



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

Paquete Tecnológico Forestal

Pinabete
Abies guatemalensis Rehder

Con el apoyo de:



SECRETARÍA
NACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Serie Técnica
DT-032 (2019)

Publicación del Instituto Nacional de Bosques (INAB)
7a avenida 12-90 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
ww.inab.gob.gt

Dirección de Desarrollo Forestal
7a avenida 6-80 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
Teléfono: 2321-4600 y 2321-4608

Departamento de Investigación Forestal
7a avenida 6-80 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
Teléfono: 2321-4600 y 2321-4608

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos o sin intenciones de lucro, sin ningún otro permiso especial 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. 2019. Paquete Tecnológico Forestal para Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 58 p. (Serie técnica DT-032-2019).

ELABORADO POR:

Departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB), con la redacción del Ing. Edwin Enrique Cano Morales, José Israel Cojóm Pac (consultor) y Joel Nicolás Eliézer Cutzal Chavajay (Departamento de Investigación Forestal del INAB). Mediante la coordinación técnica del Dr. Daniel Marmillod.

Se agradece la contribución de la Dirección de Manejo y Conservación de Bosques y Edwin Oliva Hurtarte (Departamento de Gobernanza Forestal del INAB), por la revisión del presente documento.

Este documento ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) a través del proyecto PD 495/08 Rev. 4(F) "Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala", y cuyos donantes son los gobiernos de Japón y Estados Unidos de América.



1. Presentación

El Instituto Nacional de Bosques -INAB- es el órgano de dirección y autoridad competente del Sector Público Agrícola, en materia forestal; una de las principales atribuciones del Instituto consiste en impulsar la investigación para la resolución de problemas de desarrollo forestal a través de programas ejecutados por universidades y otros entes de investigación.

En atención a su mandato, el INAB, con apoyo de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales -OIMT- presenta el paquete tecnológico forestal de la especie Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder, donde las áreas temáticas relevantes que conforman el contenido son: aspectos introductorios, selección de sitio, producción de plántulas y genética, establecimiento de plantaciones, silvicultura de plantaciones, manejo de plagas y enfermedades, incrementos y existencias en plantaciones, contribuyendo así con proporcionar información de base para orientar actuales y potenciales reforestadores y silvicultores para la planificación del manejo de plantaciones.

El paquete tecnológico forestal está conformado por los principales resultados de investigaciones, documentos científicos, manuales técnicos y experiencias documentadas que aportan conocimientos novedosos para ciertas etapas del cultivo o bien, que confirman la importancia de realizar actividades mínimas que favorezcan la productividad esperada y permitan alcanzar los objetivos y metas de un proyecto forestal, ofreciendo también insumos a próximos reforestadores para la toma de decisiones, a fin de que se planifiquen actividades que conlleven a una plantación forestal, cuyos productos de calidad satisfagan los requerimientos de los mercados nacionales e internacionales.

En este documento se pone a disposición del sector forestal, datos e información para la planificación de actividades dentro del ciclo del cultivo, desde la colecta de frutos, cosecha de semillas, métodos de propagación, selección adecuada de los sitios para el establecimiento de plantaciones, manejo silvicultural de plantaciones, ejemplos de buena y mala elección de sitios, diagnóstico y manejo de plagas y enfermedades, registro de las existencias de plantaciones a nivel nacional y simulación de la productividad de las plantaciones en busca de la maximización de productos forestales a partir de modelos de crecimiento. La serie de Paquetes tecnológicos forestales publicada por el INAB, pretende propiciar el aumento de la rentabilidad y productividad de las plantaciones forestales de especies consideradas prioritarias, brindando insumos que estimulen la competitividad de las plantaciones forestales en un país de vocación forestal.

Ing. Rony Estuardo Granados Mérida
Gerente INAB

2. Junta directiva del instituto nacional de bosques

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

- Mario Méndez Montenegro
- José Felipe Orellana Mejía

Ministerio de Finanzas Públicas

- Claudia Larissa Rodas Illescas de Ávila
- Julio Rene Alarcón Aquino

Asociación Nacional de Municipalidades

- Edduar Amarildo Chún Champet
- Carlos Alexander Simaj Chán

Escuela Nacional Central de Agricultura

- Edwin Francisco Orellana Ortíz
- Tomás Antonio Padilla Cambara

Cámara de Industria, Gremial Forestal

- Roberto Andrés Bosch Figueredo
- Fernando Alcides Enríquez Flores

ASOREMA

- Miriam Elena Monterroso Bonilla
- Carmen Raquel Torselli Bech

Universidades

- Raúl Estuardo Maas Ibarra
- Mirna Lucrecia Vela Armas

Instituto Nacional de Bosques

- Gerente del INAB y Secretario de la Junta Directiva: Rony Estuardo Granados Mérida

Tabla de contenido

1. Presentación	iii
2. Junta directiva del instituto nacional de bosques.....	iv
3. Introducción	1
Nombre científico	1
Nombres comunes	1
Descripción morfológica	1
Distribución geográfica de la especie	2
Aptitud forestal – agroforestal.....	2
Usos.....	5
Importancia de la especie en el país	7
Restauración forestal.....	8
Normas que regulan la protección y producción de la especie.....	9
4. Selección de sitio.....	10
Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie	10
Clima	10
Fisiografía.....	11
Suelo	11
Distribución potencial de la especie en Guatemala	11
Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie	13
Ejemplos de buena o mala elección	13
5. Producción de plántulas y genética	14
Diversidad genética y procedencia	14
Rodales semilleros	14
Semilla.....	15
Descripción	15
Recolecta.....	15
Calendario de recolección (en Guatemala).....	15
Acondicionamiento.....	16
Conservación y viabilidad.....	17
Tratamientos pre-germinativos.....	17

Producción de plantas	18
Métodos de propagación	18
Sustratos en vivero	21
6. Establecimiento de plantaciones.....	22
Instalación de plantaciones para árboles navideños.....	22
Plantaciones de enriquecimiento en bosques preexistentes	25
La técnica de la restauración en pinabete	26
Los estadíos sucesionales en el bosque de pinabete	26
Sistemas agroforestales	28
7. Silvicultura de plantaciones	29
Protección contra heladas.....	29
Control de malezas	30
Podas	30
Poda de formación.....	30
Poda del líder o apical:.....	31
Poda Lateral	32
Poda basal o de mango	33
Manejo de tocones	33
Primera poda.....	35
Segunda Poda	35
Tercera poda y subsecuente	35
Poda de sanidad.....	35
Aprovechamiento final.....	36
8. Manejo de plagas y enfermedades.....	37
Plagas y enfermedades en plantaciones	38
Tizón interno de la hoja del pinabete	38
Pudrición de la raíz del pinabete.....	39
Podredumbre blanca del pinabete	39
Fumagina del pinabete	40
Alga verde	40
Pulgón del pinabete	40
Pulgón de la raíz del pinabete	42

9.	Manejo de bosques naturales.....	43
	Estrategia Nacional para la Conservación del Pinabete 2019 – 2028	44
10.	Crecimiento y productividad de plantaciones.....	46
	Herramientas.....	46
	Superficies de plantaciones	49
11.	Conclusiones.....	51
12.	Recomendaciones.....	52
13.	Bibliografía.....	54

Lista de tablas.

Tabla 1.	Distribución natural de pinabete <i>Abies guatemalensis</i> Rehder en distintas localidades de Guatemala.	2
Tabla 2.	Listado de fuentes semilleras de pinabete inscritas en el Registro Nacional Forestal*** del INAB y su estado actual hasta el 21 de enero de 2019.....	14
Tabla 3.	Principales agentes dañinos en plantaciones de pinabete reportados en Guatemala.	37
Tabla 4.	Familia de modelos de crecimiento para <i>Abies guatemalensis</i> Rehder en Guatemala.....	46
Tabla 5.	Incremento Medio Anual de variables de crecimiento para pinabete en Guatemala.	47
Tabla 6.	Área de las plantaciones establecidas en Guatemala, por Departamento, Municipio y tipo de incentivo (PINFOR-PROBOSQUE y PINPEP), hasta el año 2017.	49

Lista de figuras

Figura 1.	Arreglo de plantación pura de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder, finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.	3
Figura 2.	Sistema agroforestal Pinabete-Maíz, Sr. Oliverio Gonzáles, Tejutla, San Marcos, Guatemala.	4
Figura 3.	Sistema agroforestal de maíz, árboles frutales, pasto y pinabete, finca Las Luces, Tejutla, San Marcos, Guatemala.....	5
Figura 4.	Producción de árboles con fines navideños y/o decorativos con macetas, finca El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.....	6
Figura 5.	Corona elaborada con ramilla de pinabete, proveniente de la poda de árboles plantados, finca El Edén, Palestina de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.....	6

Figura 6. Tendencia de los proyectos reforestados y certificados, mediante programas de incentivos PINFOR y PROBOSQUE en Guatemala, periodo comprendido del año 2001 al 2018.....	7
Figura 7. Tendencia de los proyectos reforestados y certificados, mediante programa de incentivos PINPEP en Guatemala, año 2006-2017.....	8
Figura 8. Distribución potencial preliminar para la especie de <i>Abies guatemalensis</i> Rehder en Guatemala, utilizando factores fisiográficos y climáticos.....	12
Figura 9. Semilla de Pinabete <i>Abies guatemalensis</i> Rheder recolectada en Palestina de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.....	15
Figura 10. Árboles navideños de pinabete de 5 años de edad en maceta, vivero particular, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.	20
Figura 11. Características de la materia orgánica incorporada al sustrato para la producción de pinabete en vivero forestal, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango Guatemala.	21
Figura 12. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 1m x 1m, a una edad de 8 años, Aldea Buena Vista Magdalena, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala.....	23
Figura 13. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 1.5 m * 1.5 m, finca El Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.	23
Figura 14. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 3 m * 3 m con manejo de rebrotes, en la finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.	24
Figura 15. Proceso de protección del árbol contra heladas: (1) disponibilidad de ramas delgadas de árboles o arbustos; (2) Forma en que se inicia a colocar las ramillas; (3) Panorama desde el interior hacia el exterior de la forma correcta de cubrir el árbol y; (4) Panorama desde el exterior de la forma correcta de cubrir el árbol.	29
Figura 16. Forma de realizar la corta del líder o poda apical en pinabete (Fuente: manual de pinabete, INAB 2005).	32
Figura 17. Árbol de pinabete sujeto a podas de formación, característico de plantaciones forestales (izquierda) y árbol de pinabete sin aplicación de poda de formación, típico de bosques naturales (derecho, fotografía tomada por: Ing. Sergio Osorio, Encargado de Pinabete del INAB).	33
Figura 18. Tercera generación de árboles navideños provenientes del manejo del tocones (izquierda) y fotografía de la condición de los rebrotes después del aprovechamiento del árbol principal (derecha), en finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.....	34
Figura 19. Árboles de Pinabete seleccionados para la cosecha, alturas de 1.83 a 2.43 m, Finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.	36

Figura 20. Daños ocasionados por pulgón del pinabete "enrollamiento", en El Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.....41

Figura 21. Curvas de crecimiento promedio en altura dominante [m] para plantaciones de *Abies guatemalensis* Reader en Guatemala.....47

Figura 22. Curvas de crecimiento promedio en diámetro a la altura del pecho [DAP en centímetros] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.48

Figura 23. Curvas de crecimiento promedio en área basal [m²/ha] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.....48

Figura 24. Curvas de crecimiento promedio en volumen total [m³/ha] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.....49

3. Introducción

Nombre científico¹

Abies guatemalensis Rehder.

