

Instituto Nacional de Bosques

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Pino Candelillo

Pinus maximinoi H.E. Moore

PAQUETE TECNOLÓGICO FORESTAL

INFORME FINAL



Pinus maximinoi H.E. Moore. Fotografías por:

Montiel, OM Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 27 May 2016

<http://www.tropicos.org/Image/100209354>; Calderón Díaz, JA, 2012 y Earle, CJ, 2007.

http://www.conifers.org/pi/Pinus_maximinoi.php

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 2321-4601
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 29-49, 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 Candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore); *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	2
1.6	Usos	3
1.7	Importancia de la especie en el país	3
1.8	Estado de protección legal de la especie en el país.....	4
2	Selección de sitio	4
2.1	Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie.....	4
2.2	Clima	4
2.3	Fisiografía	4
2.4	Suelo	5
2.5	Distribución potencial de la especie en Guatemala	5
2.6	Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie	7
2.7	Ejemplos de buena o mala elección.....	7
3	Producción de plántulas y genética.....	7
3.1	Diversidad genética y procedencia	7
3.2	Rodales semilleros	8
3.3	Semilla	8
3.3.1	Descripción	8
3.3.2	Colecta.....	9
3.3.3	Acondicionamiento	9
3.3.4	Conservación y viabilidad.....	10
3.3.5	Tratamientos pre-germinativos	10
3.4	Producción de plantas	10
3.4.1	Métodos sexuales o por semilla	10

3.4.2	Métodos asexuales.....	12
4	Establecimiento de plantaciones.....	15
4.1	Comportamiento ecológico de la especie.....	15
4.2	Instalación	16
5	Silvicultura de plantaciones	17
5.1	Control de malezas	17
5.2	Poda.....	18
5.3	Raleo.....	19
5.4	Introducción en sistemas agroforestales	19
6	Manejo de plagas y enfermedades.....	20
7	Crecimiento y productividad de plantaciones	24
7.1	Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala	24
7.2	Crecimiento e incrementos	26
8	Existencias.....	32
8.1	Superficies de plantaciones.....	32
9	Bibliografía.....	35

1 Introducción

1.1 Nombre científico y notas taxonómicas

Pinus maximinoi H.E. Moore

SINÓNIMOS: *Pinus douglasiana* var. *maximinoi* (H.E. Moore) Silba, *Pinus escandoniana* Roetzl, *Pinus hoseriana* Roetzl, *Pinus pseudostrobus* var. *tenuifolia* (Benth.) Shaw, *Pinus tenuifolia* Benth y *Pinus tzompoliana* Roetzl.

Nota: la jerarquía anterior se basa en Tropicos.org¹ y coincide con el criterio que aparece en ITIS-World Plants².

1.2 Nombres comunes

En Guatemala, el árbol recibe el nombre de Pino Candelillo, Pino rojo o Pino hembra (Véliz y otros 2007).

1.3 Descripción morfológica

Basado en Veliz y otros 2007, INAB e IARNA 2012, Aguilar 1961, Valdez 2005, Dvorak y otros 2000, Mittak y otros 1979

PORTE DEL ÁRBOL: Es un árbol que crece hasta 35 m de altura, aunque se han reportado de hasta 50 m de altura en el área de San Jerónimo, Baja Verapaz. El fuste mide de 40 hasta 90 cm de diámetro a la altura del pecho. La copa es densa, en forma de domo, ramas gruesas y en ángulo de 90° (la mayoría), simulando un crecimiento verticilado (segmentos de varias ramas a una misma altura en el fuste).

CORTEZA: La corteza en la base del árbol es de color gris oscuro en donde se forman fisuras como acanaladuras profundas irregulares. Mientras se acerca a la copa, la corteza adopta un color grisáceo-café. Cuanto más joven es el árbol, la corteza es más delgada y suave y más gruesa y dura en especímenes maduros.

HOJAS: Existen 5 hojas o agujas por fascículo, de 20 a 35 cm de largo. Posee vaina en la base del fascículo, de color verde a café de 15 a 25 mm de largo.

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

²ITIS-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 pequeños en comparación a otras especies y en forma de huevo; de 5 a 9 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho. Las escamas del estróbilo son suaves a medida que maduran (en comparación a otras especies); también se caracteriza porque los mismos no persisten en las ramas una vez han liberado las semillas.

1.4 Distribución geográfica de la especie

Basado en Cordero y Boshier 2003, Véliz y otros 2007, INAB e IARNA, 2012, Aguilar 1961, Valdez 2005, Dvorak y otros 2000 y Tropicicos.org

DISTRIBUCIÓN NATURAL: La especie puede ser encontrada desde la latitud 25° Norte, a lo largo de 2,600 km desde Sinaloa, México, pasando por Guatemala, El Salvador, y Honduras, hasta la latitud 12° Norte en departamento de Matagalpa, Nicaragua.

En Guatemala, Se encuentra presente en los departamentos de Guatemala, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Quiché, Huehuetenango, Sololá, Sacatepéquez, Santa Rosa, El Progreso, Jutiapa y Jalapa.

LUGARES DE INTRODUCCION: Fuera de su rango de distribución natural, la especie ha sido evaluada realizando pruebas de procedencia por CAMCORE³ en Brasil, Colombia Honduras, México, Sur África, Venezuela y Zimbabue.

1.5 Aptitud forestal – agroforestal

Basado en INAB e IARNA 2012, INAB 2016⁴.

Junto con *P. oocarpa* y *P. caribaea* Var. *Hondurensis*, es una de las especies más utilizadas en la industria forestal, así como 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, 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 más de 22,800 ha plantadas con la especie, entre plantaciones puras, mixtas y sistemas agroforestales; ha sido plantado en asocio con: *Abies guatemalensis*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Alnus sp.*, *Araucaria excelsa*, *A.*

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.

⁴INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos del Registro Nacional Forestal 1993-2015. Guatemala, Registro Nacional Forestal del INAB.

heterophylla, *Casuarina equisetifolia*, *Cedrela odorata*, *Curpressus lusitanica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. torquata*, *Ficus* sp., *Grevillea robusta*, *Inga vera*, *Khaya senegalensis*, *Liquidambar styraciflua*, *Persea americana*, *Pinus chiapensis*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. tecunumani*, *Psidium guajava*, *Quercus skinneri*, *Tabebuia rosea* y *Tectona grandis*.

1.6 Usos

Basado en INAB e IARNA 2012 y Ramírez 2003

La madera es ampliamente utilizada para la fabricación de postes, artesanías, bancos, artículos torneados, cajones acústicos, canales, carpintería en general, construcciones livianas, cortinas, ebanistería, embalajes, jaulas, juguetes, madera aserrada, mesas, molduras, muebles, palillos, plataformas, puertas, revestimiento, sillas, sistemas estructurales tejamanil, resina y leña.

