de plantaciones/control de malezas.....	18
5.2	Poda.....	19
5.3	Raleo	20
5.4	Introducción en sistemas agroforestales	20
6	Manejo de plagas y enfermedades.....	21
7	Crecimiento y productividad de plantaciones	25
7.1	Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala	25
7.2	Crecimiento e incrementos	27
8	Existencias.....	33
8.1	Superficies de plantaciones.....	33
9	Bibliografía.....	35

1 Introducción

1.1 Nombre científico y notas taxonómicas

Pinus caribaea var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari

SINÓNIMOS: *Pinus hondurensis* Loock.

NOTA: La jerarquía anterior se basa en Tropicos.org¹ difiere un tanto en ITIS-World Plants² ya que considera a los taxones *Pinus caribaea* var. *Bahamensis* (Griseb.) W.H. Barret & Golfari, *Pinus caribaea* var. *Caribaea* y *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (Sénécl.) W.H. Barret & Golfari como taxones infraespecíficos y no como sinónimos.

1.2 Nombres comunes

El nombre más común utilizado en el ámbito guatemalteco es Pino Caribe, Pino del Petén y Pino de Costa. (Cordero y Boshier 2003, Veliz y otros 2007).

1.3 Descripción morfológica

Basado en CATIE 1997, Veliz y otros 2007, Dvorak y otros 2000, Cordero y Boshier 2003.

PORTE DEL ÁRBOL: Es un árbol que puede crecer hasta 45 m de altura, tronco cilíndrico, recto o ligeramente encorvado. El tronco mide en promedio 45 cm de diámetro a la altura del pecho, aunque se puede llegar hasta 100 cm.

La copa es cónica e irregular; la corteza es grisácea en arboles jóvenes; en ejemplares adultos, se vuelve rugosa, resquebrajada y formando surcos y de color oscuro en arboles adultos, el crecimiento es más o menos verticilado.

CORTEZA: Es bastante delgada en comparación a *P. oocarpa*, *P. maximinoi* y otras especies presentes en el país del género *Pinus*. Es de color rojizo a café formando gruesas placas con profundas hendiduras verticales y horizontales.

HOJAS: Existen por lo regular 3 hojas o agujas por fascículo, de 12 a 33 cm de largo. Posee vaina en la base del fascículo, su principal característica es que tienen forma triangular en la sección transversal.

¹Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 28 May 2016 <<http://www.tropicos.org/Name/24900854>>

² ITIS-World Plants. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2015 Annual Checklist / base de datos Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World. Species 2000 Secretariat, Leiden (NL). 28 May 2016 <<http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2015/>>

ESTRÓBILOS: Los conos o “frutos”, botánicamente llamados estróbilos, son grandes en relación a otras especies como *P. maximinoi* ó *P. oocarpa*, de 4 a 12 cm de largo y de 3.5 a 6 cm de ancho y con pedúnculo de 6 a 14 mm de largo. Las escamas del estróbilo se reducen en tamaño al acercarse al ápice. Los estróbilos no persisten en las ramas una vez se han liberado las semillas.

1.4 Distribución geográfica de la especie

Basado en Veliz y otros 2007, CATIE 1994, 1997, Dvorak y otros 2003, CATIE 1994 y 1997, Herrera 1995, Zamora 2003 y Tropicos.org

DISTRIBUCIÓN NATURAL: La especie puede ser encontrada desde la latitud 18° 15' Norte, a lo largo de 1,000 km desde El Ejido Caobas, Quintana Roo, México pasando por hasta la latitud 12° 13' Norte en la Laguna del Pinar, Zelaya, Nicaragua.

Conforme al proceso evolutivo, estableció su dominancia en las tierras bajas húmedas de la costa Atlántica, hasta 300 km tierra adentro en los valles. También puede encontrarse desde el nivel del mar, hasta los 1000 msnm aproximadamente en la localidad de Monteca, El Salvador, siendo más abundante por debajo de los 500 msnm. El rango de distribución es naturalmente discontinuo ocurriendo en bandas de ancho variable a lo largo del litoral Atlántico.

La extensión más grande de *P. caribaea* se encuentra en la región de La Mosquitia en el Este de Honduras y Nicaragua en donde crece en peñascos dispersos con distintas densidades, separados por una sabana y vegetación arbustiva a lo largo de ríos y lagunetas. Poblaciones aisladas de *P. caribaea* var. *hondurensis* crecen rodeadas de bosque latifoliado en Poptún, Petén y El Pinal, Jutiapa, Guatemala.

Poblaciones insulares ocurren en Guanaja y Roatán y en tierras continentales al Norte de Honduras. El tamaño de las poblaciones varía en rango de unos cientos de ha hasta manchones de unos 150 árboles en el Ejido Caobas.

En Guatemala se encuentra presente en los departamentos de Guatemala, Alta Verapaz, Izabal, Petén, Sacatepéquez, San Marcos y Zacapa. Se ha registrado desde los 100 hasta los 700 msnm y como punto máximo 850 msnm. Se ha observado la ocurrencia de la especie a lo largo del pie de monte de la Sierra de Las Minas en el Valle del Motagua. Los pinos no alcanzan la costa, pero llegan a 50 km de distancia. Al ir aumentando la altura en las montañas del lado Oeste del valle, es reemplazado por *P. oocarpa*. Es posible observar a ambas especies entre a una altura de entre 450 y 750 msnm.

LUGARES DE INTRODUCCIÓN: Fuera del rango nativo de distribución, la especie ha sido evaluada realizando pruebas de procedencia por CAMCORE³ en Venezuela, Brasil, Colombia y otros cuatro países. A nivel mundial, es la conífera que ha sido introducida a mayor escala con fines comerciales o de investigación; de acuerdo con el Compendio Internacional de Especies Invasivas del Centro Internacional para la Agricultura y Bociencias⁴ entre 1,880 y 1,900 se establecieron plantaciones a gran escala en distintas localidades del trópico y subtrópico de ambos hemisferios.

Una de las especies más importantes introducidas en este período fue *P. caribaea* para ser utilizada para control de erosión, barreras rompevientos y ornamental. Actualmente en el continente asiático existe en las siguientes localidades: China, India en donde particularmente se considera invasiva en Bangladesh; Indonesia, Irán, Malasia, Islas Maldivas, Nepal, Pakistán, Filipinas, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia y Vietnam.

En el continente africano existe en: Angola, Benín, Camerún, República Democrática de El Congo, Costa de Marfil, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Kenia, Liberia, Madagascar, Malawi, Mauritania, Mozambique, Níger, Nigeria, Ruanda, Sierra Leona, Sur África, Sudán, Suazilandia, Tanzania, Zanzíbar, Togo, Uganda, Zambia y Zimbabue.

En Norte América existe en Canadá, y Estados Unidos, específicamente en Hawái en donde se le considera invasiva.

En Centro América y El Caribe, en Dominica, República Dominicana, Granada, Haití, Martinica, Jamaica, Panamá, Puerto Rico y Trinidad y Tobago.

En Sur América se encuentra presente en Argentina, Bolivia Chile, Ecuador, Guyana Francesa, Surinam.

En Oceanía en las siguientes localidades se le considera invasiva: Australia, Islas Cook, Polinesia Francesa, Guam, Nueva Caledonia, Niue, e Islas Pitcairn, como no invasiva se encuentra en Nueva Zelanda, República de Fiyi, Samoa, Islas Salomón, Isla de Tonga y La Colectividad de Wallis y Fortuna.

³**CAMCORE:** Es una cooperativa formada en 1980 que conformada por la Universidad de Carolina del Norte, Industrias Forestales Privadas, Agencias de Gobierno y personas individuales con participación en Estados Unidos, México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Argentina, Chile, Colombia, Venezuela, Nueva Zelanda, República de Sur África e Indonesia para la conservación de materiales genéticos de alto valor de especies forestales.

⁴ El Compendio Internacional de Especies Invasivas es parte del Centro Internacional para la Agricultura y Bociencias, -CABI- por sus siglas en inglés, es una organización no gubernamental sin fines de lucro que ayuda a mejorar las condiciones de vida de las personas mediante la aplicación de técnicas e información científica para resolver problemas en la agricultura y el ambiente. 30 de mayo de 2016.
<http://www.cabi.org/jsc/daztasheet/41573>

1.5 Aptitud forestal – agroforestal

Basado en INAB e IARNA 2012, INAB 2016⁵, CATIE 1994 y 1997, Véliz 2007, Herrera 1995.

Junto con *P. oocarpa* es una de las especies más utilizadas en la industria forestal; principalmente en materia de aserrío debido a la existencia y características de trabajabilidad.

Los programas de reforestación PINFOR y PINPEP promueven el uso de la especie, considerada prioritaria institucionalmente, para establecer plantaciones forestales para la producción de madera.

Según datos del Registro Nacional Forestal del INAB y estadísticas de proyectos PINFOR y PINPEP hasta el año 2015 existen 10,600 ha plantadas con la especie, entre plantaciones puras, mixtas y sistemas agroforestales; ha sido plantado en asocio con: *Cupressus lusitanica*, *Pinus maximinoi*, *P. tecunumani*, *P. oocarpa*, y *Tabebuia rosea*.

1.6 Usos

Basado en Herrera y otros 1993, Benitez y otros 1988, CONIF 1995

El uso de la especie ha dependido de la calidad de la madera, la cual no sólo está determinada por la genética y el manejo, sino también por el ambiente de los sitios donde crece.

Es utilizada en construcción general, especialmente para ventanas, muebles de cocina, artesanías, postes para tendido de redes telefónicas y eléctricas, pulpa para papel, parquet para pisos, laminas para contrachapados, puentes, carpintería, pisos, ebanistería, pilotes y durmientes (cuando es preservada), estructuras de barcos, carrocerías, mangos para herramientas, encofrados, tableros de fibras y partículas, papel kraft, cartón corrugado y papel periódico.

Además presenta usos adicionales:

- **Leña y carbón:** apta para leña y carbón con un poder calorífico de 20,298 KJ/Kg.
- **Resina:** *P. caribaea* produce resina de la cual pueden obtenerse pinturas, barnices, plásticos aceites, gomas, resinas sintéticas, productos químicos y farmacéuticos.
- **Otros:** En cierta vegetación natural de regeneración natural, sirve de refugio y alimento a la fauna.

⁵INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos del Registro Nacional Forestal 1993-2015. Guatemala, Registro Nacional Forestal del INAB.

1.7 Importancia de la especie en el país

Basado en Estadísticas PINFOR 1998 a 2015 y Estadísticas PINPEP 2007 a 2015

P. caribaea es considerada una especie de especial interés en Guatemala, forma parte del grupo de especies prioritarias del programa PINFOR desde su creación en 1998. Hasta finales del año 2015 la especie sumaba más de 10,600 ha distribuidas en 350 proyectos, con una inversión de 127 millones de quetzales, ocupando el doceavo puesto en preferencia de utilización bajo el programa PINFOR lo que equivale al 8% de la inversión a nivel nacional.