SINÓNIMOS: *Abies tacanensis* Lundell, *Abies guatemalensis* var *guatemalensis*, *Abies guatemalensis* var *Jaliscana* Martínez, *Abies guatemalensis* var *Tacanensis* (Lundell) Martínez (estos últimos cuatro identificados como taxón subordinado o intraespecífico).

Nombres comunes

Basado en Aguilar 1980, MARN 2014, Cifuentes 2010, Cordero y Boshier, 2003.

En Guatemala, el árbol recibe el nombre de Pinabete, Romerillo, Abeto de Guatemala, Pashaque, Tz'in chaj, Pajchac y Paqtxaq.

Descripción morfológica

Basado en CATIE 1998, Aguilar 1976 y 1980, Cordero y Boshier 2003, Véliz *et al* 2007.

PORTE DEL ÁRBOL: Es un árbol que crece hasta 50 m de altura. El fuste mide hasta 1 m de diámetro a la altura del pecho. La copa es piramidal, de forma regular en árboles jóvenes y de forma más aplanada en adultos, con un arreglo verticilado².

CORTEZA: La corteza en árboles jóvenes es gris-blanquecina y lisa, en los adultos café pardo, surcada y partida en placas poco profundas. En árboles viejos pueden observarse yemas resinosas de 5 mm de largo.

HOJAS: Son de forma acicular (forma de aguja), de 15 a 55 mm de largo y de 1 a 2 mm de ancho, son de color verde lustroso en el haz y blanco a grisáceo en el envés. Son rígidas y se encuentran insertas en dos filas en forma de peine, en las ramillas.

ESTRÓBILOS: Los conos o "frutos", botánicamente llamados estróbilos, son unisexuales. Los femeninos miden de 85 a 130 mm de largo y 45 a 50 mm de ancho, de color rojo a púrpura y forma cilíndrica. Los masculinos miden 15 a 22 mm de largo y 27 a 30 mm de ancho, de color azul, forma ovalada y presentan hojas escumiformes. Se caracterizan por desintegrarse al abrirse y la producción de semillas de pinabete es de forma bianual.

La floración coincide con la formación de hojas nuevas, al final de la época seca y comienzo de la lluviosa.

¹ Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 12 dic. 2016 <http://www.tropicos.org/>

²Segmentos de varias ramas a una misma altura en el tronco

Distribución geográfica de la especie

Basado en Nitsch 2010, Macz y otros 2000, Ponciano y otros 1998, Tropicos.org.

DISTRIBUCIÓN NATURAL: Los registros botánicos la ubican desde la latitud 21° Norte, a lo largo de 1,650 Km desde Jalisco, México, pasando por Guatemala y El Salvador y, hasta la latitud 14° Norte en Lempira, Honduras.

Tabla 1. Distribución natural de pinabete *Abies guatemalensis* Reader en distintas localidades de Guatemala.

Departamento	Municipio/Localidad
Totonicapán	Rancho de Teja, Pachoc, Volcán Zunil, San Francisco El Alto, Santa María Chiquimula, Santa Lucía la Reforma, San Andrés Xecul y Chinente.
Huehuetenango	Puerta Del Cielo, Todos Santos Cuchumatán, Chiantla, San Mateo Ixtatán, Cumbres del Aire, camino a San Juan Ixcoy, Chex, Certix, Las Majadas, Cerro Canana, Chee, Tuculta, Tzuján, Onlaj, parte alta cerca de San Juan Atitán, Cerro Grande y arriba de los 2,500 msnm en Santa Cruz Barillas, San Rafael Petzal, San Pedro Solóma, Santa Eulalia y Aguacatán.
Quiché	Sierra de los Cuchumatanes, Nebaj, Xesibanchitz, Asichimansana, Calauté, y Macalajau Zunil.
Quetzaltenango	Zunil, San Francisco la Unión, San Carlos Sija, San Miguel Siguilá, San Martín Sacatepéquez, Palestina de los Altos, San Juan Ostuncalco, Sibilia, Cabricán y Cantel.
San Marcos	Tejutla (López, 1997), Ixchiguán, San Andrés, Volcán Tajumulco, San Sebastián, San Lorenzo, Sierra Madre, Comitancillo, Astillero Municipal de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez.
Jalapa	Cerro Miramundo, Mataquescuintla.
Chimaltenango	Del camino viejo de Tecpán Guatemala hacia Los Encuentros, Sololá
Chiquimula	Volcán de Ipala.
Zacapa	Sierra de las Minas.

Aptitud forestal – agroforestal

Basado en INAB 2018, Cordero y Boshier 2003, INAB 2018 (Sistematización de experiencias).

Abies guatemalensis está demostrando aptitudes competitivas fuera del bosque natural, al establecerse en distintos modelos que van desde plantaciones puras, mixtas y agroforestales, bajo buenas condiciones de manejo y sitio; hasta modelos más complejos de manejo como los de restauración forestal, muchos en suelos menos productivos cuya capacidad de uso es protección. Cabe indicar que el objetivo principal de las plantaciones es la producción de árboles navideños, siendo pocas las plantaciones destinadas para la protección y restauración.

Fue en el año 1998 cuando se establecen las primeras plantaciones mixtas en Quetzaltenango (Guatemala), en 2001 el primer proyecto de Manejo de Regeneración Natural en Huehuetenango (Guatemala) y, en Quetzaltenango en 2013 el primer sistema agroforestal, como consecuencia de la implementación de los programas de incentivos forestales (INAB, 2018).

Plantaciones puras para producción de árboles navideños

Uno de los ejemplos más conocidos del manejo de plantaciones puras en el área central, corresponde a la Finca El Espinero, ubicada en el municipio de Tecpán Guatemala (Chimaltenango, Guatemala); quienes se han dedicado por más de 15 años al cultivo de pinabete para árboles de navidad, y aunque han tenido que implementar algunas actividades (tales como la protección contra heladas, manejo integrado de plagas y enfermedades), la especie se ha desarrollado con éxito, demostrando con ello su aptitud en sistema de monocultivo



Figura 1. Arreglo de plantación pura de *Abies guatemalensis* Rehder, finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.

Las aptitudes de la especie para la producción de árboles navideños, ha motivado a distintos agricultores a sustituir algunas áreas de cultivo de granos básicos (maíz y frijol) para establecer pinabete, tal es el caso del señor Arcadio Figueroa López³, cuya propiedad se encuentra ubicada en el Aldea Buena Vista Magdalena, municipio de Chiantla (Huehuetenango, Guatemala), quien indicó que en una cuerda de terreno (400 m²) sus ingresos por la venta de maíz fueron 300 Quetzales (moneda oficial de Guatemala) anuales, mientras que en la misma área sus ingresos por la venta de árboles de navidad fueron 8,500 Quetzales anuales.

Es importante mencionar que la cantidad de 8,500 Quetzales corresponde a un ingreso promedio anual que ha logrado después de 7 años, cuando los primeros árboles obtuvieron una altura adecuada para la cosecha, y como esta especie ha demostrado una adecuada respuesta al manejo de ramas, brotes y rebrotes para sustituir el árbol cosechado, que en conjunto con los árboles plantados con semilla, logran proporcionar cosechas anuales (producción escalonada).

³ Arcadio Figueroa López. 31/10/2018. Experiencias de ingresos económicos percibidos de la plantación forestal de Pinabete. (Entrevista). Chiantla, Huehuetenango, Guatemala.

Sistemas Agroforestales para producción de árboles navideños

Varios ejemplos potencializan la aptitud de la especie para su combinación con cultivos agrícolas, aunque la mayoría de estos sistemas agroforestales sugieren el manejo de un menor número de árboles por unidad de área en comparación con las plantaciones puras, con la ventaja que le permite al reforestador la generación de ingresos agrícolas en los primeros años, cuando aún no se obtienen beneficios directos por la venta de los árboles. El manejo agronómico de los cultivos beneficia al pinabete, principalmente por la fertilización, además, permite mantener libre de malezas el terreno, proporcionando así mejores condiciones para el desarrollo de los árboles.

Entre los ejemplos de estos sistemas agroforestales se puede citar el del señor Oliverio Gonzáles⁴, quien anualmente siembra maíz, mientras que realiza el manejo de los árboles de pinabete, como se muestra en la figura 2, lo que le permite realizar una cosecha de maíz que destina para su consumo, mientras que a final de cada año realiza la venta de los árboles de navidad.



Figura 2. Sistema agroforestal Pinabete-Maíz, Sr. Oliverio Gonzáles, Tejutla, San Marcos, Guatemala.

Otro caso interesante es el de don Arturo Pérez⁵, en la finca Las Luces, en Tejutla, San Marcos, Guatemala, quien, en la parcela donde cultiva maíz, a partir de año 2010 ha venido incorporando frutales (ciruela, manzana y melocotón), pastos de gramíneas y pinabete (figura 3), permitiendo diversificar su producción e ingresos, de esa forma, inicia el año con la venta de los frutales, para continuar con la cosecha de maíz, cuyos restos de la planta y el pasto son aprovechados como alimento de ganado, y finalmente, finaliza el año con la venta de árboles navideños.

⁴ Oliverio Gonzáles. 30/10/2018. Experiencias de SAF Pinabete-Maíz. (Entrevista). Tejutla, San Marcos.

⁵ Arturo Pérez. 30/10/2018. Experiencias de SAF Pinabete-Maíz-Frutales. (Entrevista). Tejutla, San Marcos.



Figura 3. Sistema agroforestal de maíz, árboles frutales, pasto y pinabete, finca Las Luces, Tejutla, San Marcos, Guatemala.

Usos

Basado en Cordero y Boshier 2003, Peñalongo y Zanotti 1989 e INAB 2018 (sistematización de experiencias).

Abies guatemalensis es una especie cuyo follaje ha sido preferido para fines decorativos por su belleza, forma y característico aroma, razón por la cual, en la actualidad los árboles jóvenes son utilizados como árboles navideños, acompañando los tradicionales nacimientos en las fiestas de fin de año. Es común para dicha ocasión e inclusive para acompañar los adornos florales del día de los santos.