1.7 Importancia de la especie en el país

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

P. maximinoi es considerada una especie de especial interés en Guatemala, forma parte del grupo de especies prioritarias del programa PINFOR desde su creación en el año 1997. Hasta finales del año 2015 la especie sumaba alrededor de 21,600 ha (17% de la extensión total), distribuidas en 960 proyectos, con una inversión de 258 millones de quetzales, ocupando el primer puesto en preferencia de utilización bajo el programa PINFOR lo que equivale al 18% de la inversión a nivel nacional.

En el Departamento de Alta Verapaz es donde se concentra la mayor extensión, bajo el esquema del programa PINFOR donde se ha establecido la especie, a finales de 2015 sumaba más de 17,000 ha. El resto de la extensión plantada se encuentra en los departamentos de Baja Verapaz, Zacapa, Guatemala, El Progreso, Quiché, Chimaltenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sacatepéquez, Jalapa, Huehuetenango, Escuintla, Retalhuleu, Santa Rosa Sololá, y Suchitepéquez.

Bajo el programa PINPEP, hasta finales de 2015 la especie sumaba alrededor de 1,300 ha (13% de la extensión total) distribuidas en 893 proyectos, con una inversión de 11 millones de quetzales, ocupando el primer puesto en preferencia de utilización, lo que equivale al 17% del total invertido a nivel nacional.

Así mismo, bajo el programa PINPEP, el departamento de Alta Verapaz es el área donde se concentra la mayor extensión en donde se ha utilizado la especie, a finales de 2015 sumaba más de 800 ha. El resto de la extensión plantada se encuentra en los departamentos de Zacapa, Baja Verapaz, Chimaltenango, Quiché, Huehuetenango, El

Progreso, Chiquimula, Sololá, Guatemala, Totonicapán, San Marcos, Sacatepéquez, y Santa Rosa.

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, regeneración natural adecuada y facilidad en el establecimiento de plantaciones; 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 INAB 2012, 2015 y 2016 y Zamora 2003

2.2 Clima

TEMPERATURA: En un rango entre 18° a 22° Celsius como temperatura media mensual se reportan los mejores rendimientos.

PLUVIOMETRÍA: La especie requiere de precipitaciones arriba de 2,000 milímetros como promedio anual.

ZONA DE VIDA: La especie no es representativa o indicadora de ninguna zona de vida en particular, sin embargo, se encuentra presente en forma natural en las zonas de vida *Bosque muy húmedo Subtropical frío*, **bmh-S(f)** y *Bosque húmedo Subtropical templado*, **bh-S(t)**.

2.3 Fisiografía

ALTITUD: Los mejores rendimientos para *P. maximinoi* han sido reportados entre los 900 a 1500 msnm.

PENDIENTE DEL TERRENO: Los sitios que muestran crecimientos altos se encuentran en pendientes menores a 30%, con pendientes mayores decrece la productividad.

POSICIÓN EN EL PAISAJE: La posición topográfica, pedregosidad superficial y ocurrencia de vientos no representan factores que adversen el crecimiento.

2.4 Suelo

LAS TEXTURAS: No se ha registrado diferencia en el rendimiento debido a una clase textural en específico, pH relativamente ácidos, entre 4 hasta 4.7 favorecen el crecimiento.

FACTORES LIMITANTES: No tolera inundaciones prolongadas o que ocurran más de dos veces por año, la saturación de bases debe estar entre 5% a 40% debido a la preferencia de acidez y una Capacidad de Intercambio Catiónico -CIC- entre 20 y 30 meq/100 gramos de suelo.

2.5 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 de *P. maximinoi*, basado en información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía (Hurtado 2016).

Como se observa en el mapa de distribución potencial, las condiciones óptimas para el desarrollo de *P. maximinoi*, incluye: Altitudes que van desde los 600 hasta los 2500 msnm, temperaturas entre 14° y 24° Celsius y precipitaciones entre 950 a 2350 mm. Los departamentos con mayor área para la distribución potencial de la especie son: Quiché, Huehuetenango, Guatemala, Baja Verapaz, Santa Rosa, Chimaltenango, Alta Verapaz y Jutiapa, teniendo áreas menores en 12 departamentos más. En general, la distribución potencial para la especie es de 1, 582, 352 ha en todo el país.

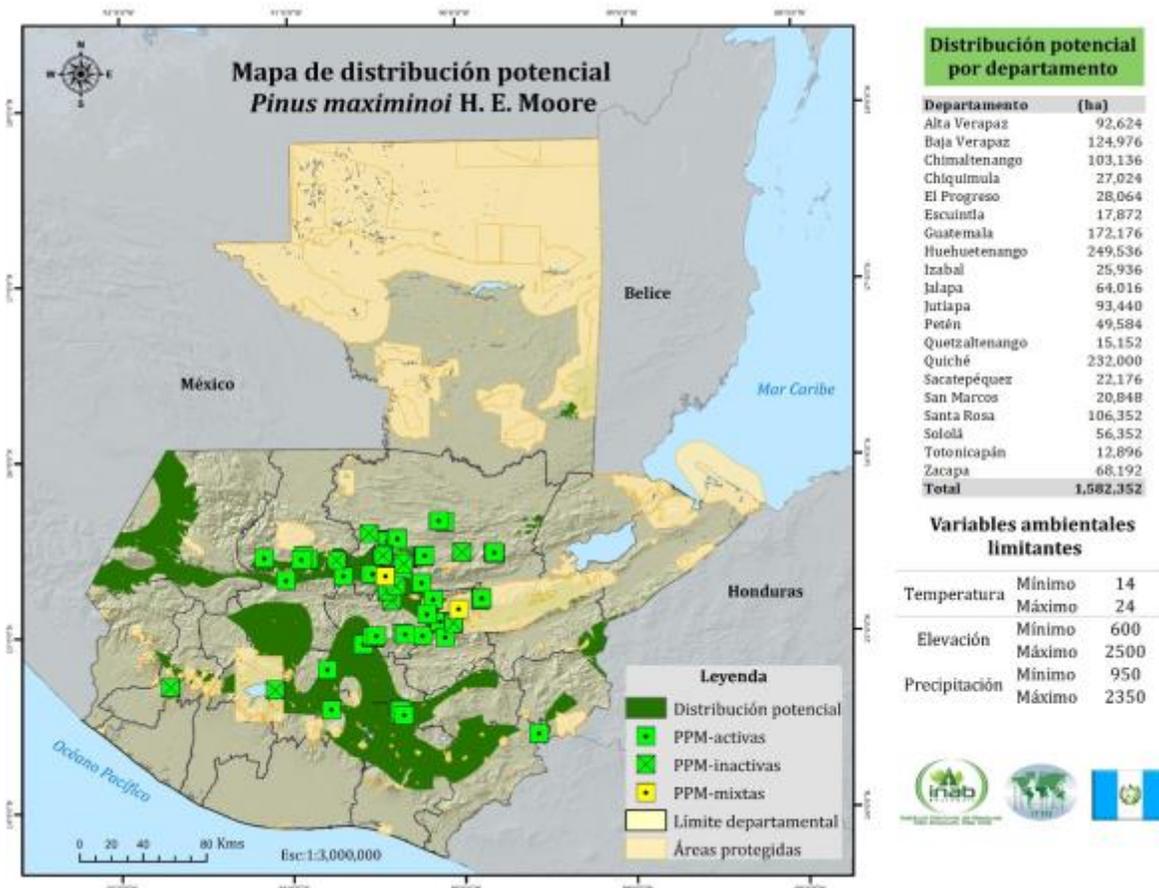


Figura 1. Mapa de distribución potencial de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en Guatemala