Bajo el programa PINPEP, hasta finales de 2015 la especie sumaba 1.29 ha repartidas en 3 proyectos, con una inversión de 10 mil quetzales, ocupando el puesto setenta y siete en preferencia de utilización, lo que equivale al 0.02% del total invertido a nivel nacional. Los proyectos están ubicados en Petén e Izabal, prácticamente esta especie no ha sido utilizada en este programa.

1.8 Estado de protección legal de la especie en el país

Basado en CONAP 2009

Carece de protección especial por ser una especie ampliamente distribuida en el país, donde sus poblaciones naturales no han sufrido una disminución alta ni pérdida significativa de su hábitat. Además, la especie posee adecuadas características de producción y calidad de semillas; asimismo, en la actualidad no se encuentra en la Lista de Especies Amenazadas –LEA- del CONAP ni dentro del listado de especies amenazadas de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre –CITES-

2 Selección de sitio

2.1 Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en Basado en INAB 2015, Lucas 2006, Teoh 1981, Vicent 1970

2.1.1 Clima

TEMPERATURA: En un rango entre 21° a 25° Celsius como temperatura media mensual se reportan los mejores rendimientos.

PLUVIOMETRÍA: La especie requiere de precipitaciones arriba de 1,450 mm como promedio anual para obtener resultados satisfactorios.

ZONA DE VIDA: Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge es una especie indicadora del *Bosque muy húmedo Subtropical cálido* (bmh-S (c)) de la Zona Norte.

2.1.2 Fisiografía

ALTITUD: los mejores rendimientos para *P. caribaea* se han reportado entre los 330 a 740 msnm.

PENDIENTE DEL TERRENO: Los sitios que muestran crecimientos altos se encuentran en pendientes menores a 45%, con pendientes mayores se reduce la productividad.

POSICIÓN EN EL PAISAJE: Lo favorecen las llanuras aluviales y bancos de arena a la orilla de los ríos, donde el suelo está cubierto por una capa de limo fino arenoso, con buen drenaje y sin competencia de latifoliadas.

2.1.3 Suelo

LAS TEXTURAS: Se desarrolla mejor en texturas en donde el limo no sobrepase un 40%.

FACTORES LIMITANTES: En su ámbito natural, la especie no tolera suelos pobremente aireados, con poca profundidad y mal drenaje. En Malasia, Surinam, Venezuela, Jamaica y Costa Rica, la mayoría de los estudios han indicado que el drenaje, textura, profundidad hasta la cual pueden penetrar las raíces y algunas variables relacionadas como el nivel freático, la posición topográfica y la pendiente, fueron las variables identificadas como limitantes para la especie, la saturación de bases debe ser menor a 50% y una Capacidad de Intercambio Catiónico -CIC- menor a 50 meq/100 gramos de suelo.

2.2 Distribución potencial de la especie en Guatemala

El departamento de Investigación Forestal del INAB, en coordinación con el departamento de Sistemas de Información Forestal de la misma institución, ha elaborado el siguiente mapa de la distribución potencial *P. caribaea*, basado en información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía.

Como se observa en el mapa de distribución potencial, las condiciones óptimas para el desarrollo de *P. oocarpa*, incluye: Altitudes que van desde 0 hasta los 900 msnm, temperaturas entre 21° y 27° Celsius y precipitaciones entre 900 a 3500 mm. Los departamentos con mayor área para la distribución potencial de la especie son: Petén, Alta Verapaz, Izabal, Retalhuleu, Jutiapa, Santa Rosa, Suchitepéquez y Quetzaltenango, teniendo áreas menores en otros departamentos. En general, la distribución potencial para la especie es de 5, 688, 282 ha en todo el país.

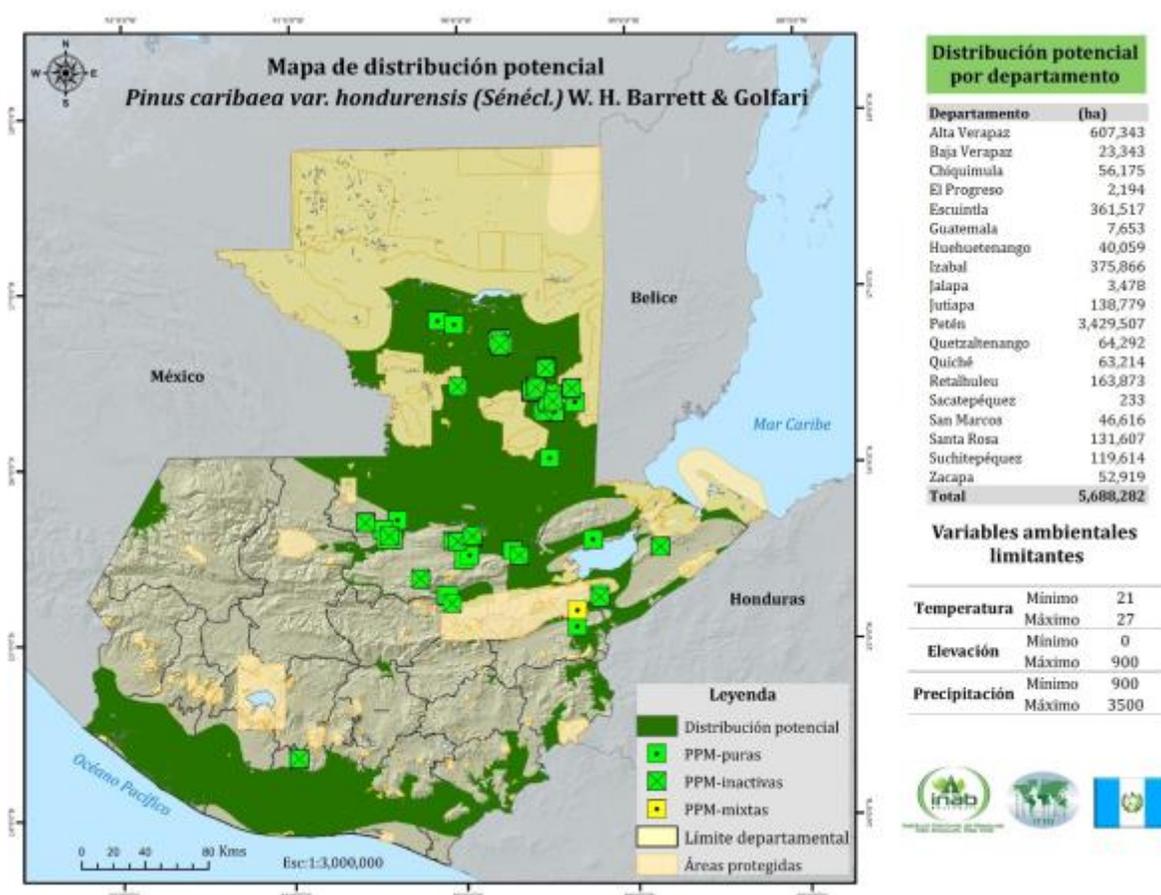


Figura 1. Mapa de distribución potencial de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari en Guatemala

El mapa muestra además, la ubicación de las parcelas permanentes de medición (PPM) establecidas en plantaciones de *P. caribaea*, tema que será tratado más adelante en el acápite “Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala”. Es de interés sin embargo remarcar aquí mismo que numerosas PPM están ubicadas fuera del área de distribución potencial. El análisis del crecimiento de la especie observado en todas las PPM indica que algunos de los mejores desarrollos mostrados se presentan en PPM fuera del área de distribución potencial, resultado que sugiere incorporar la información de la descripción de sitio de cada PPM para mejorar la definición del área de distribución potencial de la especie.

Una comparación de las áreas de distribución potencial con las áreas realmente plantadas presenta particularidades. A nivel nacional, solamente el cero punto diecinueve por ciento (0.19%) del área potencial ha sido aprovechado para introducir la especie. A nivel departamental, Sacatepéquez es el departamento con mayor uso del área potencial (17.11%), seguido por Baja Verapaz (1.30%), Alta Verapaz (0.96%) y Zacapa

(0.66); mientras que Petén e Izabal, a pesar de tener las mayores áreas potenciales, las áreas de plantación no rebasan el 0.08 y 0.33, respectivamente.

2.3 Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie

Los factores fisiográficos y edáficos: profundidad efectiva, pedregosidad, exposición, drenaje, pendiente, posición en la pendiente tienen influencia en el crecimiento inicial de las plantaciones, por lo que para la zona Sur Oriente de Petén, se recomienda establecer plantaciones en terrenos con pendiente menor al 16%, con exposiciones Sureste y Suroeste, ubicados en las partes medias y bajas de la pendiente y que posean suelos muy profundos y texturas medias (Lucas, 2006)

2.4 Ejemplos de buena o mala elección

Basado en Lucas 2006, CATIE y DIGEBOS 1997

MALA ELECCIÓN: Terrenos con pendiente arriba de 55%, anegables y profundidad efectiva de suelo menor a 50 cm. Se tiene conocimiento que en las lomas al Norte del Valle del Polochic, el crecimiento de la especie es lento.

BUENA ELECCIÓN: Se tiene conocimiento que en Poptún, en alturas entre 400 y 600 msnm tiene excelente crecimiento en ambientes adecuados y con altura y bien distribuida precipitación (cerca a 2000 mm/año).

3 Producción de plántulas y genética

3.1 Diversidad genética y procedencia

Basado en Dvorak y otros 2000

ESTADO DE LA CONSERVACIÓN GENÉTICA: Basado en el trabajo de CAMCORE realizado en Centro América y México, el estado de la conservación de *P. caribaea* es vulnerable en su rango natural. Aunque existen, grandes extensiones de la especie en Poptún, Guatemala y el este de Honduras y Nicaragua, en otras regiones la especie se encuentra severamente amenazada. Esto incluye a las altamente productivas poblaciones en la Isla de Guanaja y Limón en el Norte de Honduras, las procedencias de la zona seca del centro de Honduras, extendiéndose hacia El Salvador, hasta las Sureñas poblaciones en Karawala, Pine Ridge Point y Laguna del Pinar, Nicaragua y las procedencias costeras de Belice.

ENSAYOS: CAMCORE desde 1981 ha colectado semillas de 19 procedencias en Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y México y ha muestreado 1,414 árboles madre. La cooperativa ha establecido 84 pruebas de progenie y bancos de conservación en siete países.

PROCEDENCIAS: Las mejores procedencias o pruebas de progenie indican que las mejores poblaciones para los sitios de plantación en América Latina, basados en la productividad son: Limón (no se confunda con la procedencia “Los Limones”), Guanaja y Gualjoco, Honduras, Alamikamba, Nicaragua y posiblemente Melinda, Belice. La procedencia de Poptún, Guatemala, según los ensayos realizados por CAMCORE a lo largo de 5 y 8 años de mediciones en conservaciones *exsitu* mostró una incidencia de formación de cola de zorro del 53%.