Es una especie que ha sido aprovechada durante años en bosques naturales, por la rectitud de sus troncos y la trabajabilidad de la madera, la cual se usa en artesanías decoradas con dibujos típicos como letras, cruces y adornos. Otros objetos típicos son cajas, cofres, porta llaves, porta notas, adornos y utensilios de cocina y comedor. También se usa para leña y carbón.

Es interesante considerar que, en atención a la demanda del mercado, el señor Carlos Rudy Escobar⁶, que tiene un vivero en la Finca El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango, Guatemala, ha venido utilizando esta especie para elaboración de macetas, cuyo fin es su uso como árboles navideños, que por su practicidad en el manejo, ha demostrado adecuada aceptabilidad en el mercado (figura 4); así mismo, menciona que las personas prefieren coronas de pinabete durante la celebración del día de todos los santos, debido a su aroma y a la durabilidad de la hoja; en navidad tienen alta demanda de coronas y guirnaldas.

⁶ Carlos Rudy Escobar. 30/10/2018. Experiencias en plantaciones de Pinabete. (Entrevista). Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.



Figura 4. Producción de árboles con fines navideños y/o decorativos con macetas, finca El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.



Figura 5. Corona elaborada con ramilla de pinabete, proveniente de la poda de árboles plantados, finca El Edén, Palestina de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.

Importancia de la especie en el país

Basado en Cordero y Boshier 2003, INAB 2018, Martínez y otros 2013, UICN 2009, Eigenbrod 2009, Aguirre-Planter 2000, Montenegro 2008, Veluk 2010, Strandby y otros 2008, Clewell y Aronson 2006, Robbins y otros 2012.

En Guatemala, el área de Pinabete establecida mediante plantaciones forestales puras con incentivos forestales (PINPEP⁷, PINFOR + PROBOSQUE⁸) hasta finales del año 2018 sumaba una cantidad de 141.88 ha; la cantidad de área reforestada hasta el año 2018 ubicaba a la especie en el lugar 34 en cuanto a preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación. La importancia de la especie para el área occidental de Guatemala ha permitido que se registre la existencia de plantaciones en 9 departamentos de Guatemala, distribuidas en 35 municipios del territorio nacional.

Pinabete ha sido plantada esencialmente en la zona occidental de Guatemala. Huehuetenango presenta la mayor extensión de plantación (59.57 ha), seguido de las 44.48 hectáreas establecidas en el departamento de Chimaltenango y el tercer departamento con mayor superficie de plantación con la especie es San Marcos (16.3 hectáreas). En Guatemala, los primeros cinco municipios con mayor existencia de plantaciones puras de Pinabete son: 44.03 hectáreas en Tecpán Guatemala, Chimaltenango; 29.64 hectáreas en Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango; 11.45 hectáreas en Chiantla, Huehuetenango; 10.43 hectáreas en Ixchiguán, San Marcos; y 5.15 hectáreas en Palestina De Los Altos, Quetzaltenango.

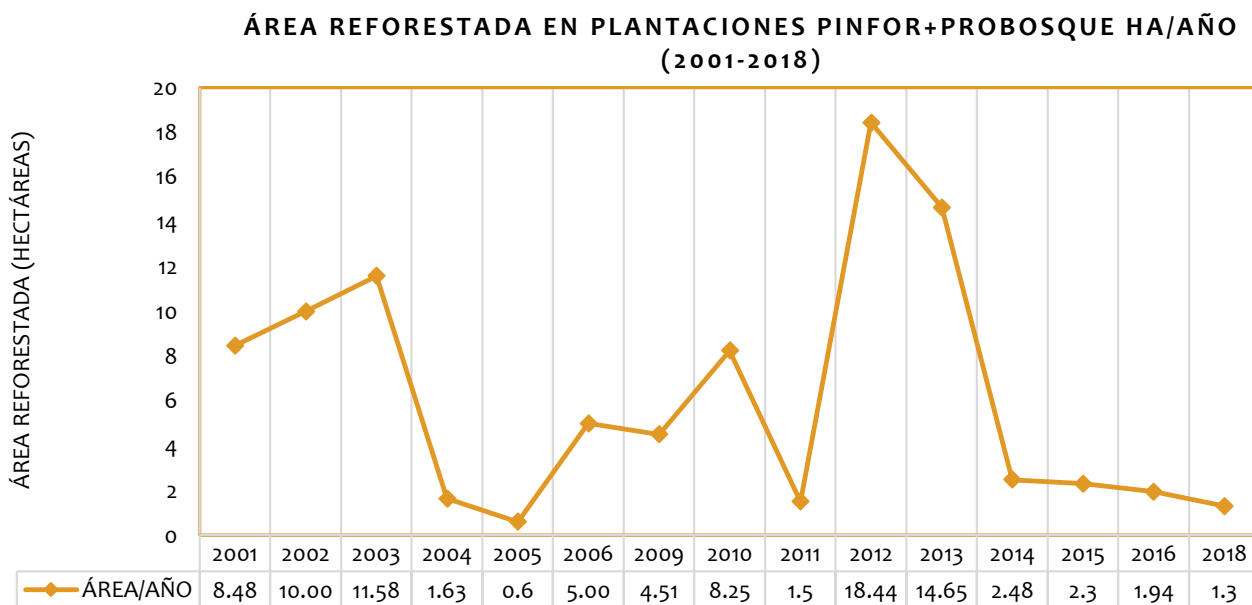


Figura 6. Tendencia de los proyectos reforestados y certificados, mediante programas de incentivos PINFOR y PROBOSQUE en Guatemala, periodo comprendido del año 2001 al 2018.

⁷⁷ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2017. Base de datos PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) 2007-2017. Guatemala, Coordinación del programa de incentivos PINPEP del INAB.

⁸ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINFOR-PROBOSQUE (Programa de Incentivos forestales y Programa de Incentivos para la recuperación, establecimiento, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala) 2000-2018. Guatemala, Coordinación del programa de Incentivos PINFOR+PROBOSQUE del INAB.

ÁREA REFORESTADA EN PLANTACIONES PINPEP HA/AÑO (2006-2017)

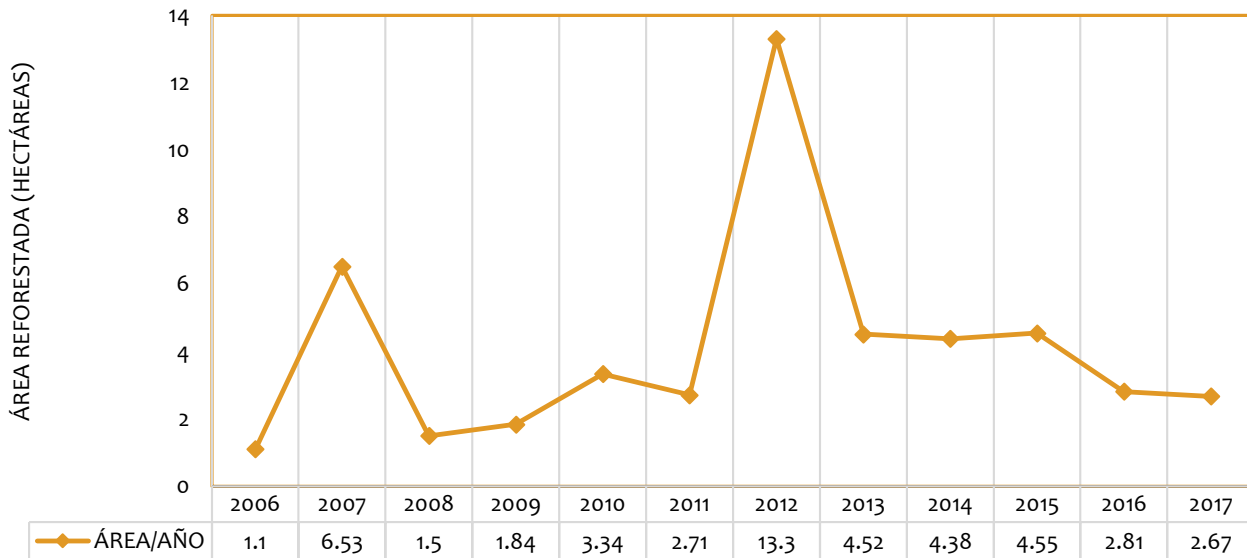


Figura 7. Tendencia de los proyectos reforestados y certificados, mediante programa de incentivos PINPEP en Guatemala, año 2006-2017.

Si bien, los programas de incentivos forestales han promovido el aumento de áreas reforestadas con Pinabete, cuyo auge en plantaciones provenientes de PINFOR+PROBOSQUE se logró obtener en el año 2012 y 2013 (ver figura 6), donde se reportan 33.09 ha reforestadas en dos años, que juntos aportan el 31.55% del área reforestada hasta el 2018; posterior a ello, a partir del año 2014 ha disminuido el interés por parte de los propietarios en reforestar la especie, ya que, el promedio de reforestación anual es de 1.60 hectáreas (periodo 2014-2018). Las plantaciones establecidas mediante PINPEP muestran la misma tendencia de superficie de plantaciones (figura 7), a tal punto que el promedio de reforestaciones desde el año 2006 al 2017 es de 4.10 hectáreas, el auge de dicho programa se reportó en el año 2012, donde se estableció un área de 13.3 hectáreas.

El establecimiento de sistemas agroforestales (SAF) ha ido cobrando importancia, aunque únicamente se reportan 6 proyectos PINPEP con la modalidad de SAF hasta el 2017, en un área de 3.9 hectáreas, cuatro de ellos en la modalidad de árboles forestales con cultivos anuales, uno de árboles en línea y un proyecto como huerto familiar mixto.

Restauración forestal.

Es interesante considerar la importancia de la restauración de los ecosistemas con *A. guatemalensis*, lo que permite generar beneficios y funcionalidades, primero, al contribuir a la economía de las poblaciones aledañas por el comercio de árboles navideños y subproductos elaborados con la ramilla de pinabete en los primeros años del proceso y, segundo, por su contribución a la recarga hídrica de las microcuencas que se optimiza con la protección de los árboles desde el inicio del proceso hasta la adultez; como lo afirman Veluk (2010) y Strandby y otros (2008), al referirse a esta dualidad que funciona como palancas en el proceso de desarrollo comunitario y la conservación de los recursos naturales que favorecen el capital social y político local.

La restauración ecológica permite hacer incidencia entre las municipalidades y organizaciones locales con las instituciones (gubernamentales y no gubernamentales) a nivel nacional que tienen que ver con las políticas de conservación y reforestación. El Proyecto Tacaná de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ha organizado Consejos de microcuenca que están integrados principalmente por asociaciones, cooperativas y Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), quienes tienen contemplado en sus planes de manejo, proyectos de conservación y restauración de zonas de recarga hídrica, con la finalidad de mantener los recursos actualmente utilizados (madera, agua potable y agua de riego).

Normas que regulan la protección y producción de la especie

Basado en Pivaral 2008 y Jerónimo 2012 y Congreso de la República de Guatemala.