El mapa muestra, además, la ubicación de las Parcelas Permanentes de Medición (PPM) establecidas en plantaciones de *P. maximinoi*, 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 uno punto cuarenta y cuatro por ciento (1.44%) del área potencial ha sido aprovechado para introducir la especie. A nivel departamental, Alta Verapaz es el departamento con mayor uso del área potencial (19%), seguido por El Progreso (1.64%) y Quetzaltenango (0.82%); mientras que Huehuetenango y Quiché, a pesar de tener las mayores áreas potenciales, las áreas de plantación no rebasan el 0.15%.

2.6 Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie

Se determinó que las variables profundidad efectiva de suelo, precipitación y altura sobre el nivel del mar inciden en el desarrollo inicial de la plantación y se relacionan estrechamente con el Incremento Medio Anual (INAB 2012, INAB 2015 y Zamora, 2003).

2.7 Ejemplos de buena o mala elección

MALA ELECCIÓN: Terrenos con pendiente arriba de 55%, anegables y profundidad efectiva de suelo menor a 50 cm.

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 las evaluaciones de CAMCORE en Centro América y México, el estado de la conservación de *P. maximinoi* en el Noroeste, Centro y Suroeste de México es de bajo riesgo. Aún existen poblaciones con una extensión mayor a 1000 ha en éstas regiones del país. En Chiapas, Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua, el estado de la conservación se encuentra clasificada como vulnerable a críticamente amenazada. El tamaño de las poblaciones varía de 2 a 20 ha en la región Central y Este de Guatemala; Norte de El Salvador y Nicaragua.

ENSAYOS: La Cooperativa Internacional para la Conservación y Domesticación de los Recursos Forestales (CAMCORE), ha muestreado 26 procedencias y 856 árboles madre de *P. maximinoi* en el Sur de México (Guerrero, Oaxaca y Chiapas), Guatemala, Honduras y Nicaragua; y a través de miembros del programa se han establecido 47 ensayos de procedencia y bancos de conservación en Brasil, Colombia, Honduras, México, Sur África, Venezuela y Zimbabue.

PROCEDENCIAS: Los resultados de CAMCORE en plantaciones de 5 y 8 años indican que las procedencias más productivas de *P. maximinoi* establecidas en Brasil, Colombia y Sur África son las de “La Cañada” (Chiapas, México) y “San Jerónimo” (Guatemala). “San Jerónimo” (Chiapas, México), “Cobán” (Guatemala) y “Dulce Nombre de Copán”

y “Tatumbla” (Honduras) también mostraron un buen desempeño en al menos uno de los países en donde fueron establecidas.

3.2 Rodales semilleros

Las fuentes semilleras de *P. maximinoi*, inscritas en el Registro Nacional Forestal⁵ son las siguientes:

Registro	Departamento	Municipio	Finca	Area [ha]	Estado
FS-1092	Sacatepéquez	Pastores	Siguampar	1.37	Activo
FS-1121	Guatemala	San Raymundo	El Concepción	13.00	Activo
FS-1153	Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	Chisiram	1.00	Activo
FS-1026	Alta Verapaz	Santa Cruz Verapaz	Las Conchas	3.33	Inactivo
FS-1051	Alta Verapaz	Cobán	Boquicar	2.66	Inactivo
FS-1028	Chiquimula	Camotán	Dulce Nombre	3.00	Inactivo
FS-1046	Guatemala	San Raymundo	Santa Isabel	17.86	Inactivo
FS-1049	Alta Verapaz	Cobán	San José La Colonia	9.84	Inactivo
FS-1064	Zacapa	Usumatlán	Esmeralda Alta	2.65	Inactivo
FS-1065	Baja Verapaz	San Jerónimo	Finca Nacional San Jerónimo	5.00	Inactivo
FS-1071	Chimaltenango	San Juan Comalapa	Paquisaya	5.00	Inactivo
FS-1093	Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	San Lorenzo	3.27	Inactivo
FS-1103	Baja Verapaz	San Jerónimo	Los Ramones	8.20	Inactivo
FS-1115	Baja Verapaz	Purulhá	Jalaute	2.55	Inactivo
FS-1126	Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	Cañada Del Naranjo	6.58	Inactivo

A la fecha de la consulta, 15 fuentes semilleras han sido registradas, de las cuales 3 están catalogadas como activas; en consecuencia, son las áreas que pueden suministrar semillas certificadas para la producción de plántulas para futuros proyectos de reforestación.

3.3 Semilla

3.3.1 Descripción

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

Las semillas poseen un ala de color café claro que mide de 16 a 20 mm de largo, la función de esta ala es ayudar en la dispersión de la misma, posee de 6 a 8 cotiledones.

⁵ consultado el 20 de febrero de 2017

3.3.2 Colecta

Basado en Dvorak y otros. 2000, Veliz y otros 2007, INAB 2000 y 2012 y Valdez 2005, Hernández 2004

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 conos es de diciembre a marzo, por lo que posterior a esta fecha se debe de efectuar la cosecha, preferiblemente entre el 10 y 30 de abril.

EVALUACIÓN PREVIA A COLECTAR ESTRÓBILOS: Generalmente se colectan en su área de distribución natural, tales como Las Verapaces, en el norte del país, San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y San Raymundo en la región central del país. Se recomienda recolectar semillas principalmente de árboles vigorosos, sanos y bien conformados, que deben de estar aislados de otros de mala forma.

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 frutos 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 0.38 sacos/ día.

3.3.3 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 258 horas para concluir el proceso de beneficiado.

RENDIMIENTO: Existen de 50,000 a 100,000 semillas por kg, con un promedio de 40 semillas por estróbilo y alrededor de 120 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 84% a 95% según las condiciones de almacenaje (tiempo, temperatura y humedad relativa); la pureza va de 90% a 99%. En promedio, se necesitan 109 Kg de estróbilos para producir 1 kg de semilla limpia.

3.3.4 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

3.3.5 Tratamientos pre-germinativos

Se recomienda como tratamiento pre-germinativo, remojo en agua, a temperatura ambiente, de 12 a 18 horas, previo a la siembra. La germinación inicia a los 7 días de sembrada la semilla y finaliza a los 24 días en promedio.

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

P. maximinoi se reproduce básicamente por semilla para lo cual se requiere la implementación o establecimiento de viveros, teniendo diferentes modalidades de producción.