EVOLUCIÓN: Los taxónomos colocan a *P. caribaea* en la subsección Australes; sin embargo los arreglos filogenéticos de CAMCORE indican que *P. caribaea va hondurensis* es un taxón intermedio entre las subsecciones Australes y Oocarpae, sugiriendo que la especie posee características genéticas de los “Pinos de cono cerrado” y los “Pinos Amarillos del Sur”. Los ancestros de *P. caribaea* aparentemente emigraron quizás durante el Mioceno alrededor del borde oeste del Golfo de México hacia Centro América. *Pinus caribaea* var. *caribaea* y var. *bahamensis* aparentemente evolucionaron de la var. *hondurensis*.

3.2 Rodales semilleros

Basado en el Registro Nacional Forestal de Guatemala 2016 y Hernández 2004

De acuerdo al Registro Nacional Forestal⁶, la única fuente semillera inscrita y activa es la siguiente:

Registro	Departamento	Municipio	Finca	Area [ha]	Estado
Fs-1154	Petén	Poptún	La Bendición	25.53	Activo
FS-1076	Petén	Poptún	Lorena	2.55	Inactivo

En consecuencia, es la única área disponible para la obtención de material para la producción de plántulas para futuros proyectos de reforestación.

⁶ consultado el 20 de febrero de 2017

3.3 Semilla

Basado en Dvorak y otros. 2000, Veliz y otros 2007, INAB 2000 y 2012, Valdez, 2005 y CATIE 2000, CONIF 1995, CATIE 1997

Poseen un ala de color café claro que puede medir 20 mm de largo, la función de esta es ayudar en la dispersión de la misma, posee de 5 a 9 cotiledones y tienen un tamaño de 6.5 milímetros de largo y 2.5 mm de ancho y 2 mm de grosor con una forma ovoide.

3.3.1 Colecta

Basado en Dvorak y otros. 2000, Veliz y otros 2007, INAB 2000 y 2015 y Valdez 2005, Cordero y Boshier 2003, Hernández 2004, CATIE 2000, Delgado 2006, Francis 1992.

En el éxito de los proyectos de reforestación influye significativamente la elección del buen material genético, por lo que se hace necesario obtener la semilla de fuentes certificadas, con el fin de garantizar buenos productos en el largo plazo.

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN: La maduración de los estróbilos ocurre en el mes de julio y el período de colecta se ha registrado del 15 al 31 de julio.

EVALUACIÓN PREVIA A COLECTAR ESTRÓBILOS: Es necesario observar registros de fechas de colecta para cada sitio en particular, ya que la variación se debe enteramente a factores atmosféricos. Se recomienda observar y realizar pruebas de corte en frutos y semillas. El color de los estróbilos cuando ha secado es café claro y cuando inicia la maduración es verde amarillento, negro y café. Otro factor a observar es que los estróbilos tengan una consistencia dura y textura rugosa, la presencia de espinas en las brácteas. Adicionalmente puede hacerse una prueba de corte de la semilla, deberá observarse un color gris en el endospermo y de consistencia lechosa, será indicador de que el estróbilo es apto para colecta ya que la semilla ha madurado.

PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN: Los estróbilos se colectan directamente del árbol, el cual debe ser escalado con equipo apropiado como espolones, cinturón de escalada, casco, etc. El escalador corta los estróbilos cuando aún están cerrados teniendo cuidado de no dañar las ramas.

RENDIMIENTO: una persona puede colectar 1.30 sacos por día.

3.3.2 Acondicionamiento

BENEFICIADO: Una vez recolectados los estróbilos, se transportan en sacos de brin o pita a un lugar techado donde pueden extenderse sobre lonas, para permitir que concluya el proceso de maduración y los estróbilos se abran lentamente. Luego son puestos al sol sobre mallas, por períodos de 4 horas, durante tres a cuatro días. La

semilla se extrae manualmente, pasada por una desaladora y luego la mezcla de semillas, alas y basura pasan a una limpiadora con el objeto de eliminar las impurezas. Finalmente se homogeniza el lote y se expone al Sol para reducir el contenido de humedad y almacenarla. Se necesitan 192 horas para concluir el proceso de beneficiado.

RENDIMIENTO: Existen de 50,000 a 58,000 semillas por kg, con un promedio de 38 semillas por estróbilo y alrededor de 100 estróbilos por árbol, por lo que cada árbol puede dar un rendimiento promedio de 0.25 a 0.50 Kg de semilla por año. La germinación ocurre de un 80% a 95% según las condiciones de almacenaje (tiempo, temperatura y humedad relativa); la pureza va de 95 a 99%. En promedio se necesitan 204 Kg de estróbilos para obtener 1 Kg de semilla limpia.

3.3.3 Conservación y viabilidad

Las semillas son de tipo ortodoxo y pueden ser almacenadas por periodos de cinco a 10 años sin que pierda su viabilidad de una forma significativa, manteniéndola a temperatura entre 3° y 4° Celsius y contenidos de humedad de 6 a 8%, en bolsas de plástico herméticamente selladas. En condiciones ambientales pierde su viabilidad en menos de dos meses

3.3.4 Tratamientos pre-germinativos

Los tratamientos pregerminativos no son necesarios, aunque se puede lograr una germinación más rápida y uniforme sumergiendo las semillas en agua limpia durante 12 horas y estratificándolas por 2 ó 3 días a 4° ó 5° Celsius antes de sembrarlas. Cuando tienen más de 1 año haber sido almacenadas, deben ser estratificadas de 2 a 4 semanas a 4° Celsius. Se reporta un ligero aumento en la germinación al almacenar los conos verdes a 5°Celsius por 13 días antes del secado.

3.4 Producción de plantas

Basado en CATIE 2000, Castillo 2004, Ramírez 2009, Paiz 2014, Enríquez 2003

A nivel de coníferas, las tecnologías de producción de plantas pueden aplicarse indistintamente de la especie y poseen muy pocas variaciones en su implementación.

3.4.1 Métodos sexuales o por semilla

PLANTAS EN BOLSAS PLÁSTICAS: Las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas de medida 3" x 6"x 3⁷ con dos a tres semillas por bolsa, o en cajas

⁷ La medida hace referencia al diámetro de la bolsa en pulgadas, alto en pulgadas y grosor de la bolsa en milésimas de milímetro.

germinadoras. El proceso de germinación tarda de 15 a 17 días. Las plantas estarán listas para ser llevadas a campo definitivo cuando alcancen de 25 a 30 cm de altura, lo que tarda de 5 a 6 meses dependiendo de la región, manejo del vivero y necesidades del tamaño de planta.

Durante el tiempo que la planta permanece en el vivero, en etapa de desarrollo pueden realizarse 4 fertilizaciones, la primera, 30 días posteriores a la germinación; para dicha labor existen fertilizantes especializados en la producción de coníferas.

Se recomienda pasar por un tamiz o malla metálica con abertura de $\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{4}$ de pulgada, para eliminar piedras y raíces y deshacer terrones. Posteriormente mezclar 70% de tierra negra y 30% de arena pómez la cual ayuda a mejorar la estructura del sustrato, mejorando la absorción de agua, anclaje de la raíz y disminuir la presencia de musgos en la parte superior de la bolsa.

El tiempo promedio de llenado de la bolsa es de 25 segundos y una persona puede llenar entre 1000 a 1500 bolsas por día. Las bolsas se colocan en bancales o tabloncillos de no más de 1 metro de ancho por el largo que se les desee dar y se le calza agregando tierra a los lados para evitar que las bolsas se caigan y mejorar la conservación de la humedad en el bloque.

Según experiencias observadas, se necesita un espacio físico de 650 m² para producir 100,000 plantas; 29.06 m³ de sustrato para llenar las 100,000 bolsas, de los cuales el 70% corresponde a tierra negra y el 30% restante a arena pómez. Un jornal llena y coloca en tablón 1,000 bolsas por día.



Figura 2. Plantas producidas en bolsas plásticas.

Fotografías por: Ramírez, 2009.

PLANTAS EN CONTENEDORES PLÁSTICOS: Son bandejas plásticas hechas de polietileno de color negro que contienen cavidades para depositar el sustrato y raíces

de la planta. A estas cavidades se les denomina tubete, éstos tienen entre 4 a 6 aletas o acanaladuras que sirven para orientar las raíces, con cavidades de 100 cm³ por tubete.

Los sustratos pueden variar en función de la disponibilidad y precios de los materiales. Las bandejas pueden ser llenadas a mano o utilizando una máquina especial. Lo más importante de esta actividad es asegurarse que toda la cavidad esté bien llena con el sustrato, para que no existan burbujas de aire. Para asegurar una buena densidad del sustrato, la bandeja plástica se golpea moderadamente, entre 1 a 2 veces en el suelo. La calidad de esta operación está en la verificación de la densidad del sustrato, por medio de una adecuada supervisión.

Cuando las bandejas son usadas por primera vez, deben lavarse con agua limpia y enseguida se procede a la desinfección de los contenedores, donde se realiza una inmersión en agua caliente (a 80° Celsius por 10 minutos) o son lavadas con cloro u otros productos desinfectantes.

Las semillas de la especie forestal son colocadas al centro de la cavidad. El número de semillas a colocar por agujero dependerá del porcentaje de germinación del lote de semillas, lo cual solamente puede determinarse al comprar semilla certificada. Esta actividad se realiza manualmente. Luego se procede a cubrir la semilla con arena o piedra pómez para protegerla de los efectos dañinos que pudieran provocar el sol, viento, lluvia e insectos.



Figura 3. Bandeja plástica con capacidad de 40 cavidades.
Fotografías por Paiz, 2014

3.4.2 Métodos asexuales

Basado en CATIE 2000, Castillo 2004, Ramírez 2009, Paiz 2014, Enríquez 2003

La propagación asexual de *P. caribaea* es el proceso de multiplicación de plantas a partir de una planta madre y de la cual se obtiene una descendencia uniforme.

Este proceso consiste en realizar una réplica o propagación de un árbol de buenas características, por medio de estacas enraizadas en un medio de propagación estéril, mediante la adición de una auxina como reguladores de crecimiento, estimulando así la multiplicación de raíces.

Debido a esta técnica se pueden obtener altas tasas de multiplicación, a partir de brotes o material vegetativo joven proveniente de árboles cultivados como setos vivos. Por medio de este método de propagación se obtienen plantas libres de enfermedades, aunque en algunos casos no se puede evitar la multiplicación de plantas infectadas por virus.

Este método de producción, implica la utilización de contenedores plásticos anteriormente descrito. De acuerdo a la experiencia generada a lo largo de varios ensayos los setos vivos de multiplicación deben de cultivarse a una distancia de 25 a 50 centímetros entre plantas y han de ser fertilizadas una vez a la semana para obtener un estado nutricional adecuado, usando una fórmula completa de fertilizante (N - P₂O₅ - K₂O), Blaukorn (12-12-17-2) a razón de 3 gramos por metro cuadrado y una única aplicación de Osmocote plus (15-9-12) a razón de 25 gramos por metro cuadrado.