El Decreto número 63-79 del Congreso de la República de Guatemala, publicado en el Diario Oficial el 14 de marzo de 1980, aprobó el Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), suscrito en Washington, Estados Unidos de América, el tres de marzo de 1973, el cual contiene un listado con todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio y que además instruye de manera tácita la creación de una reglamentación particularmente escrita, con el propósito de no poner en mayor peligro su supervivencia y con la cual se autorizará su uso solamente bajo circunstancias excepcionales, en dicho listado se incluyó al pinabete en el Apéndice 1.

La Ley Forestal de Guatemala, Decreto número 101-96 del Congreso de la República, indica en su Artículo 34: "se prohíbe el corte de árboles de aquellas especies protegidas y en vías de extinción contenidas en listados nacionales establecidos y los que se establezcan conjuntamente por el INAB y CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), y aquellos que, de acuerdo con los Convenios Internacionales, Guatemala haya ratificado en dicha materia.

La Resolución No. 120-98, emitida por la Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), de fecha 11 de noviembre de 1998, resolvió autorizar, bajo estrictas medidas de supervisión y manejo silvicultural, la poda de ramas de pinabete exclusivamente para uso comercial a nivel nacional, estableciendo como período para dicha actividad el comprendido entre el 15 de noviembre y el 23 diciembre de cada año, estableciendo, además, diversos parámetros para solicitar la autorización respectiva.

En el año de 1998, en un esfuerzo interinstitucional, se implementó la Estrategia Nacional para la Conservación del Pinabete, punto de partida para fortalecer la conservación de dicha especie. Se basó en un inicio en cinco ejes de trabajo fundamentales: 1) Divulgación, 2) Control In situ y Ex situ, 3) Mercado ilícito, 4) Áreas estratégicas de conservación y, 5) Investigación. Fueron reformulados en el año 2008 y aprobados en 2009 por el CONAP, planteando siete líneas de acción específicas.

Así mismo, el 20 de junio de 2014, bajo el Acuerdo Gubernativo No. 198-2014, se emite el "Reglamento para el Manejo de Plantaciones y Áreas Productoras de Semilla de Pinabete", con el objeto de regular el registro de plantaciones, áreas productoras de semillas y viveros de *Abies guatemalensis* Rehder y *Abies religiosa* (Kunth) Schltd. & Cham, así como el aprovechamiento de productos y subproductos de dichas especies.

4. Selección de sitio

Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en CATIE 2000, CATIE 1998, Moscoso 2002, Nufio y otros 2000, Cordero y Boshier 2002, Gonzáles 2005, Delgado 2006.

La primera decisión a la que debe enfrentarse un reforestador es la selección del sitio para plantar una especie, el cual debe ser de calidad, es decir, que reúna las condiciones adecuadas para que se exprese el potencial de desarrollo de una especie.

La calidad de un sitio está definida por la combinación de factores bióticos y abióticos (Clutter et al 1983, NIFA 2012; citado por De Camino, Ronnie 2013), en otras palabras, se refiere a la interacción de factores ambientales como clima, suelo (con todas sus características y elementos), pendiente, relieve y elevación. Todos estos factores determinan no solo las especies forestales que pueden crecer, sino también cuán rápido y qué tan bien. La calidad de un sitio forestal, determina la máxima producción de madera o biomasa que es posible cosechar en un tiempo dado en un sitio en particular.

A continuación se proporciona información sobre las principales características que determinan el crecimiento de *A. guatemalensis* en Guatemala.

Clima

TEMPERATURA: Los mejores rendimientos se reportan en un rango entre 15.5° y 17.5° Celsius⁹ como temperatura media anual; es tolerante al frío, ya que naturalmente se ubica en sitios con temperaturas media anual de 9° Celsius, donde además se registran heladas ocasionales (en donde la temperatura desciende hasta -8° Celsius) a los cuales es susceptible esta especie.

PLUVIOMETRÍA¹⁰: La especie requiere de precipitaciones que van desde 1,400 a 3,000 mm como promedio anual.

HUMEDAD RELATIVA: Es exigente en humedad, se ha registrado que precisa condiciones de humedad relativa arriba del 80% como promedio anual, traducida en bancos de neblina o lluvia horizontal que es típica de las zonas montañosas.

HORAS FRÍO: Entre 2,700 a 3,600 msnm la especie recibe menos de 115 horas de escarcha por año distribuidos en 150 a 200 días por año, lo que se traduce en un estímulo de crecimiento para la planta, debido a que este tipo de fenómenos inducen cambios fisiológicos en las plantas.

ZONA DE VIDA: La especie es indicadora de la zona de vida Bosque muy húmedo Montano Sub-tropical, simbolizada como bmh-M(S), siendo característica de las altas montañas y volcanes de Guatemala; aunque también se encuentran poblaciones un tanto aisladas en el Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical, simbolizado como bmh-MB (S).

⁹ Correspondiente a grados centígrados, el uso del grado centígrado está obsoleto en el ámbito científico.

¹⁰ Medición de las precipitaciones (lluvia) caídas en un lugar y tiempo dados

Fisiografía

ALTITUD: Los mejores rendimientos para *A. guatemalensis* han sido reportados entre los 2,550 a 3,400 msnm, que se considera como óptimo, esto garantizará las condiciones de precipitación, nubosidad y suelo-atmósfera específicas para el desarrollo de la especie; sin embargo, la especie tiene potencial para crecer en Guatemala dentro de los 1,875 a 4,220 msnm, que explica porque se utiliza esta especie en rangos más amplios, principalmente para la producción de árboles navideños.

PENDIENTE DEL TERRENO¹¹: Los sitios que muestran desarrollo favorable se encuentran en pendientes menores al 65%, es necesario tomar en cuenta que el valor de la pendiente reportada por Gonzáles 2005, proviene de observaciones en bosque natural.

POSICIÓN EN EL PAISAJE: Los sitios que muestran crecimiento favorable se encuentran en escarpes y pendientes cóncavas con inclinaciones de Noreste y Sureste; es necesario mencionar que las observaciones realizadas por Delgado 2006 se hicieron bajo condiciones específicas en el municipio de Concepción Huista (Huehuetenango, Guatemala).

Suelo

La especie se desarrolla naturalmente en suelos de origen volcánico; por lo que prefiere texturas de suelo que se centran en el grupo franco, con altos contenido de materia orgánica que van desde el 7% al 26%. La fertilidad de los suelos en los que se desarrolla es de tipo orgánico y evidencia alta presencia de microorganismos y bajos porcentajes de arcilla; la materia orgánica proviene de la vegetación existente en el área.

FACTORES LIMITANTES: *A. guatemalensis* reduce su rendimiento a más 3900 msnm, donde las condiciones son extremas en suelo y clima, también es importante considerar que es sensible al encharcamiento.

Distribución potencial de la especie en Guatemala

El Departamento de Investigación Forestal, en coordinación con el Departamento de Sistemas de Información Forestal, ambos del INAB, han elaborado el siguiente mapa de la distribución potencial de *A. guatemalensis*, basado en información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía. Este mapa no toma en consideración el suelo, por la limitada información asociada.

De acuerdo con el mapa de distribución potencial, las condiciones óptimas para el desarrollo de *A. guatemalensis* incluye: Altitudes que van desde los 2,550 hasta los 3,400 msnm, temperaturas entre 9° y 17° Celsius y, precipitaciones entre 1,400 a 3,000 mm anuales. Los Departamentos de Guatemala con mayor área para la distribución potencial de la especie son: Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Quiché, Sololá y Chimaltenango, teniendo áreas menores en otros Departamentos. En general, la distribución potencial para la especie es de 440960.0 hectáreas en todo el país.

¹¹ Grado de inclinación de un terreno, generalmente reportado en porcentaje (%) donde el 100 % equivale a 45 grados de inclinación

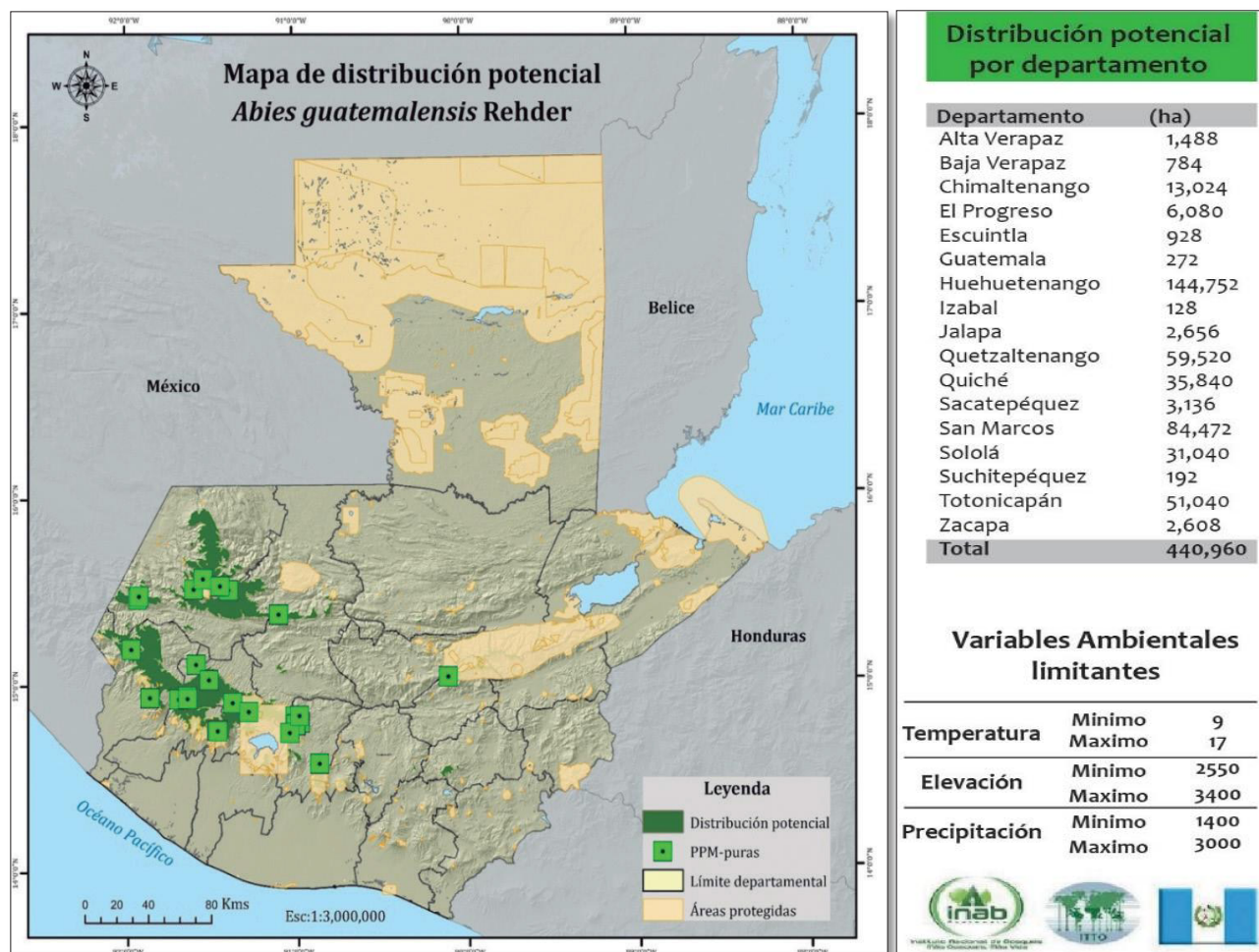


Figura 8. Distribución potencial preliminar para la especie de *Abies guatemalensis* Rehder en Guatemala, utilizando factores fisiográficos y climáticos.