PLANTAS EN BOLSAS PLÁSTICAS: Las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas de medida 3" x 6" x 3⁶ con dos a tres semillas por bolsa, o en cajas 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 ¼ x ¼ 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 tablones 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.



⁶ La medida hace referencia al diámetro de la bolsa en pulgadas, alto en pulgadas y grosor de la bolsa en milésimas de milímetro.

Figura 2. Plantas de *P. maximinoi* 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 (80° Celsius por 10 minutos) ó 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. maximinoi* 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 pueden obtener 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 cm 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 g/m² y una única aplicación de Osmocote plus (15-9-12) a razón de 25 g/m².

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 micro propagador 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-butírico (AIB) diluida en 2 L de agua por un tiempo aproximado de cinco segundos. Luego estas estacas deben ser colocadas en el micro propagador, en Arena Blanca (Pómez) como substrato enraizador a una profundidad aproximadamente de 2.5 cm.
- **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 micro propagador de sub-irrigación.

- **Cuidado de las estacas en el micro propagador:** La fase crítica y de mayor cuidado es en el micro propagador, 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 Micro propagador, siempre debe estar al nivel de enraizamiento, este nivel debe estar a 2.500 3.00 cm bajo la estaca juvenil.
 - Evitar que el medio de enraizamiento este reseco o encharcado.
 - Se deben verificar los controladores de aspersion 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:**

La temperatura es un factor ambiental fundamental para la propagación, se debe controlar dentro del micro propagador 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 trasplantadas 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 micro propagador 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 micro propagador 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 INAB 2012, Butz 2011

Debido a que su distribución está restringida a las tierras altas, (condiciones de temperatura, precipitación y humedad), a menudo crece asociado con *P. pseudostrobis*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* y *P. michoacana*, *P. tecumumanii*, *P. rudis* y

Cupressus lusitanica. Crece en suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5), con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica

P. maximinoi es más exigente en suelos, en comparación a *P. oocarpay* *P. caribaea*; en los lugares donde se mezclan, *P. maximinoi* ocupa los mejores suelos, mejor drenados y menos superficiales.

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.

DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA: El objetivo principal de las plantaciones de *P. maximinoi* 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 m, 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 una densidad entre 150 y 250 arb/ha, dependiendo de la productividad del sitio forestal. Dicho distanciamiento también es el requerido (densidad inicial 1,111 arb/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 m ó 2.5 x 4.0 m, 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. maximinoi* en plantaciones puras, por ser una especie heliófila que compite por luz, donde una especie de mayor crecimiento puede afectar el desarrollo de esta especie; además, las plantaciones puras tienen ventajas económicas y facilita la aplicación de tratamientos silviculturales. Esta especie se ha plantado en asocio con otras especies tales como Encino (*Quercus* sp.), Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) y Ciprés común (*Cupressus lusitánica*). Así mismo, de acuerdo a los Registros del Departamento de Investigación Forestal del INAB, de las 164 PPM establecidas para esta especie, 161 parcelas son consideradas puras, ya que presentan un área basal mayor o igual al 85%, en las 3 parcelas restantes se tiene mezcla con otras especies, siendo éstas: ciprés común (*Cupressus lusitánica*), con 2 parcelas con un grado de mezcla en términos de área basal menor al 50% para *P. maximinoi* y 1 parcela con Pino colorado (*Pinus oocarpa*) con grado de mezcla entre 50 y 85% para *P. maximinoi*.

FERTILIZACIÓN INICIAL: Se han reportado exitosos resultados utilizando fórmula completa 15-15-15 diluido en agua (también llamado *drench*) a razón de 4 onzas/planta. La aplicación se realiza a 30 centímetros 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 m/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 cm/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 Control de malezas

Basado en INAB 2015, Cordero y Boshier 2003

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, ya que esta condición provoca la pérdida de la dominancia apical y en consecuencia la bifurcación de los árboles.

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. El número, frecuencia y método a utilizar dependerá de las condiciones propias de la plantación, la disponibilidad de recursos financieros y mano de obra.

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 m (2,500 arb/ha) se recomienda ralear el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance unos 4 a 5 m de altura total promedio.
- En plantaciones que se establecieron a un distanciamiento inicial de 3 x 3 m (1,111 arb/ha) 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 300-400 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"⁷, asociando la plantación con maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y arveja china (*Pisum sativum* 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

Basado en Agrios 1989, Ainsworth 1995, Barnett 1972, CATIE 1991, Farr y otros 1989, González 1992, González 2004 y Soto 2002.

En los últimos años, la presencia e incidencia de plagas y enfermedades en *P. maximinoi* 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.

⁷Taungya: 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 Pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) 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 los que se infectan directamente. El hongo crece inicialmente en las acículas y posteriormente se introduce por los estomas, heridas y otras estructuras formando los 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>Neodiprion</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 medianos 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 simbioses, 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 zompopos, 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.
Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>	Roedor	Fuste	Plantaciones jóvenes afectadas por el ataque de ardilla provocando daños en el fuste, ramas y conos, siendo el daño más importante el descortezamiento de árboles, provocando heridas y la entrada de patógenos, así como pérdidas económicas por la deformación del fuste hasta la muerte del árbol. Este daño se observa en plantaciones de 4 metros de altura en adelante. Síntomas; para el caso de ataque reciente, emanación de resina fresca que produce el árbol en la herida producida, corteza roída, pedazos de corteza en el suelo; el ataque no reciente a árboles se puede observar tejidos cicatrizados, corteza hundida, de color oscuro.	Manejo: Uso de cebos mezclados con rodenticida y colocados en los árboles; el uso de caja tipo jaulas que se cierran de golpe, geoposicionar la trampa y revisarla cada 5 días

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 de *P. maximinoi*. 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 164 PPM en plantaciones PINFOR de *P. maximinoi*, distribuidas en diferentes regiones en donde se tienen establecidas plantaciones de esta especie (ver mapa con la ubicación de las PPM en el acápite “Distribución potencial de la especie en Guatemala”). Actualmente, el crecimiento *P. maximinoi* está (ó ha sido) monitoreado en varios municipios de diferentes departamentos del país.