PRODUCCIÓN DE ESTACAS JUVENILES: una vez escogida la planta madre, se extraerán los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán las estacas. No se deben seleccionar estacas de crecimiento exuberante, con características anormalmente largas o de ramas pequeñas y débiles que crezcan en el interior de la planta. Las estacas más convenientes son aquellas de tamaño y vigor moderados. Las estacas deben tener almacenada una amplia provisión de materias alimenticias para nutrir a las raíces y tallos en desarrollo hasta que sean capaces de hacerlo por sí mismos.

Preparación de estacas: como herramienta de corte se debe utilizar un bisturí, tomando en consideración que en la base de la estaca debe haber un corte en ángulo recto, limpio y sin daño. Las estacas se deben de cortar a una longitud de 6 cm con diámetros centrales de 3 a 6 mm, y se deben eliminar todas las acículas en los 2 cm próximos al corte recto.

Toda la herramienta se debe desinfectar antes y durante el proceso de normalización de las estacas con Captan a razón de 2 g/L y Benomil a razón de 0.5 g/L.

Ya en condiciones de asepsia, se extraerán las estacas del material vegetal y se pondrán en el medio de cultivo en el cual se da la iniciación. En el medio de cultivo y dentro del micropropagador se puede controlar la sanidad y la viabilidad de las estacas.

MÉTODO DE APLICACIÓN DE AUXINA: se utiliza la técnica de inmersión rápida, donde la base de la estaca se introduce en la mezcla de fertilizante enraizador a base de Ácido

Indol-3-butirico (AIB) diluida en 2 litros de agua por un tiempo aproximado de cinco segundos. Luego estas estacas deben ser colocadas en el micropropagador, en arena blanca (Pómez) como substrato enraizador a una profundidad aproximadamente de 2.5 centímetros

FASE DE ENRAIZAMIENTO: La raíz en este caso es parte fundamental en el proceso de propagación asexual, porque sirve de anclaje, así también de absorción de agua y nutrientes. La callosidad empieza a formarse en las estacas entre la segunda y tercera semana de siembra, observándose entre la sexta y séptima semana las primeras raíces.

La raíz necesita mucho oxígeno y no admite agua estancada, la cual pudriría las estacas; esta condición se logra al cultivar las estacas en estructuras denominadas micropropagadores de sub-irrigación.

CUIDADO DE LAS ESTACAS EN EL MICROPROPAGADOR: La fase crítica y de mayor cuidado es en el micropropagador, porque es donde la planta esta susceptible a cualquier cambio; por lo que es importante verificar que las condiciones de propagación, se mantengan constantes. Las condiciones que se deben tener en cuenta son:

- **Humedad:** Verificar dos veces al día; hay que rociar en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde.

Controlar el nivel del agua en el Micropropagador, siempre debe estar al nivel de enraizamiento, este nivel debe estar a 2.500 3.00 centímetros bajo la estaca juvenil.

Evitar que el medio de enraizamiento este reseco o encharcado.

Se deben verificar los controladores de aspersión y los chorros de distribución.

- **Temperatura:** La temperatura no debe sobrepasar los 35° Celsius en la hora más calurosa y no debe bajar de los 22° Celsius y no debe subir de los 32° Celsius en el medio de cultivo.
- **Sombra:** Se debe verificar que la sombra este cubriendo los micropropagadores, esto para evitar deshidratación de las estacas.
- **Plagas y enfermedades:** Se deben verificar si hay signos de hojas caídas o comidas, pudriciones en las estacas o presencia de hongos.

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL ENRAIZAMIENTO:

- **Temperatura:** La temperatura es un factor ambiental fundamental para la propagación, se debe controlar dentro del micropropagador y en el medio de

cultivo. Cuando se tienen temperaturas extremas inhiben el desarrollo de las raíces y los nuevos brotes.

FASE DE ACLIMATACIÓN: Las estacas enraizadas y transplantadas son muy sensibles a los cambios ambientales; de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso dependen de la aclimatación. El desarrollo de las estacas enraizadas dentro de los contenedores finales es un proceso lento, al principio están poco adaptadas a crecer fuera del micropropagador debido a que han enraizado en un ambiente húmedo con una humedad relativa muy alta.

Por lo general, los estomas no están aptos para responder al descenso de humedad relativa, estos son muy lentos por lo que en ocasiones no se puede evitar la desecación de las estacas enraizadas. Por otra parte la producción de plantas en ambientes tan húmedos no permite la producción de cutícula bien desarrollada.

Las estacas que son sacadas del micropropagador al contenedor final deben ser puestas en invernaderos con umbráculo y una alta humedad, luego en el proceso de Aclimatación se debe ir disminuyendo progresivamente la humedad relativa e incrementar progresivamente la intensidad de luz.

En cuanto a los métodos de propagación, el método sexual o por semilla es el más utilizado en función de su relativa sencillez disponibilidad de semilla y recursos requeridos para la producción de plántulas. El método asexual, a pesar de que existen investigaciones que definen el protocolo de propagación, hasta el momento no se utiliza en Guatemala.

4 Establecimiento de plantaciones

4.1 Comportamiento ecológico de la especie

Basado en CATIE 1991 y 1994, CONIF 1995, Pedraza 1984, INAB 2015

En su región de origen crece en terrenos con elevaciones inferiores a 800 msnm, en climas libres de heladas y con una marcada estación seca. En los sitios de introducción, en donde no existe una estación seca definida, se da una mayor incidencia de "cola de zorro", este crecimiento anormal es mayor cuando se utiliza semilla de Poptún (Guatemala) y de fuentes semilleras de tierras costeras.

Crece en altitudes que comprenden desde el nivel del mar hasta 12 msnm en las Bahamas e islas Cacos; desde el nivel del mar hasta 289 msnm en Cuba; desde el nivel del mar hasta 1000 msnm en Belice y más bajas altitudes en Guatemala, Honduras y Nicaragua, ya que a partir de 800 msnm es reemplazado por *P. oocarpa*.

El fuego es esencial para que se establezca naturalmente, en sitios donde no se da este disturbio, los pinares son sustituidos por especies latifoliadas. La especie puede desarrollarse sobre suelos poco fértiles, latisoles y podzoles pardoamarillos, textura franco-arcillosa y franco-arenosa con drenajes buenos, pH ácidos entre 4.0 a 6.5. Generalmente, no crece en suelos con drenaje defectuoso, como sitios bajos y planos, con depresiones o con una capa dura e impermeable o talpetate. La especie es resistente a los suelos salinos, arcillosos y pesados.

La simbiosis entre coníferas y micorrizas, especialmente en *P. caribaea*, es imprescindible para su buen desarrollo. Además, la habilidad que poseen las plantas micorrizadas para utilizar en forma eficiente fosfatos no solubles, como rocas fosfóricas y calfos, ayudan al desarrollo de la micorriza y a la fertilidad de los suelos.

4.2 Instalación

Las prácticas para establecimiento de plantaciones de coníferas pueden generalizarse indistintamente para la especie, por lo cual, se presenta la siguiente información.

PREPARACIÓN DEL TERRENO: Se recomienda una limpia total del terreno, a fin de proporcionar luz a los árboles en su etapa inicial, para el efecto se elimina toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos entre otros. En varias reforestaciones se ha empleado el fuego después de la limpia, porque facilita la plantación y es efectivo para la eliminación de residuos vegetales y algunas plagas como roedores, ofreciendo además un bajo costo para el efecto.

En sitios que presentan algún grado de compactación se pueden efectuar labores del suelo como el arado o subsolado, aunque también se han implementado agujeros grandes para remover el sustrato donde se establecerá la raíz inicial en el establecimiento. En suelos con problemas de drenaje, al cual es susceptible el pino, es necesario implementar estructuras que permitan eliminar permanentemente el exceso de agua en el suelo.

DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA: El objetivo principal de las plantaciones de *P. caribaea* es la producción de madera para aserrío, por lo que es necesario definir una densidad inicial adecuada. Por lo regular se utilizan espaciamientos de 3.0 x 3.0 metros, al cuadro, con lo cual se garantiza un número de plantas adecuado para la selección de árboles remanentes a la cosecha final, donde se pretende llegar con un número entre 150 y 250 árboles por hectárea, dependiendo de la productividad del sitio forestal. Dicho distanciamiento también es el requerido (densidad inicial 1,111 árboles/ha) para el desarrollo de proyectos PINFOR.

Con la finalidad de facilitar algunas labores culturales de mantenimiento se han establecido varias plantaciones con distanciamientos de 3.0 x 4.0 metros ó 2.5 x 4.0 metros, permitiendo de esta manera mecanizar entre otras, las limpias.

De ser necesario replantar, se recomienda que se haga cuando la plantación presente menos del 80% de prendimiento y no debe de hacerse después de un año del establecimiento, para que esta sea homogénea.

GRADO DE MEZCLA CON OTRAS ESPECIES: Se recomienda plantar *P. caribaea* en plantaciones puras, por ser una especie heliófila que compite por luz, además, por las ventajas económicas y facilidad de manejo. De acuerdo a los Registros de INAB, de las 138 PPM establecidas para esta especie, las 138 parcelas son consideradas puras, ya que presentan un área basal mayor o igual al 85%; sin embargo, en 1 parcela se reporta una mezcla con *Pinus oocarpa*, donde ésta última tiene un porcentaje menor al 15% en términos de área basal.

FERTILIZACIÓN INICIAL: Se han reportado exitosos resultados utilizando fórmula completa 15-15-15 (NPK) diluido en agua (también llamado *drench*) a razón de 4 onzas/planta. La aplicación se realiza a 30 cm de la base o tronco de la planta; la fertilización se realiza a partir del primer año de establecimiento de la plantación y los resultados se ven reflejados a partir de los 6 meses posteriores de la aplicación.

El IMA en altura utilizando la dosis indicada representa un incremento de 1.69 m/año en comparación a no fertilizar obteniendo un rendimiento de 0.96 metros/año; es decir un aumento del 76% del rendimiento.

El IMA en diámetro de la planta utilizando la dosis indicada representa un incremento de 2.13 centímetros/ año en comparación a no fertilizar, obteniendo un rendimiento de 1.68 cm/año; es decir un aumento del 27% del rendimiento.

Es recomendable realizar un análisis sobre las condiciones físico-químicas del suelo a fin de utilizar la formulación y tipo de fertilizante correcto ya que según las características de suelo, puede fijar nutrimentos haciéndolos no disponibles para la planta.

5 Silvicultura de plantaciones

5.1 Manejo silvicultural de plantaciones/control de malezas

Basado en INAB, 2015

Se ha determinado que los mejores crecimientos se obtienen cuando se efectúan 3 limpiezas en el primer año, al menos dos limpiezas en el segundo y tercer año y al menos una limpieza los siguientes tres años.