El mapa muestra, además, la ubicación de plantaciones forestales de *A. guatemalensis* que son monitoreadas por el INAB, a través de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF), las cuales se encuentran fuera del área de preferencia o de distribución potencial definido en el mapa, aun presentando crecimientos significativos¹², resultado que sugiere una evaluación adicional para actualizar el mapa, incorporando la información de sitio de las plantaciones para ajustar el área de distribución potencial de la especie, dicho mapa se encuentra disponible para su descarga en formato SHP y KML en el sitio web: <http://ppm.inab.gob.gt/>.

Es interesante la comparación del área plantada versus el área de distribución potencial, que muestra que solamente el 0.032% ha sido utilizado para establecer la especie, siendo el departamento de Baja Verapaz el que mejor ha aprovechado el potencial del área (0.38%), seguido por Chimaltenango (1.64%) y Huehuetenango (0.82%); mientras que Huehuetenango y Quiché, a pesar de tener las mayores áreas potenciales, las áreas de plantación no rebasan el 0.15%.

¹² Tema que será tratado más adelante en el acápite "Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento"

Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie

La existencia de bosques naturales con pinabete que se observa en áreas aledañas a las plantaciones exitosas, sistematizadas en Guatemala, durante el año 2018 (en finca El Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango; finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango; Buena Vista Magdalena, Chiantla, Huehuetenango y; Las Delicias, Tejutla, San Marcos) es un factor común y un indicador muy práctico de corroborar en campo, como apoyo en la correcta selección de sitio; esto nos permite comprobar que la presencia de pinabete en bosques naturales aledaños a las áreas que se pretenden reforestar es un criterio que puede acuerpar la decisión de establecer pinabete mediante algún sistema de reforestación y que su adaptabilidad está garantizada.

Apegarse a las características de temperatura, pluviometría, humedad relativa, zona de vida, y condiciones fisiográficas descritas en el capítulo "selección de sitio", con especial énfasis en la relación que existe entre la altitud del sitio (msnm) y las horas frío existentes en dichas condiciones, sabiendo que entre 2700 a 3600 msnm se garantizan menos de 115 horas de escarcha/año (tolerable para pinabete) y dicho rango altitudinal genera condiciones de precipitación, nubosidad, y suelo-atmósfera propicios para el desarrollo de la especie. Esto nos permite construir un adecuado criterio de selección de sitio, conociendo que en Guatemala existen plantaciones de pinabete reportadas desde los 1875 a 4220 msnm, es decir, a partir de los 1875 msnm la especie expresa adaptabilidad, sin embargo, si nuestro fin es producir árboles con fines navideños y pretendemos alcanzar la cosecha en turnos cortos (6 a 8 años de establecida la plantación), es importante considerar la altitud óptima (2700 a 3600 msnm) que nos generará una serie de condiciones ambientales que optimizarán el desarrollo de la especie hacia una mejor productividad.

Otro aspecto a considerar, consiste en identificar plantas indicadoras, que cumplen la función de ser plantas nodrizas del pinabete, tal como se describe en el capítulo "Establecimiento de plantaciones" en sus apartados: "Plantaciones de enriquecimiento en bosques preexistentes y estadíos sucesionales en el bosque de pinabete". En el desarrollo de dicho capítulo se hace énfasis a la ganancia del porcentaje de sobrevivencia (hasta 80%) de la especie en campo definitivo, lo que nos permite concluir que las plantas nodrizas son otro indicador de la adaptabilidad de pinabete y son aliados en la ganancia de áreas desprovistas, aptas para pinabete.

Ejemplos de buena o mala elección

De las 29 parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) bajo seguimiento con la especie pinabete, a continuación se describen algunas variables de sitio que caracterizan los lugares donde se ha establecido la especie, que pueden servir como referencia en la elección adecuada del sitio: (1) rangos de altitud: 23 de los propietarios seleccionaron sitios con una altitud > a 2500 msnm, los otros 6 propietarios en altitudes entre 2000 a 2500 msnm; (2) frecuencia de heladas: de los 23 propietarios que establecieron plantaciones en altitudes mayores a 2500 msnm, 13 mencionan que en dicho rango altitudinal las heladas son comunes (varias veces al año), 2 mencionan que son periódicas (heladas estacionales), 2 mencionan que las heladas son raras (al menos una vez por año), 2 mencionaron que nunca y los otros 4 no proporcionaron información acerca del tema; (3) meses lluviosos: en las altitudes seleccionadas por los propietarios, se reporta un promedio de 10.7 meses con registros de lluvia; y (4) zona de vida: 21 PPMF se encuentran en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical; 7 PPMF en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical y 1 PPMF en Bosque Pluvial montano Bajo Subtropical.

5. Producción de plántulas y genética

Diversidad genética y procedencia

Basado en Aguirre-Planter 2000, Rasmussen y otros 2010, INAB y IARNA-URL 2012.

ESTADO DE LA CONSERVACIÓN GENÉTICA: Se han realizado estudios de diversidad genética de tres poblaciones de pinabete en Guatemala y México por Aguirre-Planter 2000, en donde indica que dicha diversidad es la más baja respecto a la media presentada para especies de coníferas, pudiendo atribuirle como causas un bajo flujo genético y endogamia.

Existe otro estudio realizado por Rasmussen y otros 2010, en donde se trata la diversidad genética muestreando 18 poblaciones en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, El Progreso y, en la Sierra de las Minas, indicando que existe cierto grado de flujo y diversidad genética alta; sin embargo, la clasificación taxonómica de la especie la refiere a *A. religiosa* subs. Mexicana, misma que no ha sido confirmada reiterando la necesidad de realizar estudios taxonómicos y de diversidad genética de las poblaciones naturales de *A. guatemalensis* en Guatemala, con el objetivo de corroborar y encontrar las poblaciones naturales de ambas especies.

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) realiza acciones para la conservación ex situ y la especie es priorizada para identificar áreas de distribución natural, selección de individuos, colecta y beneficia de frutos, almacenamiento y establecer ensayos de procedencia-progenie, en la actualidad, se efectúa un estudio con el Centro Universitario de Totonicapán -CUNTOTO- de la Universidad de San Carlos de Guatemala y con la Parcialidad Vásquez para evaluar 11 procedencias y 22 familias.

Rodales semilleros

Tabla 2. Listado de fuentes semilleras de pinabete inscritas en el Registro Nacional Forestal*** del INAB y su estado actual hasta el 21 de enero de 2019.

Registro	Departamento	Municipio	Finca	Área (ha)	Estado
FS-1035	Huehuetenango	Todos Santos Cuchumatán	Caserío Tulsoch	40	Inactivo
FS-1040	Quetzaltenango	Zunil	Chujá Quiej	2.56	Inactivo
FS-1041	Quetzaltenango	Zunil	Sanjoyam	1.01	Inactivo
FS-1042	Quetzaltenango	San Carlos Sija	Santa Patrocinia	0.6	Inactivo
FS-1047	Quetzaltenango	Huitán	Caserío Txemuj	30	Inactivo
FS-1048	Quetzaltenango	Cabricán	Ojo de Agua	50	Inactivo
FS-1083	Quetzaltenango	Cabricán	Bosque Comunal Ojo de Agua	4.27	Inactivo
FS-1086	Quetzaltenango	Huitán	Bosque municipal Txemuj	2.87	Inactivo
FS-1120	Huehuetenango	Todos Santos Cuchumatán	S/N	2.11	Inactivo
FS-1033	Huehuetenango	Concepción Huista	Municipalidad de Concepción Huista	1.08	Inactivo

*** Fuente: Registro Nacional Forestal, del INAB (2019)

Semilla

Descripción

Basado en Véliz y otros 2007, Cordero y Boshier 2003, Gómez 1999.

Las semillas redondeadas, de 8 a 10 mm de largo, poseen un ala simple de color café claro a pardo, que mide de 10 a 15 mm de largo por 14 a 15 mm de ancho que ayuda en la dispersión, posee de 4 a 6 cotiledones. La regla general para la selección de la semilla es que esta provenga de árboles cercanos al área del proyecto, los cuales tendrán la ventaja de estar adaptados a las condiciones del sitio.

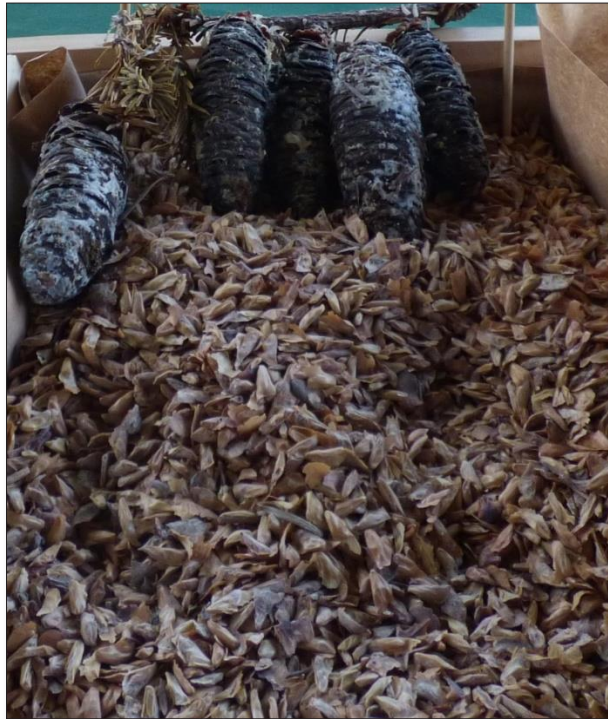


Figura 9. Semilla de Pinabete *Abies guatemalensis* Rheder recolectada en Palestina de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.

Recolecta

Basado en Hernández 2004, CATIE 2000, Salazar 1993, Aguilar 1976.

Calendario de recolección (en Guatemala).

La floración y fructificación varían con la localidad, principalmente relacionadas con la estación seca. La floración coincide con la formación de hojas nuevas, al final de la época seca y comienzos de la lluviosa. Los frutos maduran en 10-12 meses (Cordero y Boshier 2003). Los vientos secos favorecen la apertura del fruto maduro y la dispersión de la semilla alada.