El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de estas 164 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	133	7431	5401
Edad de 0-5.0 años	3	135	135
una sola medición	3	135	135
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	135	135
Edad de 5.1-10.0 años	60	3072	2594
una sola medición	26	1220	1220
$50\% \leq G_{mezcla} < 85\%$	1	35	35
$G_{mezcla} \geq 85\%$	25	1185	1185
2-5 mediciones	33	1772	1322
$G_{mezcla} \geq 85\%$	33	1772	1322

6 mediciones y más	1	80	52
$G_{mezcla} \geq 85\%$	1	80	52
Edad de 10.1-15.0 años	29	1783	1225
una sola medición	7	340	340
$G_{mezcla} \geq 85\%$	7	340	340
2-5 mediciones	10	680	451
$G_{mezcla} \geq 85\%$	10	680	451
6 mediciones y más	12	763	434
$G_{mezcla} \geq 85\%$	12	763	434
Edad de 15.1 y más años	41	2441	1447
una sola medición	7	345	345
$G_{mezcla} \geq 85\%$	7	345	345
2-5 mediciones	1	28	9
$G_{mezcla} \geq 85\%$	1	28	9
6 mediciones y más	33	2068	1093
$G_{mezcla} < 50\%$	2	31	26
$G_{mezcla} \geq 85\%$	31	2037	1067
Total parcelas inactiva	31	1993	1045
Edad de 5.1-10.0 años	9	495	468
una sola medición	6	332	320
$G_{mezcla} \geq 85\%$	6	332	320
2-5 mediciones	3	163	148
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	163	148
Edad de 15.1 y más años	22	1498	577
una sola medición	4	227	210
$G_{mezcla} \geq 85\%$	4	227	210
2-5 mediciones	12	945	256
$G_{mezcla} \geq 85\%$	12	945	256
6 mediciones y más	3	155	28
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	155	28
Total general	164	9424	6446

b) por grado de mezcla inicial, con especies asociadas en plantaciones

Grado de mezcla inicial de <i>P. maximoi</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 5.1 a 10 años con 60 parcelas, seguido del rango entre 15.1 y más años con 41 parcelas y del rango 10.1 a 15 años se tienen 29 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

Treinta y un parcelas de las 164 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 integral de la base de datos dasométrica.

La mayoría de las PPM ha sido instalada en plantaciones puras, ya que presentan un área basal mayor o igual al 85%; solamente 3 de las 164, han sido ubicadas en plantaciones mixtas, 2 parcelas con ciprés común (*Cupressus lusitánica*) con un grado de mezcla en términos de área basal menor al 50%; para *P. maximinoi* y 1 parcela con Pino colorado (*Pinus oocarpa*) con grado de mezcla entre 50% y 85% para *P. maximinoi*.

Será esencial para poder aprovechar llanamente 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. maximinoi* 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 maximinoi* H. E. Moore en Guatemala

categoría de índice de sitio	rangos de índice de sitio* por categoría [m]
Pésimo (8)	<9.9
Malo (12)	10-13.4
Medio (15)	13.5-16.4
Bueno (18)	16.5-19.4
Excelente (21)	>19.5

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

*índice de sitio determinado a una edad base de 10 años

Los municipios que albergan PPM muestran las siguientes aptitudes para el crecimiento del *P. maximinoi*:

Aptitud para el crecimiento de *Pinus maximinoi* H. E. Moore 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]	Pen-diente [%]	Textura suelo	Textura suelo (calculada)
Alta Verapaz	San Cristobal	El Naranjo	13	Malo	si	1731	15	AL= arena limosa	Franca o Franca-Arcillosa
Alta Verapaz	Tactic	Chojol	16.7	Bueno	si	1600 – 1700	55 – 70	LA= limo arenoso, AL= arena limosa	Franca o Franca-Arcillosa
Alta Verapaz	Tactic	Finca Pambach	15.7	Medio	si i				
Alta Verapaz	Senahu	Setzimaj	18.9	Bueno	no	944 – 1122	5 – 80	AL= arena limosa, LA=limo arenoso	Franca o Franca-arcillosa
Alta Verapaz	San Pedro Carcha	Chimax Potrero	16.2	Bueno	no	1600 – 1700	5 – 36		Franca o Franca-Arcillosa
Alta Verapaz	San Pedro Carcha	Seabas	17.5	Bueno	no	1050	25		Franca o Franca-Arcillosa
Alta Verapaz	Cobán	Sasay	17.4	Bueno					
Alta Verapaz	Cobán	Cooperativa Samac	18.7	Bueno	si	1430 – 1439	4 – 50		Franca o Franca-Arcillosa
Alta Verapaz	Cobán	Saquichaj	13.6	Medio	no	851 – 988	25 – 40		Franco-Limosa
Alta Verapaz	Cobán	Cooperativa Chicoj	19.4	Bueno	si	1480	30		
Alta Verapaz	Cobán	Cooperativa Chirrepec	17.6	Bueno	no				
Baja Verapaz	Purulha	Civija	11.1	Malo	si –verificar coordenada	991 – 1522	30 – 87		Franco-Limosa, Franca o Franca-Arcillosa
Baja Verapaz	El Chol	El Mezcal	14.9	Medio	no	2050			Franco-Limosa
Baja Verapaz	Rabinal	Las Cañas	15.7	Medio	no	1970			Franco-Limosa
Baja Verapaz	Granados	San Antonio	11	Malo	si	2400			Franco-Arcillosa
Baja Verapaz	San Jerónimo	La Cascada	11.3	Malo	no	1217			Franco-limosa
Baja Verapaz	Salamá	Edgar Arnoldo Cuellar	8.4	Pésimo	no		15		
Baja Verapaz	Salamá	Sin Nombre/Rogelo Ascencio	12.5	Malo	no				
El Progreso	Morazán	El Cubilete	15.8	Medio	no	1500			Franco-Arenosa-Gravosa a Franco-Arcillo-Arenosa
El Progreso	San Agustín Acasaguastlán	Miranda 1	15.3	Medio	si	1900 – 2000			Franco-Limosa a Franca-Arcillosa

Jalapa	Mataquescuintla	Las Mercedes	19.1	Bueno	si	1000			Franco-Arcillosa a Arcilla
Sacatepequez	Pastores	Cerro Pavo	16.1	Medio	si	2200			Franco-Arenosa
Chimaltenango	San Martin Jilotepeque	Don Tomas	12.7	Malo	si	2000			Franco-Arcillo-Arenosa
Quiche	Chicaman	Chocorral el Soch	14.7	Medio	si	900 - 1442	15	aL= arcilla limosa	Franca a Franco-Limosa
Quiche	Chicaman	Cumbre de las Flores	13.5	Medio	si	1300	15	FA= franco arenoso	Arcilla
Quiche	Cunen	Panimachaj	15.1	Medio		2000	15	La=limo arcilloso	Arcilla
Solola	San Andrés Semetabaj	La Lucha	12.9	Malo	si	2200	15 - 35		
Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	Transito Bolivar	17.7	Bueno	no	1100			Arena Fina-Franca Suelta o Arena Muy Fina -Franca

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

En términos generales, los municipios que presentan las mejores condiciones de sitio para el crecimiento *P. maximinoi* se ubican en los departamentos de Alta Verapaz (Cobán, Senahú y San Pedro Carchá), Jalapa (Mataquescuintla) y Quetzaltenango (Colomba Costa Cuca); en altitudes comprendidas entre los 940 y 1700 msnm; pendientes entre 5 y 40% y suelos con textura que va de franca a franca arcillosa; mientras que los municipios que presentan condiciones de sitio medios, se ubican en los departamentos de Alta Verapaz (Tactic y Cobán), Baja Verapaz (El Chol y Rabinal), El Progreso (Morazán), Sacatepéquez (Pastores) y el Quiché (Chicamán y Cunén); ubicados en altitudes que oscilan entre los 1500 y 2200 msnm; pendientes entre 15 y 35% y suelos con texturas franco-arcillosas, franco-limosas y arcillosas. Seguidamente se tienen los municipios que presentan los sitios malos; ubicados en los departamentos de Alta Verapaz (San Cristóbal y Purulhá), Baja Verapaz (Salamá, Granados y San Jerónimo), Sololá (San Andrés Semetabaj), en altitudes entre 1700 y 2200 msnm; pendientes entre el 15 y 35 % y suelos con texturas franco-arcillosa y franco-limosa.