Otra labor cultural importante es el plateo, que consiste en eliminar la competencia directa más cercana a la planta, alrededor del árbol. Se han observado plantaciones con plateo de 1 metro de diámetro con buenos resultados en los primeros años, principalmente en aquellos sitios donde el crecimiento de las malezas es agresivo.

Es importante mencionar que la presencia de trepadoras o enredadoras (bejucos) ocasionan daños irreversibles al fuste de los árboles, por lo que hay que eliminarlas previo a que inicien por agobiar a las plántulas.

En sitios con buen crecimiento se obtiene una cobertura de copas alta luego del tercer año, reduciendo la presencia de malezas y por consiguiente la frecuencia para efectuar limpiezas. En sitios con bajo crecimiento es necesario mantener limpiezas periódicas para eliminar la competencia por nutrientes a los árboles de pino.

5.2 Poda

Basado en INAB, 2015

Las principales prácticas silvícolas son los raleos y las podas, cuyo objetivo es concentrar el crecimiento en los mejores individuos y mejorar la calidad de la madera y en consecuencia aumentar la productividad forestal.

Como regla general se recomienda efectuar la primera poda después de efectuar el primer raleo, es indispensable considerar para decidir podar que mientras más grandes y gruesas sean las ramas, más trabajo llevará cortarlas, además que estas dejan una marca más grande en el fuste. Es aconsejable que el diámetro basal de la rama no sea superior a los 2 cm, debido a que facilita y disminuye el tiempo del corte, el daño al fuste es menor y en consecuencia los costos son menores.

De acuerdo a las experiencias en el norte del país, los cortes realizados para eliminar ramas más grandes, toman más tiempo para cicatrizar o curarse, causando generalmente algunas deformaciones en el fuste principal.

Para que un árbol no disminuya en gran cantidad la copa, se recomienda que la poda no exceda las dos terceras partes de la altura total del árbol. Por regla general, es ideal que se eliminen las ramas hasta la mitad de su altura total, con la finalidad de mantener un equilibrio en el anclaje del árbol, además de dejar el suficiente material vegetativo, para la absorción de energía para su alimentación.

5.3 Raleo

Basado en INAB, 2015

Con base en experiencias exitosas, se mencionan dos perfiles de raleo según el distanciamiento de plantación utilizado:

- En plantaciones que se establecieron a un distanciamiento inicial de 2 x 2 metros (2,500 árboles/hectárea) se recomienda ralear el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance unos 4 a 5 metros de altura total promedio.
- En plantaciones que se establecieron a un distanciamiento inicial de 3 x 3 metros (1,111 árboles/hectárea) se recomienda ralear el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance los 6 a 8 metros de altura total promedio.

La aplicación de raleo a una intensidad de 50% en una plantación de 7 años de edad, a un distanciamiento de 2.5 x 2.5 m (1600 arb/ha), reportó un IMA de 2.42 cm/año y 2.48 cm/año a los 6 y 12 meses de haber aplicado el raleo respectivamente. En comparación a no aplicar raleo, 2.12 cm/año, representa un incremento del 14% y 17% del rendimiento anual.

La altura de los árboles no se ve afectada por la aplicación de raleo, ya que se encuentra influenciada por las características biofísicas del lugar; así mismo, no se observa presencia de enfermedades fungosas en plantaciones en donde se ha aplicado raleo.

Es necesario considerar la ocurrencia de vientos en los sitios de plantación, que puedan ocasionar quebraduras al fuste, si se aplican raleos a un 50%, por lo que, en función de lo anterior y el costo de aplicar un raleo, la intensidad puede variar de 30% a 50% según las condiciones del lugar.

Para la producción de madera de aserrío habrá que realizar entre uno y dos raleos más, para llegar a la densidad final recomendable, que se calcula entre 150 y 250 arb/ha, dependiendo de la calidad de sitio.

5.4 Introducción en sistemas agroforestales

Basado en INAB, 2015

En los primeros años, se han tenido buenos resultados cuando se implementa el sistema "Taungya"⁸, asociando la plantación con maíz (*Zea mays* L.), durante los primeros dos o tres años, para ayudar a mantener la plantación libre de malezas.

Lo anterior también permite que los futuros árboles capten cierto grado de fertilización derivado de las labores culturales del cultivo agrícola.

6 Manejo de plagas y enfermedades

En los últimos años, la presencia e incidencia de plagas y enfermedades en *P. caribaea*, ha ido en aumento, en el cuadro siguiente presenta los agentes dañinos identificados en Guatemala para esta especie, la descripción de los síntomas y daños ocasionados, así como aspectos generales de manejo y control.

⁸Taungya: Sistema agroforestal en el que se intercalan cultivos agrícolas y plantas forestales durante 2 ó 3 años hasta que los árboles o su follaje impiden el adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas.

Agentes causales dañinos del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari reportados en Guatemala

Nombre común del agente dañino	Nombre científico del agente dañino	Tipo de agente dañino	Estructura atacada	Descripción y Síntomas	Manejo y Control
Tizón de banda roja	<i>Dothistroma septosporum</i>	Hongo fitopatógeno	Acícula	Síntomas: iniciales son pequeñas manchas cloríticas, amarillo verdosas, que aparecen en las acículas en invierno. Posteriormente, aparecen zonas necróticas o bordes de color café rojizo que le dan a la enfermedad su nombre común. Cuando el hongo ha madurado es posible observar puntuaciones negras en el centro de la banda, las que corresponden a los cuerpos fructíferos del hongo (picnidios), el cual se va expandiendo a lo largo de toda la acícula. Estas infecciones es frecuente observarlas en acículas de más de un año, en casos graves la enfermedad puede atacar acículas del mismo año. Por estas características a este hongo se le conoce como un defoliador.	Control cultural: Realizar podas y raleos de saneamiento, recolectando el material enfermo y posteriormente enterrar o quemar. Se recomienda la eliminación de malezas para aumentar la ventilación dentro de la plantación. Esta enfermedad afecta a las plantaciones que están bajo stress, con déficits nutricionales o con mal drenaje. Las esporas del hongo se dispersan con lluvia o con viento en condiciones de alta humedad y temperaturas medias. Control químico: aplicación de Clorotalonil en infecciones iniciales.
Tizón foliar	<i>Lophodermium</i> spp.	Hongo fitopatógeno	Acícula	Síntomas: sobre las acículas se ven pequeñas pústulas de forma ovoide y color negro de aproximadamente 1mm de largo, estas son las estructuras reproductivas (apotecios). Como síntomas iniciales se puede observar manchas con márgenes de color amarillo; cuando el hongo ya se ha desarrollado por completo e inicia su fructificación o esporulación se puede visualizar que las pústulas presentan una apertura longitudinal y las acículas con el tiempo se tornan marrones y finalmente mueren. En las plantaciones afectadas se pueden observar arboles adultos con coloraciones amarillentas, se presenta abundancia de acículas muertas a lo largo del tronco o en la base de las ramas, las acículas atacadas quedan adheridas pendiendo de las ramas bajas, en ejemplares muy susceptible pueden presentarse en todo el árbol. En plantaciones jóvenes afecta acículas a partir de la primera etapa de crecimiento con lo que disminuye la capacidad fotosintética afectando el crecimiento.	Control cultural: Realizar podas y raleos de saneamiento, recolectando el material enfermo y posteriormente enterrar o quemar. Se recomienda la eliminación de malezas para aumentar la ventilación dentro de la plantación. Control químico: Aplicación de Clorotalonil y Mancozeb para infecciones graves antes y durante el período pico de la esporulación. Para su prevención es conveniente conocer el origen de la semilla que se utiliza y que las plantas en vivero cuenten con su manejo de sanitación adecuado.

Roya, tumor	<i>Cronartium</i> spp.	Hongo fitopatógeno	Rama, fuste y conos	<p>Síntomas: Esta enfermedad es fácilmente reconocida por las agallas de diversos tamaños en ramas, troncos y conos. En las ramas las infecciones pueden observarse por la deformación de los tejidos. En los fustes o troncos se observa el tumor que llega a cubrir todo el perímetro del tronco y al secarse se rompe quebrándose el árbol. Cuando el daño es a nivel de conos se produce un crecimiento de 2-3 veces su tamaño real. En todos los casos de malformación por roya se observan esporas de color anaranjado. Condiciones para el desarrollo de la enfermedad: se necesita un hospedante alterno que son los árboles de la especie <i>Quercus</i> spp. Las basidiosporas (cuerpo fructífero del hongo) son transportadas por el viento hasta las acículas, a las que se infectan directamente. El hongo crece inicialmente en las acículas y posteriormente se introduce por los estomas, heridas y otras estructuras formandolos tumores.</p>	<p>Control cultural: Realizar podas y raleos de saneamiento, removiendo el material contaminado y quemarlo o enterrarlo fuera del área. Control químico: Las infecciones que produce la roya en plantas jóvenes se evitan con aspersiones frecuentes dos veces por semana con ferbam, especialmente antes y durante tiempo húmedo y frío. Algunos de los nuevos fungicidas sistémicos, como el benodanil, triadimefon y el triadimenol, permiten controlar en forma bastante satisfactoria a la roya, cuando se aplican en forma de aspersiones o como tratamientos a las semillas.</p>
Mosca sierra	<i>Zadiprion</i> spp.	Insecto/Orden Himenóptera	Defoliación (acícula)	<p>Síntomas: este insecto posee morfología completa, iniciando desde huevo larva, pupa y adulto, las larvas que son las que causan el daño poseen ocho pares de patas falsas, cabeza de color café claro, el cuerpo es de coloración verdosa clara, parda, presentar dos bandas longitudinales de color gris oscuro, las larvas son de hábitos gregarios se alimentan de follaje de árboles pequeños a médianos y destruye la corteza delgada de las ramas lo que causa la muerte de ramas y reducción de crecimiento en diámetro y altura.</p>	<p>Control químico: Insecticidas de contacto (cuando han emergido las larvas) como Diazinón (Diazinón, Basudín), Cipermetrina, Monarca, Malathion. Control biológico el efecto es largo plazo pero acorde al ambiente, las avispas <i>Lamachus</i> y <i>Stylocryptus</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae) y la mosca <i>Spathimeigenia mexicana</i> (Diptera:Tachinidae) parasitan a las larvas. La aplicación de VPN (Virus de Poliedrosis Nuclear) se ha utilizado en plantaciones de Alta Verapaz e Izabal.</p>
Zompopo	<i>Atta</i> spp.	Insecto/Orden Himenóptera	Cortadora	<p>Los Zompopos utilizan el material colectado como sustrato para cultivar hongos simbiotes, de los cuales se alimentan, teniendo importancia económica en vivero y plantaciones. Están distribuidas por castas, Reina, obreras, exploradoras y soldados. Las colonias contienen una gran cantidad de zompopos, causando defoliaciones severas, las hembras reproductoras pueden llegar a vivir más de 10 años. Síntomas: cortan en fracciones las hojas o material vegetal defoliando</p>	<p>Manejo: actividades sugeridas; inventario general de los zompoperos, marca (estaca de marcación), limpieza de las entradas y salidas, medición de la longitud de entradas, mapeo, calendario de vuelo (fechas de vuelo), cronograma de control químico.</p>