Para 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, árboles madres seleccionados por población y/o huertos genéticamente comprobados, con el fin de garantizar la calidad y cantidad de productos en el largo plazo.

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN: La maduración de los estróbilos (conos) ocurre a partir de los últimos días del mes de noviembre y durante el mes de diciembre, por lo que la colecta debe realizarse en esos periodos, habiendo registros de extracción inclusive hasta el 5 de enero. Es importante resaltar la producción bianual de la semilla de pinabete, lo que implica años alternos de cosecha en árboles productores.

EVALUACIÓN PREVIA A COLECTAR ESTRÓBILOS: Se seleccionan los mejores árboles tomando en cuenta la rectitud del fuste, copa abundante y piramidal, libre de plagas y enfermedades, cuyos rodales no estén sobre maduros y con una cantidad no menor a 75 árboles por hectárea. 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 estróbilo que se recolecta es morado, rara vez llega a ser verde amarillento, aunque la presencia de frutos con dicha coloración (amarillentos o plateados por la resina) en la parte media y alta de las ramas son un indicador que de la producción del árbol. Recolectar preferiblemente los frutos cuyas escamas de color morado o verde amarillento empiezan a agrietarse o separarse.

PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN: La recolección se puede realizar utilizando una varilla con gancho (se puede elaborar en casa) a fin de empujar los conos hacia un lado y lograr que se desprendan, se recomienda que el ayudante del escalador esté atento a fin de observar donde cae el cono desprendido y que no se confunda con los demás que están tirados en el suelo. El escalador no debe quebrar y/o cortar totalmente la rama que contiene los conos ya que se pierden los conos inmaduros que se encuentran en la misma rama, además de causar daño al árbol. Se da el caso en que los estróbilos están secos lo cual dificulta utilizar la vara de extensión y cuchilla teniendo que cortarlos directamente con la mano, depositándolos en costales de brin y bajándolos con lazo desde la copa.

No coleccionar conos que presenten señales de ataque de insectos, aves y/o roedores o bien, que estén verdes; se debe ser cuidadosos cuando se decida coleccionar semilla de conos dispersos en el suelo, ya que, para plantaciones con fines de proyectos de incentivos forestales con fines industriales donde se promueve el uso de semilla de fuentes semilleras registradas no sería prudente, ya que se desconoce de qué individuos provienen los conos dispersos; sin embargo, para fines de plantaciones voluntarias, para fines de restauración forestal, ornamental u otro si puede ser utilizada la semilla proveniente de conos dispersos en el suelo, teniendo los cuidados de calidad que sean necesarios.

RENDIMIENTO: En la recolección un escalador con experiencia puede recolectar un saco y medio de estróbilos por día, con el apoyo de otra persona.

Acondicionamiento

TRANSPORTE DE ESTRÓBILOS: se recomienda transportar los estróbilos (conos) en sacos de brin o pita a un lugar techado donde pueden extenderse sobre lonas por un periodo de 3 a 5 días.

SECADO DE ESTRÓBILOS: Secarlos bajo sombra en cajas de madera donde queden dispersos y no se dé el amontonamiento de conos para poderlos remover constantemente y que tengan un buen secado y concluya el proceso de maduración y los estróbilos se abran lentamente.

EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA: se remueven las escamas de la misma forma en que se desgrana una mazorca de maíz, de forma lenta y suave para no aprisionar la semilla desechando la base y ápice del estróbilo. Una vez liberada la semilla, se elimina el ala remojándola ligeramente para ablandarla, luego son frotadas con las manos para evitar que se quiebren.

LIMPIEZA DE LA SEMILLA: Para obtener la semilla pura hay que separar los restos de escamas del cono de la semilla utilizando un filtro (malla pequeña) que retenga la basura. La semilla vana y la basura más pequeña que no pudo retener el filtro se pueden eliminar ventilando la semilla.

RENDIMIENTO: La cantidad de estróbilos por árbol es variable, sin embargo, se necesitan de 22 a 30 kg de estróbilos para producir 1 kg de semilla limpia. 1 Kilogramo de semilla contiene entre 30,000 a 40,000 semillas con una pureza que puede llegar hasta el 80% y 90%.

Conservación y viabilidad

La semilla pura debe secarse en un lugar bajo sombra, seco y ventilado y cuando esté seca debe almacenarse en recipientes de color oscuro identificados con una etiqueta en donde se indique: fecha y lugar de recolección, nombre del colector.

Las semillas son de tipo ortodoxo, sin embargo, pierden su viabilidad hasta en un 2% luego de 32 semanas de ser almacenadas. Se recomienda mantener la temperatura entre 5° y 6° Celsius y contenidos de humedad de 12% y 14%, en bolsas de plástico herméticamente selladas. En condiciones ambientales pierden la viabilidad en la primera semana de haber sido liberadas.

Tratamientos pre-germinativos

Se ha determinado que la cubierta extrema de la semilla constituye una barrera a la entrada de agua y oxígeno durante la germinación y también posee ciertas vesículas de resina debajo de la cubierta seminal, por lo cual se recomienda una escarificación manual simple para mejorar la germinación (PROSEFOR, 1998 citado por INAB, et al s.f.).

La germinación es casi siempre muy baja, alrededor del 15%. Para aumentar la germinación, se recomienda colocar la semilla en papel húmedo a 4° Celsius por 40 días y luego usar ácido giberélico a 200 ppm (mg/litro), obteniendo así hasta un 37% de germinación.

También, el uso de la siguiente técnica de escarificación ha aumentado la germinación de 10 a 30%:

- Secar la semilla al sol durante 6 a 8 horas para bajar la humedad a un promedio de 10%.
- Remojar la semilla en agua y colocarla en una bolsa plástica, eliminando el exceso de agua.
- Almacenar la bolsa con la semilla mojada en una refrigeradora durante 4 semanas a una temperatura entre 2-3° Celsius. Hay que hacer un agujero en la bolsa para asegurar una adecuada ventilación.

- Después de 4 semanas hay que sacar la semilla de la bolsa y secarla durante 2 o 3 horas (hasta que la superficie de la semilla esté seca). Luego se vuelve a almacenar la semilla en una bolsa plástica seca en la refrigeradora durante 8 semanas más con la misma temperatura (2-3 °C).
- Poner a germinar. En cajas germinadoras o directamente en bolsas, de 2 a 3 semillas por bolsa.
- La germinación ocurre a desde los 6 hasta los 22 días, con repique de las cajas a bolsas 30-40 días después de germinar.

Producción de plantas

Métodos de propagación

Basado en Cordero y Boshier (2003), García (1993), Funes (2006, INAB 2018 (Sistematización de experiencias).

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

Propagación sexual

El desarrollo de la especie en vivero es lento y puede durar hasta dos años para alcanzar un tamaño adecuado, por lo que se recomienda iniciar del semillero o siembra directa en bolsa, entre marzo a mayo del año anterior a su traslado a campo definitivo. Es recomendable utilizar cajas germinadoras como semilleros (de cualquier largo, con un ancho de 1 a 1.5 m y un alto entre 15 y 25 cm). Utilizar una mezcla consistente en dos partes de tierra negra, una de arena y una de broza (de bosques de pinabete), realizando al menos una desinfección con agua hirviendo, en caso de no tener acceso a métodos químicos.

PLANTAS EN BOLSAS PLÁSTICAS: Se recomienda utilizar bolsas de polietileno con dimensiones de 6 x 10 pulgadas (15 cm de diámetro por 25 cm de altura); durante el llenado de la bolsa se debe apelmazar en repetidas ocasiones sobre el suelo después de aplicar una proporción de mezcla y así sucesivamente hasta terminar. Debe procurarse que el sustrato no debe quedar muy compacto ni muy suelto en la bolsa, para no tener problemas en las actividades a realizar en el futuro; un adecuado llenado se comprueba cuando las bolsas no presentan arrugas, no se doblan al depositarlas en sobre el suelo, al contrario deben mantenerse firme sobre el suelo.

Las bolsas deben de ordenarse de forma alineada en lugares donde estén alejados de daños que pueden sufrir por animales, insectos, aves, roedores, etc.; y donde la época lluviosa no ocasione problemas con el encharcamiento del área, ya que puede perjudicar a las plántulas que están en las bolsas cercanas al encharcamiento.

TRASPLANTE: El trasplante se realiza entre los 30 y 40 días después de germinada la semilla, seleccionando las mejores plántulas (grandes, fuertes y sanas).

Una forma práctica de hacer el trasplante es abrir un agujero en el centro de la bolsa con un instrumento de aproximadamente 2 cm de diámetro, a una profundidad de 1/3 del alto de la bolsa.

En este agujero se introduce la raíz de la plántula, la que debe asegurarse utilizando el mismo instrumento con que se hizo el agujero inicial, enterrándolo en otra parte de la bolsa y presionando el sustrato hacia donde está la raíz para que ésta quede asegurada.

Un aspecto interesante es que las plantas que han permanecido durante un año en crecimiento en el vivero, al terminar el primer año, se recomienda trasladar las plántulas de la bolsa inicial a una de mayor tamaño, para promover el desarrollo adecuado de las raíces, como sucede en el vivero particular ubicado en Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala, donde se cambia la bolsa de 6 * 10 pulgadas (15.24 centímetros de diámetro * 25.40 centímetros de altura) por una bolsa de 8 * 18 pulgadas (20.32 centímetros de diámetro * 45.72 centímetros de altura) hasta que la planta alcance la altura adecuada para el trasplante a campo definitivo.

Se promueve un mejor desarrollo radicular de la planta y un mayor equilibrio entre la ganancia de follaje y la cobertura de raíces en el sustrato con mayor volumen disponible en bolsas de mayores dimensiones, sin embargo, debe asegurarse que la raíz que sobresale de la primera bolsa debe podarse adecuadamente, para evitar que estas queden mal acondicionadas (dobladadas) en la nueva bolsa.

CUIDADOS CULTURALES DE LAS PLANTAS EN BOLSA: La fertilización de las plantas en bolsa se puede realizar a partir de 30 a 45 días después de realizado el trasplante (es cuando la planta ya ha pegado). Pueden utilizarse abonos químicos como el 15-15-15 (triple 15) o el 20-20-0 en dosis de 0.5 a 1 gramo/bolsa, en términos prácticos, equivale a decir 3 a 5 bolitas de abono/bolsa; y/o abonos orgánicos como gallinaza, estiércol de ganado ovino, bovino o caballar, a razón de 0.5 a 1 gramos/bolsa y una medida fácil es aplicar una tapita de agua gaseosa/bolsa.