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 maximinoi* H. E. Moore 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 (8)	0.69	1.10	0.73	3.07
Malo (12)	0.98	1.34	1.03	5.79
Medio (15)	1.27	1.63	1.46	10.92
Bueno (18)	1.54	1.94	2.01	19.37
Excelente (21)	1.80	2.31	2.76	34.37

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

El análisis de la base de datos dasométrica (PPM de *P. maximinoi* 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 *Pinus maximinoi* H. E. Moore en Guatemala

variable	modelo de crecimiento	r ²
Altura total (m)	= EXP(Ln(S) - 6.96328 * (1/T - 0.1))	0.83
Diámetro (cm)	= Exp(2.853221 - 5.94932/T + 0.055943*S - 0.000218*N)	0.90
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.91575 - 11.592777/T + 0.100823*S + 0.000843*N)	0.82
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(3.160695 - 18.203956/T + 0.182736*S + 0.000775*N)	0.90
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 6.96328 * (1/T - 0.1))	0.83

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

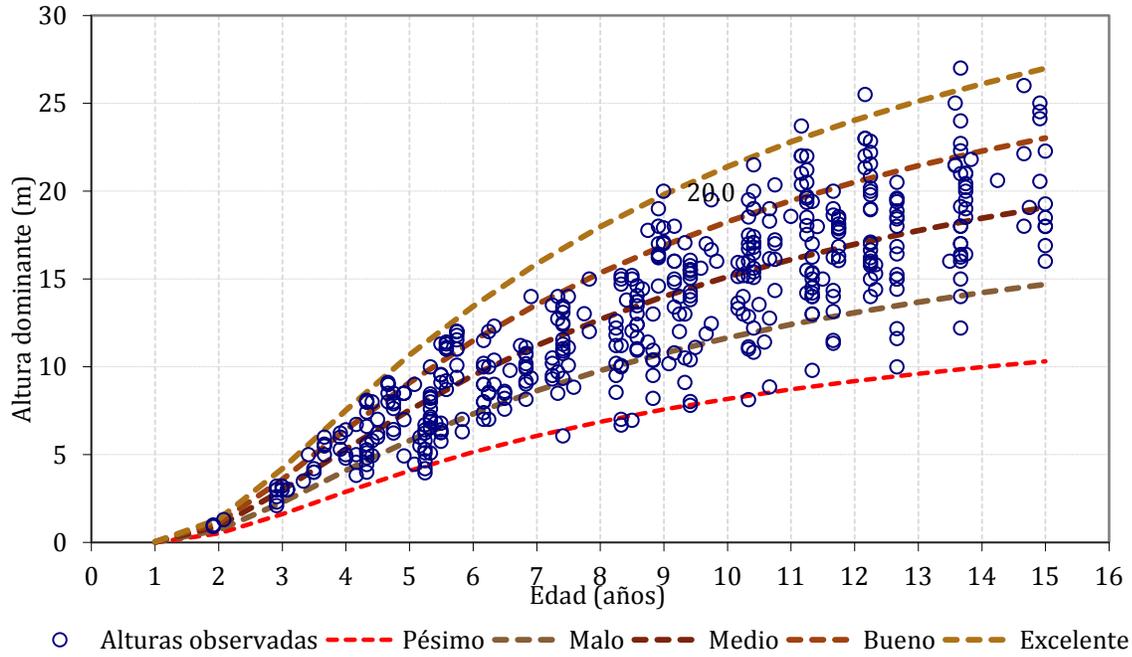
H = Altura dominante (m)

S = Índice de sitio

Las figuras siguientes ilustran la dinámica de crecimiento de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, y se basan en las funciones definidas, y el perfil teórico de manejo definido por el Departamento de Investigación del INAB (2016) para esta especie.

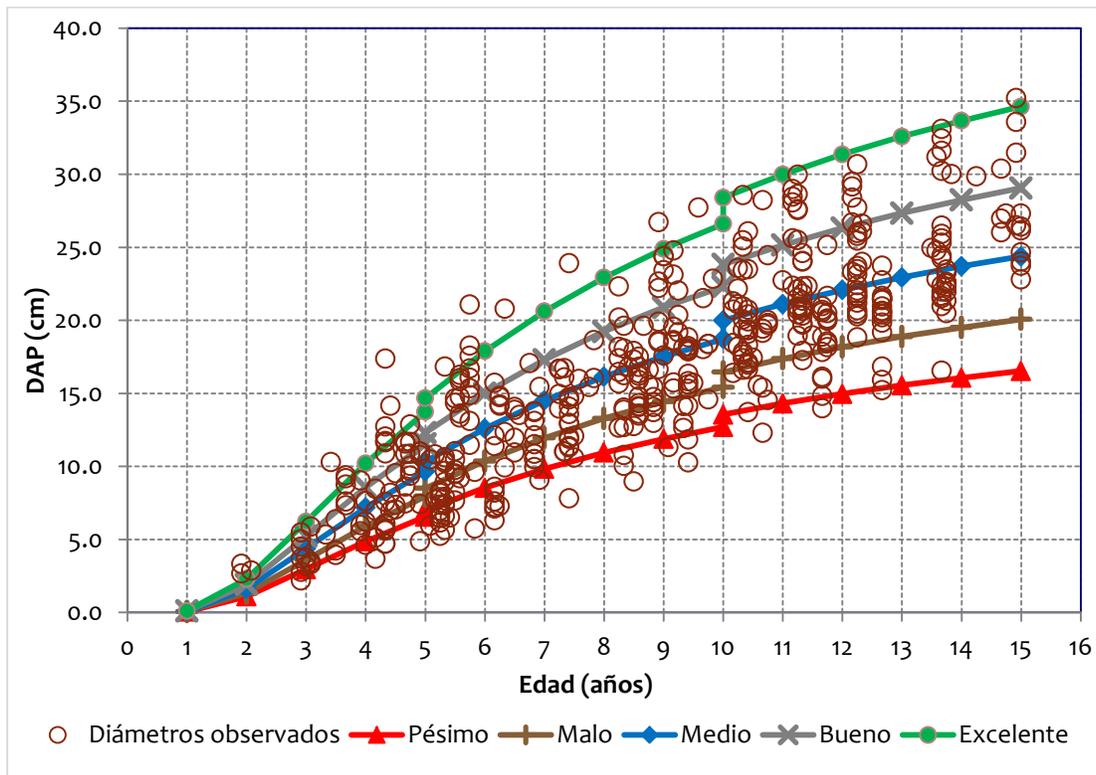
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto presenta alrededor de 1100 árboles/hectárea, que permanecen hasta el quinto año, en donde se aplicó un raleo del 30% que provoca un remanente de 800 árboles/hectárea, posteriormente se aplica un raleo del 40% al año 10, dejando 480 árboles/ha para la cosecha final.

Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de *Pinus maximinoi* H. E. Moore

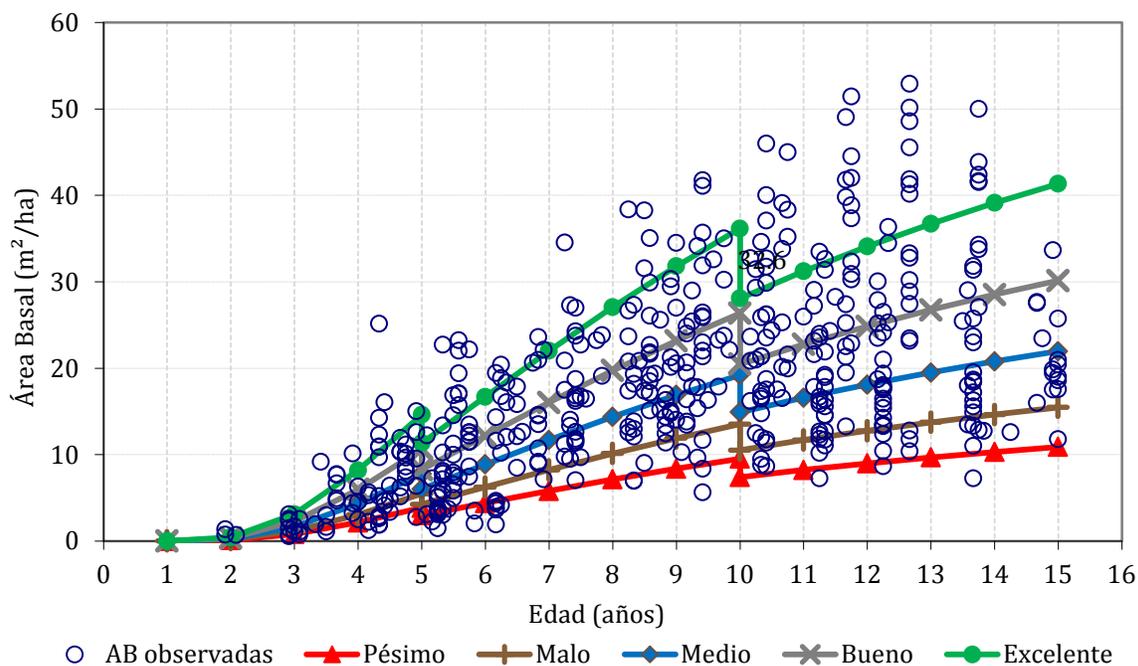


Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

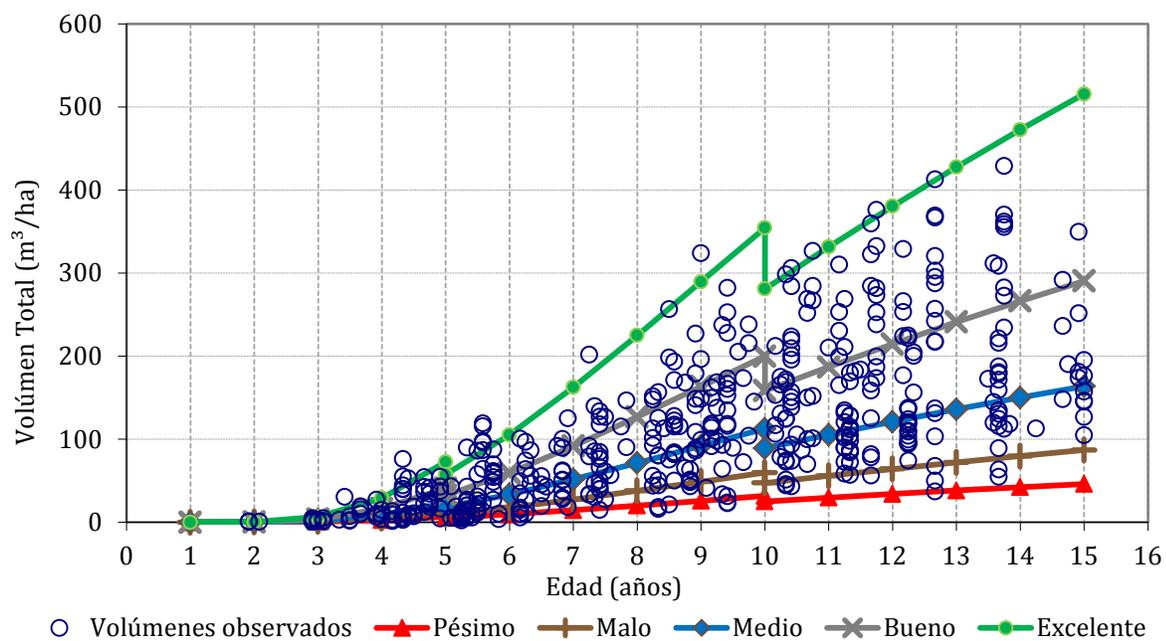
Familia de curvas de crecimiento en diámetro [cm] para plantaciones de *Pinus maximinoi* H. E. Moore



Familia de curvas de crecimiento en área basal [m²/ha] para plantaciones de *Pinus maximinoi* H. E. Moore



Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m³/ha] para plantaciones de *Pinus maximinoi* H. E. Moore



8 Existencias

8.1 Superficies de plantaciones

El área plantada con incentivos hasta finales del año 2015 sumaba más de 22,500 ha, lo que ubica la especie en el primer 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 *P. maximinoi*, 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 ha.