				de arriba hacia abajo.	
Gorgojo del pino	<i>Dendroctonus frontalis</i>	Insecto/Coleóptera	Fuste	Descripción: insecto de color oscuro; longitud del cuerpo entre 2.2 a 3.2 mm con promedio de 2.8 mm, sin espinas en el declive elitral; el daño que ocasiona es la muerte de los árboles, al inicio del ataque el color de la copa de árbol verde con grumos de resina suaves y blancos, los insectos se encuentran colonizando el árbol y desarrollándose dentro de ella, después cambia el follaje verde claro o amarillento se observan grumos de resina de color amarillento se observan larvas en diferentes estados de desarrollo; y luego el color del follaje cambia a color rojizo se considera que los insectos ya abandonaron el árbol. Los arboles más susceptibles son los dañados por incendios forestales, débiles, atacados por otros patógenos y rodales estresados.	Manejo: eliminar los arboles cuando presenten y observen los primeros síntomas (copa verde y copa amarillenta), descortezando y quemando la corteza. A la troza descortezada se puede aplicar insecticidas de ingrediente activo Deltametrina (Decis o Dursban) mezclados con un adherente.
Descortezador menor ips.	<i>Ips spp</i>	Insecto/Coleóptera	Fuste	Las especies de Ips se encuentran ampliamente distribuidas en los bosques naturales y plantaciones de pino, pueden causar la muerte de árboles en pie pero se consideran secundarios ya que afectan las trozas recién cortadas, presenta declive elitral con espinas que puede variar su número según la especie, su tamaño puede variar de 2.1 a 5.9 mm su color puede variar de negro a café claro.	Manejo: eliminar los arboles cuando presenten y observen los primeros síntomas (copa verde y copa amarillenta), descortezando y quemando la corteza. A la troza descortezada se puede aplicar insecticidas de ingrediente activo Deltametrina (Decis o Dursban) mezclados con un adherente.
Termita, comején	<i>Nasutitermes corniger</i>	Insecto/Isoptera	Fuste	Son insectos sociales que viven en colonias numerosas, con una división de castas las cuales son: reproductores, soldados y obreros, los soldados tienen una cabeza que termina en punta, su mecanismo de defensa radica en la emisión de líquidos pegajosos y repelentes para sus depredadores, las termitas obreras son abundantes y cabeza café claro. Se reconocen fácilmente por los grandes nidos que forman en la parte externa de los árboles, pueden llegar a medir hasta 1 mt de diámetro de consistencia coriácea.	Manejo y control: se recomienda la eliminación mecánica de los termiteros que están sobre las ramas o troncos, o la eliminación completa del árbol; se puede utilizar fuego, quemando el termitero bajo medidas de control adecuadas; control químico: productos organoclorados, Clordano.

7 Crecimiento y productividad de plantaciones

7.1 Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala

Para apoyar la planificación y ejecución del manejo silvicultural por parte de los usuarios del Programa de Incentivos forestales (PINFOR) y/o propietarios de los proyectos de reforestación, el Instituto Nacional de Bosques decidió evaluar el crecimiento en plantaciones forestales *P. caribaea*. Para tal fin, optó por seguir la metodología definida en el sistema de “Manejo de información sobre recursos arbóreos en el componente de silvicultura” (MIRA-SILV) (Cojóm en prensa).

En la implementación de su programa de monitoreo, el departamento de Investigación forestal, apoyado por personal de las sub-regiones del INAB, instaló paulatinamente desde el año 2003 un total de 101 PPM en plantaciones PINFOR del *P. caribaea*, distribuidas en todas las regiones de siembra de la especie (ver mapa con la ubicación de las PPM en el acápite “Distribución potencial de la especie en Guatemala”). Actualmente, el crecimiento del *P. caribaea* (o ha sido) monitoreado en varios municipios de diferentes departamentos del país.

El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de estas 138 PPM.

a) por edad de las plantaciones, número de mediciones y grado de mezcla

Edad de las plantaciones número de mediciones grado de mezcla	Número de parcelas	Número de individuos inicial	Número de individuos a dic 2015
Total parcelas activas	74	4446	3585
Edad de 0-5.0 años	8	737	501
una sola medición	5	484	484
$G_{mezcla} \geq 85\%$	5	484	484
2-5 mediciones	3	253	17
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	253	17
Edad de 5.1-10.0 años	23	1507	1507
una sola medición	23	1507	1507

$G_{mezcla} \geq 85\%$	23	1507	1507
Edad de 10.1-15.0 años	21	1214	954
una sola medición	8	615	615
$G_{mezcla} \geq 85\%$	8	615	615
2-5 mediciones	3	107	83
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	107	83
6 mediciones y más	10	492	256
$G_{mezcla} \geq 85\%$	10	492	256
Edad de 15.1 y más años	22	988	623
una sola medición	4	281	281
$G_{mezcla} \geq 85\%$	4	281	281
2-5 mediciones	6	162	108
$G_{mezcla} \geq 85\%$	6	162	108
6 mediciones y más	12	545	234
$G_{mezcla} \geq 85\%$	12	545	234
Total parcelas inactiva	64	2930	2374
Edad de 10.1-15.0 años	26	1041	896
una sola medición	2	81	81
$G_{mezcla} \geq 85\%$	2	81	81
2-5 mediciones	24	960	815
$G_{mezcla} \geq 85\%$	24	960	815
Edad de 15.1 y más años	38	1889	1478
una sola medición	10	384	384
$G_{mezcla} \geq 85\%$	10	384	384
2-5 mediciones	28	1505	1094
$G_{mezcla} \geq 85\%$	24	1505	1094
Total general	138	7376	5959

b) **Número de parcelas y especies asociadas en plantaciones por grado de mezcla inicial**

Grado de mezcla inicial de <i>P. caribaea</i>	Número de parcelas	Especies asociadas [con N>5 en la parcela] (número de parcelas de ocurrencia)
$G_{mezcla} < 50\%$	2	CUPRLU (2)
$50 \leq G_{mezcla} < 85\%$	1	PINUOO (1)
$G_{mezcla} \geq 85\%$	161	
Total	164	

Puede observarse en el cuadro anterior, que existe una variación en la edad de las plantaciones donde se encuentran establecidas las PPM, teniéndose que la mayor parte se encuentra ubicadas en el rango de 15.1 a 10 años con 23 parcelas, seguido del rango de 15.1 y más años con 22 parcelas y del rango 10.1 a 15.0 años se tienen 21 parcelas, finalmente del rango de 0 a 5.0 años se tienen 8 parcelas. En cuanto al número de mediciones, no se tiene uniformidad, teniéndose parcelas con una sola medición, parcelas de 2 a 5 mediciones y en algunos de los casos con más de 6 mediciones.

Sesenta y cuatro parcelas de las 138 PPM, llamadas “inactivas”, se habían perdido a diciembre del año 2015, sea por desinterés del propietario de la plantación o por cambio de uso de la tierra. Sin embargo, la información de estas PPM inactivas es parte íntegra de la base de datos dasométrica.

Todas las PPM ha sido instalada en plantaciones puras, solamente en 1 de las 138, se reporta una mezcla con *P. oocarpa*; sin embargo, *P. caribaea* presenta el 85% de dominancia en términos de área basal.

Será esencial para poder aprovechar plenamente la información de esta base de datos dasométrica completar la descripción de sitio de cada parcela, activa e inactiva, dar un monitoreo similar a las parcelas instaladas en plantaciones puras y mixtas (medir las mismas variables) y reconstruir el historial de cada parcela (mantenimiento recibido, intervenciones silviculturales, disturbios o fenómenos naturales que hayan modificado el desarrollo del rodal).

7.2 Crecimiento e incrementos

De acuerdo al análisis de la base de datos dasométrica (PPM de *P. caribaea* en plantaciones forestales puras, estado al 31 de diciembre 2015) condujo a diferenciar 5 categorías de productividad, llamadas categorías de índice de sitio, con base en la altura alcanzada por el rodal y su edad:

Categorías de sitio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari en Guatemala

categoría de índice de sitio	rangos de índice de sitio* por categoría [m]
Pésimo (9)	<10.4
Malo (12)	10.5-13.4
Medio (15)	13.5-15.9
Bueno (17)	16-17.9
Excelente (21)	>18

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Los municipios que albergan PPM muestran las siguientes aptitudes para el crecimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari

Aptitud para el crecimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari de municipios con PPM de la especie en Guatemala

Departamento	Municipio	Finca	Índice de sitio [m]	Categoría de IS	Ubicación en dist. potencial	Altitud [msnm]	Pendiente [%]	Textura suelo	Textura suelo (calculada)
Alta Verapaz	Senahu	Sepamac	18.6	Excelente					
Alta Verapaz	Coban	Chajmacion	14.8	Medio					
Alta Verapaz	Lanquín	Setzac	15.6	Medio		999	24 - 25		Franca Franca Arcillosa
Alta Verapaz	Lanquín	Chimucuy	16.7	Bueno					
Alta Verapaz	Lanquín	Chimelb	12.3	Malo					
Alta Verapaz	Lanquín	Chitzubil	17.5	Bueno		579 - 800	33 - 47		Franca Franca Arcillosa
Alta Verapaz	Lanquín	Santa Rita	17.0	Bueno		760	35		Arcilla
Izabal	Los Amates	Los Irayoles	17.2	Bueno		500			Arcilla
Izabal	Morales	La Cumbre	11.5	Malo					
Izabal	El Estor	Tablitas	14.0	Medio		50 - 200			Arcilla, Franco-Arcillosa a Arcilla
Escuintla	Siquinalá	Pantaleon	15.3	Medio					
Petén	Santa Ana	Cooperativa Nuevo Horizonte	14.0	Medio	2-3	179		Aa= arena arcillosa, aa= arcilla pura, aA= arcilla arenosa	Arcilla Limosa a Arcilla
Petén	San Luis	Santa Isabel	16.1	Medio		400	23 - 24	aL= Arcilla Limosa	Arcilla
Petén	Poptún	HIFISA	16.3	Medio		366	4	aL=arcilla limosa	Arcilla
Petén	Poptún	Machaquilla	15.3	Medio					
Petén	Poptún	Lorena	15.2	Medio					

Petén	Poptún	SERCORP A	13.6	Medio
Petén	Dolores	Las Camelias	16.9	Bueno

En términos generales, el municipio de Senahú, departamento de Alta Verapaz presenta excelente calidad de sitio para el crecimiento *P. caribaea*, aunque no se cuenta con información de las condiciones prevalecientes en esa área; los municipios que presentan condiciones de sitio buenos, se ubican en los departamentos de Alta Verapaz (Lanquin), Izabal (Los Amates), y Petén (Dolores); ubicados en algunos casos en altitudes que oscilan entre los 500 y 800 msnm; pendientes entre 33 y 47% y suelos con texturas calculada que va de arcillosa y franca a franco-arcillosa. Seguidamente se tienen los municipios que presentan los sitios medios; ubicados en los departamentos de Petén (Poptún, San Luis y Santa Ana), Alta Verapaz (Lanquín y Cobán), Escuintla (Siquinalá), e Izabal (El Estor), 50 y 999 msnm; pendientes entre el 4 y 25% y suelos con texturas arcillosa, arcillo-arenosa y arcillo-limosa. Finalmente se tienen los municipios que presentan condiciones de sitios malos, ubicados en los departamentos de Alta Verapaz (Lanquin) y Morales (Izabal).