Las plantas en bolsa deben regarse por lo menos una vez a la semana durante la época seca. Además, hay que deshierbar constantemente para evitar que la maleza crezca de forma abundante y que al momento de arrancarla ocasione daño a la planta. El tapesco para las plantas en bolsa se debe mantener por lo menos durante los primeros seis meses e ir retirándolo periódicamente para que la planta no sufra un estrés fuerte y pueda morir, sin embargo, durante la época de temporada fría (diciembre a febrero) se debe de colocar nuevamente un tapesco para evitar que las plantas se mueran por la presencia de heladas.

PRODUCCION EN MACETA: En el vivero particular ubicado en Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala, los cuidados del pinabete se han extendido después de los dos años, atendiendo la demanda emergente de un cierto segmento del mercado que busca árboles en maceta, por lo que una parte del remanente anual de plantas es trasplantado a recipientes plásticos o macetas con capacidad mínima de 5 galones.

Esta actividad ha requerido la ampliación del área del vivero para atender el requerimiento de espacio para el desarrollo de la copa, la cual es pobre en los primeros años, hasta que se realiza la primera poda, que, según la experiencia con algunos árboles en el vivero, promueve el desarrollo de ramas, logrando así las características deseada para árbol navideño. Los riegos continúan una vez a la semana en época seca.



Figura 10. Árboles navideños de pinabete de 5 años de edad en maceta, vivero particular, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.

La fertilización química de estos árboles se realiza con una frecuencia de dos a tres veces por año, utilizando una dosis de dos a tres medidas Bayer (entre 50 a 75 cc) de fertilizante por planta con la fórmula 12-24-12 (N-P-K) en los primeros dos años y continuar con un fertilizante con la fórmula 15-15-15 (N-P-K), las cuales se aplican enterradas alrededor de la planta, para evitar el contacto del fertilizante con la raíz, lo cual puede causarle daños e inclusive la muerte.

Propagación asexual

Como contribución para promover la reproducción de pinabete, se han efectuado algunas investigaciones como el estudio de García 1993, quien evaluó la respuesta del pinabete *Abies guatemalensis* Rehder a su reproducción vegetativa in vitro.

Para efectos de la investigación, se utilizaron como explantes¹³ (yemas terminales de ramilla) obtenidos de un rodal ubicado en la aldea Los Encuentros, Sololá, Guatemala, que fueron desinfectados, suplementados con reguladores de crecimiento¹⁴ y posteriormente sembrados en medios de cultivo¹⁵. La principal variable respuesta evaluada fue el porcentaje de ramillas que formaron callos¹⁶, brotes, plantas completas y el porcentaje de sobrevivencia de los explantes en el medio de cultivo.

En el estudio se concluyó que el explante de "yema terminal" es el que manifestó capacidad de sobrevivencia, sin discriminar el medio de cultivo ni combinación de reguladores del crecimiento de pinabete, respondiendo favorablemente a la formación de callos y al brote de yemas para originar una nueva planta; sin embargo, los mejores resultados fueron proporcionados por el medio de cultivo Murashige y Skoog modificado y como regulador de crecimiento: i) 10 mg de ácido naftalenacético (ANA) y 50 mg de benciladenina (BA); y , ii) 25 mg de ANA y 50 mg de BA.

En función de lo anterior, el método sexual o por semilla es el actualmente utilizado para la producción de plántulas de *A. guatemalensis*.

Sustratos en vivero

Basado en INAB (sistematización de experiencias 2018)



Figura 11. Características de la materia orgánica incorporada al sustrato para la producción de pinabete en vivero forestal, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango Guatemala.

¹³ Explante o explanto es un tejido vivo separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial de crecimiento

¹⁴ Los suplementos fueron seis combinaciones de reguladores del crecimiento de Ácido Naftalenacético (ANA) y Benciladenina (BA)

¹⁵ Los medios de cultivo fueron Murashige y Skoog modificado y Gresshoff y Dolí modificado

¹⁶ Cicatriz formada a partir del daño causado por el corte de la ramilla, con potencial a formar raíces normales u otros tejidos.

El sustrato debe ser un suelo de buena calidad, de textura franca o franco-arenoso “virgen” (agregar una parte de arena por tres de suelo, si este es arcilloso). En el caso del vivero en Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala, para elaborar el sustrato se utilizan las primeras capas de suelo de bosques remanentes de pino y pinabete, colindantes al área del vivero. Este suelo es generalmente de color negro con adecuado contenido de materia orgánica proveniente de árboles adultos de pinabete. Posterior a la recolección del suelo para el sustrato, aún se agrega broza, extraída de bosques aledaños y otros residuos orgánicos, principalmente estróbilos que han sido triturados y compostados.

Cuando es requerido, se realiza la mezcla del sustrato en la que se incorpora el suelo, materia orgánica y arena, en una proporción 2:1:1, se decir dos porciones de suelo se mezclan con una de materia orgánica y una de arena cernida. Siempre es recomendable la aplicación de un fungicida a la mezcla para minimizar problemas de mal del talluelo comunes en la etapa de vivero.

6. Establecimiento de plantaciones

En este capítulo se hace énfasis inicialmente en el establecimiento de plantaciones forestales para la producción de árboles navideños, y más adelante se aborda el establecimiento para otros objetivos a través de la restauración forestal para la recuperación del paisaje y protección de los ecosistemas; aunque las técnicas son básicas y transversales para el manejo de la especie.

Instalación de plantaciones para árboles navideños

Basado en Godínez L.R. (2008) y sistematización de experiencias (2018).

Cuando la plantación de pinabete persigue fines de producción de árboles navideños, se debe seleccionar el terreno que cumpla con los requerimientos ambientales de la especie y una manera fácil de identificarlos es: tierra fría (lugares altos y húmedos), área donde existe o haya existido pinabete, lo que nos da la certeza que el lugar es apropiado para el crecimiento de la especie (presencia de bosques naturales). Es importante que las plantas que se trasladen del vivero a campo definitivo tengan una altura mínima de 40 cm de altura, lo cual favorecerá el prendimiento y reducirá posibles daños por las heladas, especialmente cuando se prolongan los frentes fríos.

DISTANCIAMIENTO: El convencional es de 2 m entre planta x 2 m entre surco, previendo el desarrollo esperado de la copa, aunque no está de más observar algunas experiencias relacionadas en distintas localidades y calidades de sitio. La plantación de don Arcadio Figueroa, en finca Buena Vista Magdalena, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala, quien plantó a un distanciamiento de 1 m x 1 m, evidenció 7 años después que los árboles disponen de poco espacio para crecer y las ramas inferiores tienden a entrecruzarse, reduciendo el potencial de crecimiento y calidad del árbol.

Reforestar a 1 m x 1 m provocó que los árboles con fines navideños se cosecharan hasta los 8 años a comparación de los árboles plantados a 2 m x 2 m en el mismo sitio, los cuales fueron cosechados a los 6 años de edad; es decir, el poco ingreso de luz con densidades altas (arb/ha) perjudica la ganancia foliar de las ramas bajas, esto provoca que el árbol deba ampliar su altura (durante dos años más) para poder cosechar un árbol con fines navideños. De esa cuenta, don Arcadio Figueroa actualmente usa rangos de distanciamientos entre 1.5 a 2 m entre surco y planta.



Figura 12. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 1m x 1m, a una edad de 8 años, Aldea Buena Vista Magdalena, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala.



Figura 13. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 1.5 m * 1.5 m, finca El Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.

Al comparar la longitud desde el suelo hasta el inicio de producción de follaje (ramas bajas) en dos escenarios de densidad (árboles/ha) observados en las figuras 12 y 13, se deduce que: a > densidad de árboles/hectárea > desarrollo del área foliar de las ramas bajas del árbol en respuesta a las podas. Este aspecto pudo comprobarse en la parcela del señor Arcadio Figueroa, que al plantar a distanciamientos de 1 m x 1 m, la cosecha de árboles con fines navideños de 1.8 m de altura tardó 8 años versus la cosecha de árboles con fines navideños de 1.8 m a distanciamientos de 2 m * 2 m que tardó 6 años. Es decir, no se recomienda establecer plantaciones a 1 m x 1 m, debido a que la respuesta del desarrollo del área foliar derivado de las podas realizadas en ramas bajas se ve reducida por el escaso ingreso de luz en plantaciones densas. La experiencia adquirida por el propietario, provocó que tomara la decisión de modificar los distanciamientos de la plantación a rangos que oscilan entre 1.5 a 2 m entre surco y planta, respectivamente.

La experiencia adquirida en la finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala, quienes iniciaron la plantación con un distanciamiento de 3 m x 3 m, aunque posteriormente han introducido otras plantas en los surcos para aprovechar el espacio disponible, a medida que realizan dicha práctica, han logrado obtener distanciamientos de 1.5 m x 1.5 m (producción escalonada)

Aunque es un distanciamiento que ha funcionado, es importante considerar la importancia de disponer de espacio para el manejo de las ramas inferiores para formar nuevos árboles para reducir el tiempo de las posteriores cosechas (ver figura 15); lo cual respalda el distanciamiento de 2 metros * 2 metros. Es decir, si el objetivo es dar un manejo adecuado de rebrotes a los árboles cosechados, el distanciamiento de 2 m x 2 m es adecuado; si el objetivo es sustituir los árboles cosechados por un árbol nuevo, distanciamientos de 1.5 m x 1.5 m han dado muy buenos resultados en distintos escenarios visitados.



Figura 14. Árboles de pinabete plantados a distanciamiento de 3 m * 3 m con manejo de rebrotes, en la finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.

Finalmente se encuentran algunas experiencias con distanciamientos de 3 metros * 3 metros en sistemas agroforestales, a fin de proporcionar espacio y luz al cultivo agrícola y se logren los objetivos del sistema. Como es el caso de don Arturo Pérez, en Las Delicias, Tejutla (San Marcos, Guatemala), en cuyo sistema agroforestal (maíz, frutales y pinabete) los árboles tienen un distanciamiento promedio de 4.4 metros por 4.4 metros, logrando así mantener los rendimientos esperados, en contraste la experiencia de don Oliverio Gonzales en la misma localidad, en cuyo sistema agroforestal (maíz y pinabete) los árboles se encuentran a un distanciamiento de 2 metros * 2 metros, que le ha llevado a tener que reducir a la mitad el distanciamiento del cultivo agrícola (menor distanciamiento favorece plagas y enfermedades) y por consiguiente su producción, para que el sistema logre los objetivos propuestos.

TRAZO: Una manera práctica de realizar el trazo y marcado del ahoyado es elaborando un cuadro de un material liviano (que sea fácil de cargar en el campo) el cual se coloca en un extremo del terreno y con un poco de cal o azadón se marcan las esquinas del mismo indicando los lugares donde se deben de abrir los agujeros, luego un extremo del cuadro se coloca en los lugares marcados y se hace nuevamente las marcas, así sucesivamente hasta terminar el trazado y marcado. El agujero adecuado es de una profundidad de 30 a 40 cm y un ancho de 15 a 25 cm, al cual se le debe hacer un plateo que le va a permitir conservar humedad para la época seca.