Año de inicio	San Marcos	Quetzaltenango	Retalhuleu	Suchitepéquez	Escuintla	Santa Rosa	El Progreso	Jalapa	Zacapa	Chiquimula	Huehuetenango	Totonicapán	Sololá	Quiché	Chimaltenango	Alta Verapaz	Baja Verapaz	Sacatepéquez	Guatemala	Total Anual
1998	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	0.3 3	-	6	-	-	350	-	-	-	384
1999	-	-	-	-	-	-	24	-	5	-	2	-	-	-	5	465	79	-	23	602
2000	-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	1	-	-	-	11	436	73	2	27	594
2001	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	2	-	-	19	4	285	100	-	33	457
2002	-	23	-	-	-	-	105	-	34	-	-	-	-	-	23	1,109	117	3	76	1,489
2003	-	20	-	-	-	-	2	-	20 0	-	-	-	-	32	23	1,309	19	-	43	1,648
2004	-	-	-	-	-	-	4	-	84	-	-	-	-	15	13	1,309	137	8	28	1,598
2005	-	16	14	-	55	15	35	-	66	-	-	-	-	1	31	1,631	49	-	75	1,987
2006	-	8	-	-	-	-	91	5	104	-	-	-	12	6	7	1,481	131	28	32	1,905
2007	-	10	12	-	-	-	11	-	19	-	37	-	-	77	1	1,869	410	21	21	2,488
2008	-	-	-	-	-	-	59	8	-	-	14	2	-	0.2 8	23	1,958	373	15	14	2,467
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	34	16	1,419	177	-	31	1,684
2010	-	37	-	-	-	8	33	-	-	-	-	-	-	51	1	373	86	4	3	596
2011	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	21	10	775	237	-	-	1,075
2012	-	10	-	-	-	-	-	-	7	-	4	-	-	2	4	859	52	-	12	950
2013	16	-	-	-	-	-	14	-	69	-	-	-	0.2 7	4	17	528	174	1	55	878
2014	27	-	-	-	-	-	11	49	-	-	17	-	5	18	0.4 1	860	189	-	6	1,182
2015	11	-	-	-	-	0.1 8	1	-	-	9	6	-	-	8	3	726	64	-	-	827
Total por departamento	83	123	26	14	55	23	461	62	593	9	86	2	23	288	191	17,741	2,467	81	479	22,809
Plantaciones Puras	25	44	8	-	-	8	81	-	61	3	49	-	16	93	54	1,757	443	44	29 2	2,979
Plantaciones Mixtas	58	80	18	14	55	15	38 0	62	532	6	37	2	7	195	137	15,98 4	2,02 3	37	187	19,830
Total por tipo de plantación	83	123	26	14	55	23	461	62	593	9	86	2	23	288	191	17,741	2,467	81	479	22,809
Sistemas Agroforestales	-	-	-	-	-	-	11	-	73	9	-	-	-	0.4 5	1	11	22	-	2	131
Manejo de regeneración natural	-	-	-	-	-	-	12	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	29

Reforestación	83	12 3	26	14	55	23	43 8	54	52 0	-	86	2	23	288	190	17,730	2,43 6	81	47 7	22,650
Total por modalidad de proyecto	83	12 3	26	14	55	23	461	62	593	9	86	2	23	288	191	17,741	2,46 7	81	47 9	22,809

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 19 departamentos del país, siendo los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Zacapa, Guatemala y El Progreso 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 78% (aproximadamente 18,000 ha) y 11 % (2,500 ha), respectivamente. Zacapa posee aproximadamente 600 ha de plantaciones (2.6% del área total), Guatemala y El Progreso con aproximadamente 500 ha cada uno (2.2% del área total).

9 Bibliografía

- Agrios, GN. 1989. Fitopatología, enfermedades de plantas. Trad. Manuel Guzmán, México. Limusa. 756 p.
- Ainsworth, GC. 1995. Dictionary of the fungi. 8 th. Ed. N.Y. USA., CAB. International Mycological Institute. 616 p.
- Barnett, HL. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3° th.Ed. Minnesota, USA. Burgees Publishing. 239 p.
- ButzChen, MR. 2011. Evaluación del efecto de la fertilización en el desarrollo de Pino Candelillo, *Pinus maximinoi* H.E. Moore de un año de edad con aplicación de fertilizante (15-15-15 y Biocofya), en la Cooperativa Chirrepec, Cobán, Alta Verapaz. Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. Alta Verapaz, Guatemala. 49 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.
- _____. 1991. Plagas y enfermedades de América Central, guía de campo. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. 185 p.
- Castillo Jiménez, D. 2004. Experiencias en la propagación vegetativa del Pino Candelillo *Pinus maximinoi* H.E. Moore con énfasis en la utilización del ácido indol-3-butírico en el vivero forestal de P&C Maderas Internacionales, en el departamento de Escuintla, Guatemala.
- 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.
- Dvorak, W. S., E. A. Gutiérrez, G. R. Hodge, J. L. Romero, J. Stock et O. Rivas. 2000. *Pinus maximinoi* H.E. Moore. In: *Pinus maximinoi* by the CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU, Raleigh, NC, USA.
- Enriquez, F. 2003. Evaluación de nueve sustratos para la producción de Pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) utilizando contenedores V-93 en San Pedro

- Carchá, Alta Verapaz, Guatemala. Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Lic. Ing. Agr. USAC. 103 p.
- Farr, D; Bills, G; Chamuris, G; Rossman, A. 1989. Fungi on plants and products in the U.S. USA. American Phytopathological Society. 1252 p.
- González Coronado, AJR. 1992. Presencia de estructuras de almacenamiento e incidencia de la roya agalladora (*Cronartium* sp.) en viveros de pino (*Pinus* sp.) en los departamentos de Guatemala, Baja Verapaz, Zacapa, El Progreso, Jalapa, Sacatepéquez, Chimaltenango y Huehuetenango. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 46 p.
- González Sagui, ML. 2004. Caracterización del complejo de patógenos causales del Tizón de la acícula del pino en la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 120 p.
- Hernández Molina, EG. 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.
- 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.
- _____. 2012. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 23 p.
- _____. 2015. Informe de Crecimiento y Productividad de 28 especies en Plantaciones Forestales de Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 212 p.
- INAB e IARNA-URL (Instituto Nacional de Bosques e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2012. Primer Informe Nacional sobre el Estado de los Recursos Naturales Genéticos Forestales en Guatemala. Guatemala. 210 p.
- Mijangos Toc, HG. 2011. Evaluación de tres intensidades de realeo en el crecimiento de una plantación joven de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, Santa Cruz, Alta Verapaz. Tesis Lic. Ing. For. Alta Verapaz, Guatemala. URL. 84 p.
- Mittak, WL; Perry, Jr, JP. 1979. *Pinus maximinoi*: its taxonomic status and distribution. Journal of the Arnold Arboretum. Vol. 60. 3ra. Edición. Massachusetts, USA. 11 p.

- Paiz Noriega, JE. 2014. Establecimiento de una plantación de Pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) utilizando plantas producidas en bandejas; Finca Chicomom, Cobán, Alta Verapaz (2007 – 2009) estudio de caso. Tesis Lic. Ing. For. Alta Verapaz, Guatemala. URL. 95 p.
- 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.
- Ramírez García, RR. 2009. Implementación de actividades, para mejorar la eficiencia en la producción de plantas de Pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore. Pinaceae) en bolsas de polietileno en el vivero forestal Rubel-Kiche, S.A. en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Lic. Ing. For. Alta Verapaz, Guatemala. URL. 68 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.
- Valdez Cancinos, DA. 2005. Comportamiento de la viabilidad de las semillas de cuatro especies forestales almacenadas a 5° Celsius en el Banco de Semillas Forestales del Instituto Nacional de Bosques -BANSEFOR- Guatemala. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. USAC. 73 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.
- 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.