A cada categoría de sitio corresponden valores de crecimiento, que constituyen estimadores prácticos de la producción de un rodal en el tiempo. El cuadro siguiente presenta los incrementos medios anuales (IMA) de las variables dasométricas estándares para *P. maximinoi* en las 5 categorías de sitio definidas.

Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *Pinus caribaea* var. hondurensis (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari en Guatemala.

categoría de Índice de sitio (m)	IMA DAP [cm]	IMA altura total [m]	IMA área basal [m ² /ha]	IMA volumen total (m ³ /ha)
Pésimo (9)	0.77	0.59	0.31	1.80
Malo (12)	0.91	0.78	0.41	3.08
Medio (15)	1.07	0.97	0.55	5.27
Bueno (17)	1.19	1.09	0.65	7.33
Excelente (19)	1.33	1.20	0.78	10.21

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

El análisis de la base de datos dasométrica (PPM de *P. caribaea* en plantaciones forestales puras, estado al 31 de diciembre 2015) permitió definir las siguientes funciones de crecimiento, que transcriben la dinámica de crecimiento de la especie en cada sitio.

Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari en Guatemala.

variable	modelo de crecimiento	r ²
Altura total (m)	= EXP(Ln(S) -7.458911 * (1/T - 0.1))	0.83
Diámetro (cm)	= Exp(2.673197 -5.545766/T + 0.056028*S -0.000142*N)	0.90
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.325956 -11.038033/T + 0.091341*S + 0.001634*N)	0.80
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(2.671109 -18.578108/T + 0.171615*S + 0.001541*N)	0.92
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 7.458911 * (1/T - 0.1))	0.83

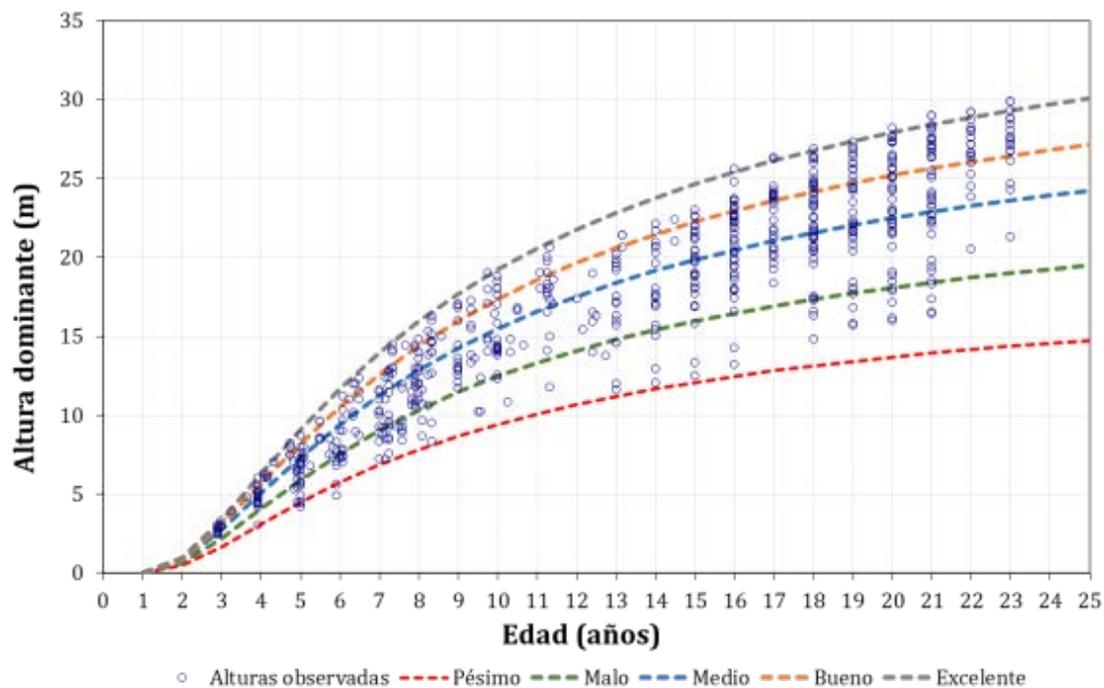
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Dónde: T = edad en años
 N = árboles/ha
 H = altura dominante [m]
 S = índice de sitio

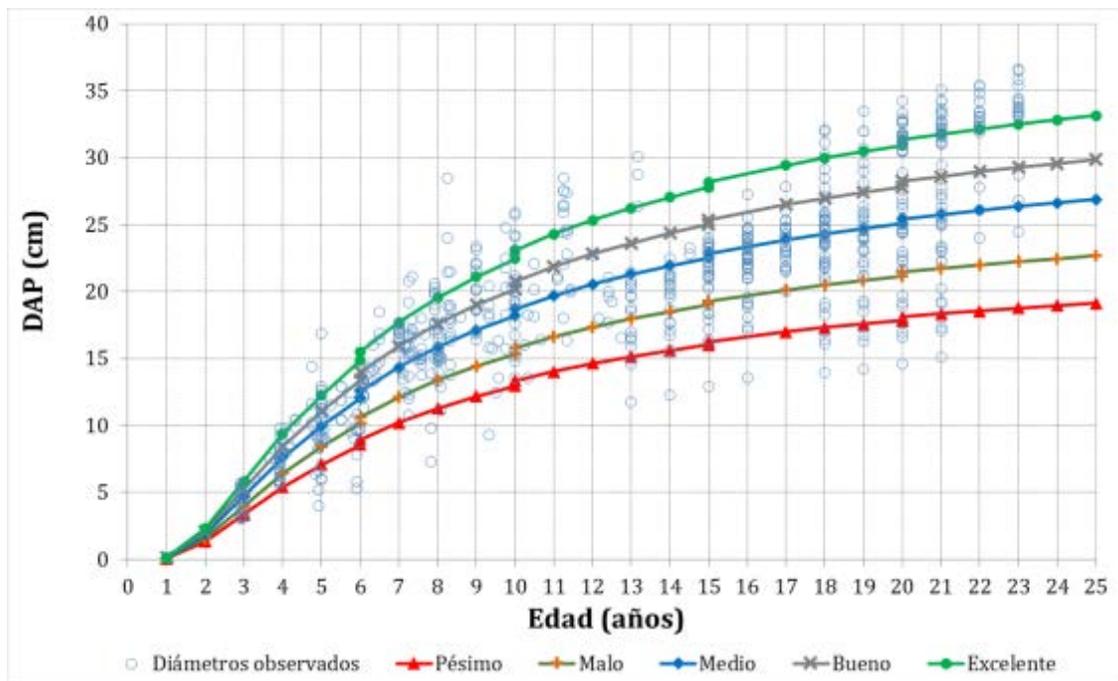
Las figuras siguientes ilustran la dinámica de crecimiento de para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari, y se basan en las funciones definidas, y el perfil teórico de manejo del rodal definido por el Departamento de Investigación del INAB (2016) para esta especie.

El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial correspondiente a 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto presenta una densidad de 900 árboles/hectárea, que permanecen hasta el cuarto año, en donde se aplicó un raleo del 30% que provoca un remanente de 600 árboles/hectárea, posteriormente se aplica un raleo del 30% al año 10, dejando 600 árboles/ha que son nuevamente sometidos a una intervención del 30% al año 15, dejando 400 arbole/ha y finalmente, al año 20 se realizó un tercer raleo que deja una plantación con 200 árboles /ha que se les proporcionará mantenimiento hasta la corta de realización o corta final.

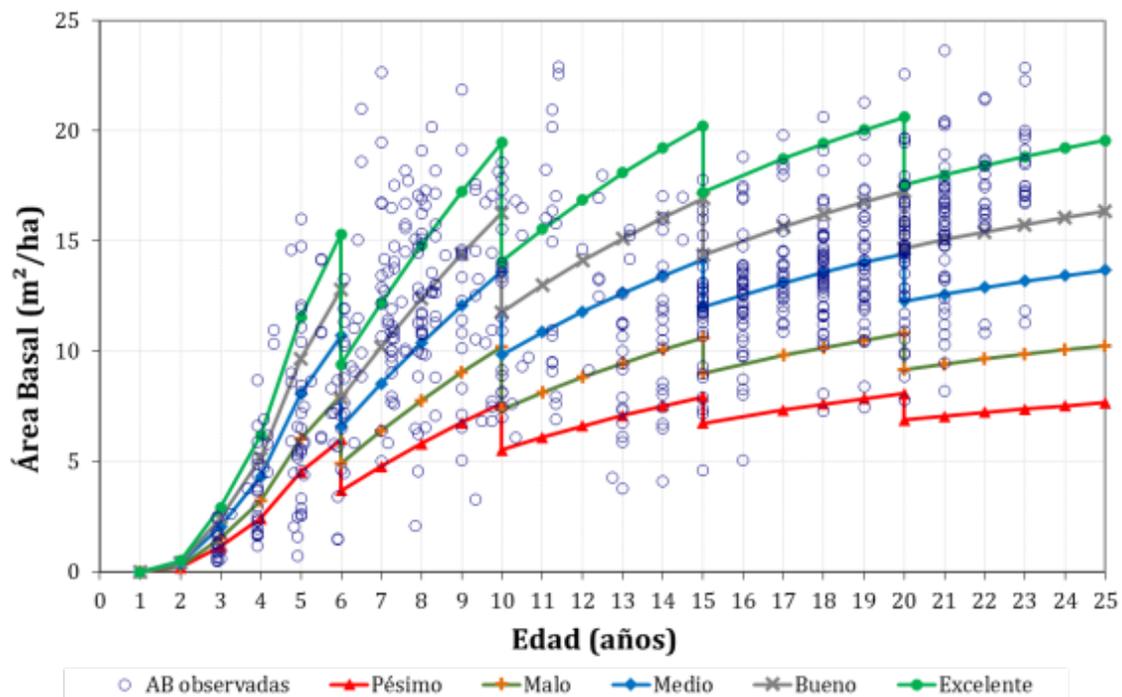
Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari



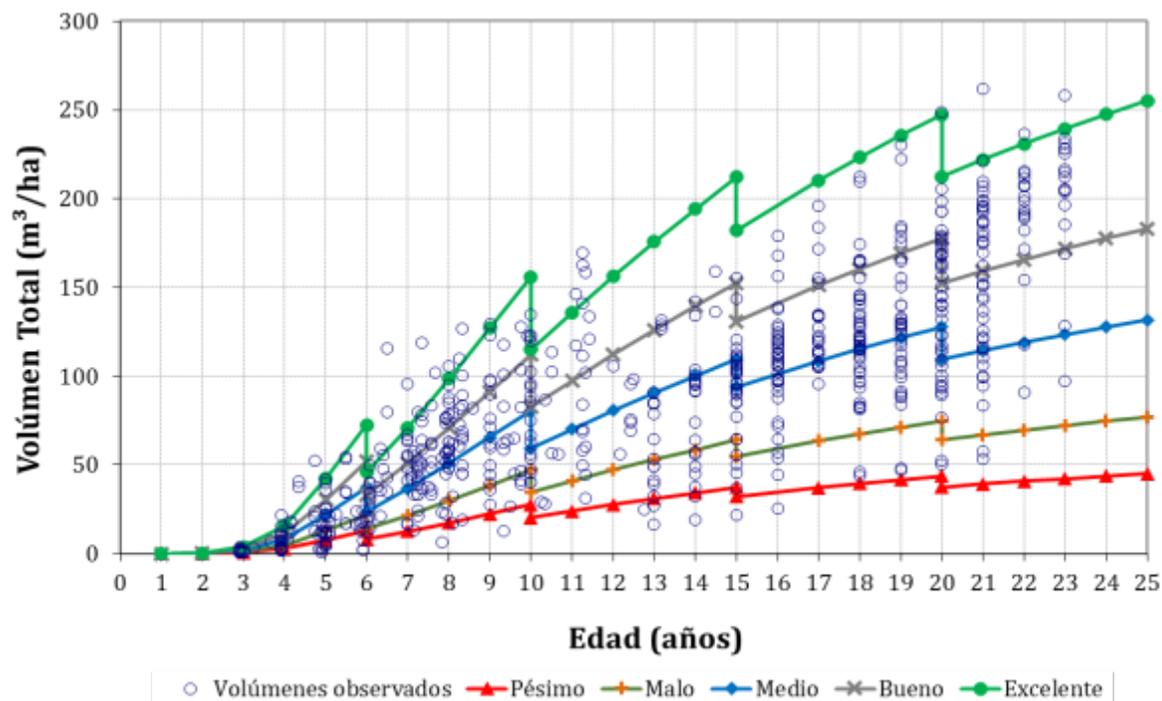
Familia de curvas de crecimiento en diámetro [cm] para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari



Familia de curvas de crescimento en área basal [m^2/ha] para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari



Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m^3/ha] para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari



8 Existencias

8.1 Superficies de plantaciones

El área plantada con incentivos hasta finales del año 2015 sumaba más de 10,600 ha, lo que ubica la especie en el doceavo lugar en cuanto a preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación. El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de la ubicación de las plantaciones, la cronología de su instalación y el tipo de plantaciones.

Áreas plantadas con *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari, incentivadas por PINFOR (Programa de Incentivos forestales) y PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal), por años y departamentos, en hectáreas.

Año de inicio	Quetzaltenango	Suchitepéquez	Escuintla	Zacapa	Quiché	Alta Verapaz	Baja Verapaz	Sacatepéquez	Petén	Izabal	Total general
1998	-	-	-	-	-	-	16	-	-	36	51
1999	-	-	-	-	-	47	-	-	37	6	90

2000	-	-	-	-	-	355	20	-	256	230	861
2001	-	-	-	-	-	386	-	-	437	219	1,041
2002	-	10	35	137	-	624	-	-	262	-	1,067
2003	-	-	-	47	3	204	-	-	129	20	402
2004	-	-	-	74	-	338	-	-	153	82	648
2005	-	-	8	-	-	426	-	-	135	-	568
2006	8	-	-	-	-	466	-	-	274	13	761
2007	-	-	-	22	-	1,063	42	-	148	-	1,276
2008	-	-	-	6	-	447	69	-	324	215	1,060
2009	-	-	1	-	-	410	21	-	250	302	983
2010	-	16	-	-	-	357	-	-	189	47	610
2011	-	-	-	-	-	155	92	-	86	10	343
2012	-	-	-	49	-	228	44	20	48	-	389
2013	-	-	-	-	-	64	-	20	34	-	117
2014	-	-	-	-	-	166	-	-	9	-	175
2015	-	-	-	-	-	96	-	-	45	66	206
Total por departamento	8	26	44	334	3	5,832	304	40	2,814	1,245	10,649
Plantaciones Puras	-	26	1	49	-	898	109	20	599	203	1,905
Plantaciones Mixtas	8	-	43	285	3	4,934	195	20	2,215	1,042	8,744
Total por tipo de plantación	8	26	44	334	3	5,832	304	40	2,814	1,245	10,649
Sistemas Agroforestales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manejo de regeneración natural	-	-	-	-	-	50	-	-	20	-	70
Reforestación	8	26	44	334	3	5,782	304	40	2,794	1,245	10,579
Total por modalidad de proyecto	8	26	44	334	3	5,832	304	40	2,814	1,245	10,649

Fuentes: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos PINFOR (Programa de Incentivos forestales) 1998-2015. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB. / INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) 2007-2015. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB.

La especie ha sido plantada en 10 departamentos del país, siendo los departamentos de Alta Verapaz, Petén e Izabal los que ocupan la mayor extensión; de éstos, en Alta Verapaz y Baja Verapaz es donde se concentra la mayor cantidad de plantaciones con el 55% (aproximadamente 5800 ha) y 26% (2800 ha), respectivamente.

Sin embargo, al realizar una comparación de las áreas de distribución potencial con las áreas realmente plantadas presenta particularidades. A nivel nacional, solamente el cero punto diecinueve por ciento (0.19%) del área potencial ha sido aprovechado para introducir la especie. A nivel departamental, Sacatepéquez es el departamento con mayor uso del área potencial (17.11%), seguido por Baja Verapaz (1.30%), Alta Verapaz (0.96%) y Zacapa (0.66); mientras que Petén e Izabal, a pesar de tener las mayores áreas potenciales, las áreas de plantación no rebasan el 0.08 y 0.33, respectivamente.

9 Bibliografía

- Agrios, GN. 1989. Fitopatología, enfermedades de plantas. Trad. Manuel Guzmán, México. Limusa. 756 p.
- Benítez Ramos, R. F., Montesinos Lagos, J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, Propiedades y Usos. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). 216 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Proyecto de Semillas Forestales, Vol. 1. Danida Forest Seed Center, Serie técnica, Manual técnico No. 41. Turrialba, CR, CATIE. 220 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1997. *Pinus caribaea* (Morelet.) var *hondurensis*. Costa Rica, Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR), Nota técnica sobre manejo de Semillas forestales No. 11. 2 p
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR) y DIGEBOS (Dirección General de Bosques, GT). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto madreleña en Guatemala. Ed, Ugalde Arias, LA. Turrialba, Costa Rica. 300 p.
- Cordero, J et Boshier, DH. 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1079 pp.
- Delgado Cárdenas, MD. 2006. Identificación y caracterización de fuentes semilleras de plantaciones de Pino del Petén (*Pinus caribaea* (Morelet)) y San Juan (*Vochysia guatemalensis* (J. D. Smith) Stand.) en el área de la Subregión III-1 Izabal. Investigación. P. For. Huehuetenango, Guatemala. ESTEFFOR. 72 p.
- Dvorak, WS; Gutiérrez, EA; Hodge, GR; Romero, JL; Stock, J et Rivas, O. 2000. Conservation and Testing of Tropical and Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative. College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA. 240 pp.
- _____. 1991. Plagas y enfermedades de América Central, guía de campo. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. 185 p.

- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2009. Lista de especies amenazadas de Guatemala –LEA- y Listado de especies de flora y fauna silvestres CITES de Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala, Guatemala. 124 p.
- CONIF. 1995. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- Francis, JK. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean pine. SO-ITF-SM-53. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 10 p.
- García Mérida, BC. 2008. Características que determinan el crecimiento y la productividad de Pino Caribe (*Pinus caribaea* Morelet), en plantaciones de 2 a 7 años, establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales en diferentes regiones de Guatemala. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 152 p.
- González Vásquez, BV. 2009. Evaluación de tres hormonas de crecimiento en el desarrollo inicial de la especie de Pino *Pinus caribaea* variedad hondurensis, a nivel de vivero, Poptún, Petén. Tesis Lic. Ing. Agr. Petén, Guatemala. USAC. 103 p.
- Hernández Molina, EO. 2004. Experiencias en recolección y acondicionamiento de frutos y semillas de 25 especies forestales con demanda en el programa de incentivos forestales. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 66 p.
- Herrera Alegria, Morales Velga Aleyda 1893. Pro piedades y Usos potenciales de **100** maderas Nicaragüenses, Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA). Servicio forestal Nacional, Departamento de Investigación forestal, Laboratorio de Tecnología de la madera 178 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Rendimiento y Costos del Procesamiento de Frutos y Semillas de 14 Especies Forestales. Proyecto de Semillas Forestales, CATIE/ Danida Forest Seed Center, INAB Manual técnico. Guatemala, Guatemala, INAB. 49 p.
- _____. 2015. Informe sobre la dinámica de Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales en Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 212 p.
- Lucas López, MB. 2006. Factores fisiográficos y edáficos que influyen en el crecimiento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, en plantaciones

- establecidas dentro del programa de incentivos forestales en los municipios de Dolores y Poptún en el departamento de Petén. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC 84 p.
- Pedraza, JE. 1984. Importancia de las ectomicorrizas en el desarrollo y crecimiento de coníferas tropicales introducidas en Colombia. Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
- Primer Taller Nacional Semillas y Viveros Forestales (1, 1985, San José, CR). 1987. (Memoria). Rojas, F. San José, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 26 p.
- Rojas, F y Ortíz, E. 1991. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barret y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 59 p.
- Soto Alvarado, AE. 2002. Determinación de enfermedades foliares provocadas por hongos en diez especies forestales en plantaciones ubicadas en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Petén e Izabal, durante la época lluviosa. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 87 p.
- Teoh, SK. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean pine growth and yield. Malaysian Forester. Malasia. 76 p.
- Véliz Pérez, ME; Barrios, AR; Dávila Pérez, CV. 2007. Actualización Taxonómica de la Flora de Guatemala, Capítulo 1. Pinophyta (coníferas). Guatemala, Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Dirección General de Investigación -DIGI-, Universidad de San Carlos de Guatemala. 131 p.
- Vincent, LW. 1970. Plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Surinam; con referencia especial a la calidad de sitio. Revista Forestal Venezolana. Venezuela 13 (19/20). 59 p.
- Zamora Cristales, R. 2003. Caracterización de las plantaciones forestales de *Pinus Maximinoi* y *Pinus caribaea*, establecidas en el Programa de Incentivos Forestales de Guatemala. Tesis Lic. Ing. For. Guatemala, Guatemala. UVG. 124 p.