Los pasos y cuidados a seguir en el campo durante la plantación son los siguientes:

- Quitar la bolsa de polietileno que contiene la planta, manteniendo el pilón tal y como se encuentra dentro de la bolsa para que las raíces no sufran ningún daño.
- En el agujero se introduce el pilón y se asegura con la misma tierra que se sustrajo cuando se hizo el agujero.
- En lugares donde las heladas son fuertes, es necesario proteger los árboles plantados (durante los dos primeros años de plantados los árboles). La protección se puede hacer del material que esté disponible y más accesible en el lugar.
- La fertilización de los árboles en el campo definitivo debe darse después de un año de establecida la plantación y en el inicio de las lluvias para que los nutrientes puedan penetrar en la raíz del árbol.
- Es necesario realizar una limpieza por año en la plantación (depende del crecimiento de las malezas en el lugar) para eliminar toda la vegetación que compita con la especie plantada.

Plantaciones de enriquecimiento en bosques preexistentes

Con base a Martínez, 2011

El bosque de pinabete como especie endémica, ha sufrido una clara fragmentación debido a factores como el pastoreo de ovinos y asentamientos humanos, lo que ha resultado en una baja variación genética y alto nivel de endogamia.

El método tradicional de reforestación para pinabete, da como resultado porcentajes de prendimiento inferiores al 25%, después del primer año, debido a la ocurrencia de heladas, lo que ocasiona que las plantas mueran por la destrucción de los tejidos de hojas y tallos.

El establecimiento de plantaciones utilizando especies de arbustos asociadas con *A. guatemalensis* ha permitido elevar el porcentaje de prendimiento hasta un 85%; el método implica conocimientos culturales y científicos resultando en un criterio ecológico como herramienta funcional en el proceso de restauración de ecosistemas de altura.

La técnica de la restauración en pinabete

En bosques ubicados entre los 2,900 a 3,500 msnm del departamento de San Marcos, Guatemala, se han registrado 85 especies de “plantas nodriza” que crecen en los alrededores de parches de bosque de pinabete, dichas plantas se encuentran relacionadas directamente al proceso sucesional. Entre las principales “plantas nodriza” se recomiendan:

- Arrayán: *Baccharis vaccinioides* Kunth
- Mozote: *Acaena elongata* L.
- Chicajol: *Stevia policephala* Bertol
- Salvia: *Buddelia megalocephala* Donn. Sm.
- Malacate: *Symphoricarpos mucrophyllus* Kunt
- Lupinus: *Lupinus ehenbergii* Schlecht
- Mora: *Rubus trilobus*
- Múcan: *Holodiscus argentus* (L. f.) Maxim

Dichas plantas se recomiendan ser utilizadas en actividades de restauración ecológica; los estadíos sucesionales determinados pueden utilizarse en la restauración ecológica de áreas con las siguientes condiciones:

- a. En áreas donde no hay arbustos para promover la siembra de plantas arbustivas a partir de estacas, semillas o plantas de vivero.
- b. En los estadíos donde hay arbustos, utilizarlos como planta nodriza y establecer cerca de las mismas, árboles de varias especies.
- c. En los estadíos donde ya existan árboles, enriquecer con plantas de pinabete.

De esta manera, se simula el proceso natural de sucesión ecológica del bosque natural, resultando en una aceleración del mismo evitando limpiar al 100% las áreas de plantación.

Los estadíos sucesionales en el bosque de pinabete

La sucesión ecológica se puede conceptualizar como una secuencia de reemplazamientos de plantas o tipos de vegetación en diferentes comunidades, que representan en el tiempo diferentes ecosistemas cuya composición florística va a ser producto del estado de desarrollo en que se encuentre.

Los estadios identificados por Martínez 2011 los clasificó como: estadio 1: de musgos y algunas hierbas hasta de 1 metro de altura; estadio 2: de hierbas y arbustos; estadio 3: de arbustos y árboles varios; estadio 4: de árboles con codominancia de pinabete y; estadio 5: de pinabete.

Las especies más abundantes por su valor de importancia en casi todos los estadios son: *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides* y *Salvia cinabarina*. En la época de julio-agosto hay un grupo de especies con comportamiento arbustivo que toman un alto valor de importancia, estas son: *Cestrum* spp., *Eupatorium* spp., *Fuchsia splendens*, *Monnina xalapensis*, *Montanoa pteropoda*, *Polystichum speciosissimum*, *Stevia polycephala* y, *Verbesina hypoglauca*.

ESTADIO 1: En el estrato arbustivo en la época de febrero-marzo las especies más sobresalientes en cuanto a valor de importancia son *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Lupinus ehrenbergii*, *Rubus trilobus* y *Symphoricarpos microphyllus*; En la época de julio-agosto son *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Monnina xalapensis*, *Rubus trilobus*, *Salvia cinabarina*, *Salvia gracilis* y *Symphoricarpos microphyllus*. En la época de octubre-noviembre *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Lupinus ehrenbergii* y *Salvia gracilis*.

ESTADIO 2: En el estrato arbustivo en la época de febrero-marzo las especies más sobresalientes en cuanto a valor de importancia son: *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Roldana heterogama*, *Salvia cinnabarina*, *Stevia polycephala*, *Symphoricarpos microphyllus* y *Verbesina apleura*. En la época de julio-agosto *Baccharis vaccinioides*, *Cestrum* sp., *Eupatorium* sp., *Salvia cinnabarina*, *Salvia gracilis* y *Stevia polycephala*. En la época de octubre-noviembre son *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Lupinus ehrenbergii* y *Rubus trilobus*.

ESTADIO 3: En el estrato arbustivo en la época de febrero-marzo las especies más sobresalientes en cuanto a valor de importancia son: *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Eupatorium* sp., *Salvia cinnabarina* y *Salvia gracilis*. En la época de julio-agosto *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Fuchsia splendens*, *Fuchsia striolata*, *Rubus trilobus* y *Salvia gracilis*. En la época de octubre-noviembre *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Lupinus ehrenbergii*, *Rubus trilobus*, *Salvia cinnabarina* y *Salvia gracilis*.

ESTADIO 4: En el estrato arbustivo en la época de febrero-marzo las especies más sobresalientes en cuanto a valor de importancia son: *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Roldana heterogama*, *Salvia cinnabarina*, *Salvia gracilis* y *Stevia polycephala*. En la época de julio-agosto *Acaena elongata*, *Fuchsia splendens*, *Fuchsia striolata*, *Roldana heterogama*, *Salvia gracilis* y *Stevia polycephala*. En la época de octubre-noviembre *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides*, *Salvia cinnabarina* y *Verbesina apleura*.

ESTADIO 5: En el estrato arbustivo en la época de febrero-marzo las especies más sobresalientes en cuanto a valor de importancia son: *Acaena elongata*, *Fuchsia striolata*, *Roldana heterogama*, *Salvia cinnabarina*, *Salvia gracilis* y *Stevia polycephala*. En la época de julio-agosto *Acaena elongata*, *Fuchsia striolata*, *Montanoa pteropoda*, *Polystichum speciosissimum*, *Roldana heterogama*, *Rubus trilobus*, *Salvia cinnabarina* y *Verbesina hypoglauca*. En la época de octubre-noviembre *Acaena elongata*, *Baccharis vaccinioides* y *Salvia cinnabarina*.

De manera general, en los estadíos 1 y 2 no hay presencia de árboles, los estadíos 3 y 4 son los más diversos en cuanto a árboles y las especies con mayores valores de importancia son *Abies guatemalensis*, *Alnus acuminata*, *Neocupressus lusitanica*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis*.

En el estadío 5 se esperaba solo tener pinabete, sin embargo, en uno de los bosques estudiados por Martínez 2011, no se logró tener solo pinabete ya que hay mezclados algunos árboles de pino debido a disturbancias ocurridas en el pasado.

Sistemas agroforestales

Adicional a las iniciativas del establecimiento de sistemas agroforestales descritos en el capítulo "Aptitud forestal-agroforestal", la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) por medio de la consultoría "Sistematizar sistemas agroforestales como prácticas alternativas para la restauración de paisajes forestales en tierras degradadas de municipios de Tacaná, Ixchiguán y San José Ojetenám, San Marcos, Guatemala" los cuáles conforman las áreas prioritarias para la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal. (FAO, 2017)

En el marco de la investigación realizada por la FAO, se ha desarrollado la caracterización de diez sistemas agroforestales identificados (principalmente los asociados de pinabete con cultivos agrícolas y otros arreglos con especies forestales) incluyendo el análisis de variables económicas, sociales y ambientales de los productores o productoras del área de interés. En primera instancia, se determinó la degradación del ecosistema con base a los criterios y parámetros PROBOSQUE, seguidamente se determinó la diversidad de la comunidad vegetal (índice de Simpson), estructura de la vegetación (índice de valor de importancia) y la estructura vertical del SAF (diagrama del perfil); la sostenibilidad económica evaluada en términos de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo (B/C) y el análisis social orientado a la generación de empleos locales.

Ascienden a cuatro sistemas agroforestales (SAF) de ascios con Pinabete caracterizados en durante la investigación, dentro de los cuáles, el SAF establecido por el señor Oswaldo Muñoz, ubicado en Ixchiguán, San Marcos, Guatemala, es el que mayor relación beneficio/costo representa, con un valor de 2.05; el componente agrícola de dicho SAF se conforma por cultivos de maíz *Zea mays*, frijol *Phaseolus vulgaris*, papa *Solanum tuberosum* y ayote *Cucurbita sp*; el componente de cultivos perennes lo conforman especies frutales, entre ellas: durazno *Prunus persica*, manzana *Malus domestica* y ciruela *Prunus domestica*; y el componente forestal está compuesto por la especie pinabete, con una densidad de 1111 árboles/hectárea (distanciamientos de 3 m * 3 m).

Bajo este contexto, el documento incluye practicas locales para el establecimiento y mantenimiento del sistema agroforestal (árboles y cultivos agrícolas) que van desde la identificación y preparación del área, la construcción de estructuras de conservación de suelos, el control de plagas y enfermedades, la fertilización y nutrición, la incorporación de árboles frutales, el manejo silvicultural de los árboles, hasta la cosecha de los cultivos agrícolas y el aprovechamiento de árboles navideños y otros subproductos como una alternativa viable dentro del sistema agroforestal de Pinabete. Además, incluye una propuesta de programación anual de actividades agrícolas y forestales, considerando que, para lograr el objetivo final del proceso, es decir, la restauración del paisaje forestal, han requerido alrededor de 33 años en el área, una línea de tiempo importante documentada.

7. Silvicultura de plantaciones

Protección contra heladas

Basado en INAB 2005, e INAB (sistematización de experiencias 2018).

En algunas zonas del país donde se distribuye y planta pinabete, se registran eventos de heladas, las cuales dañan al árbol cuando este es pequeño, en los primeros años de vida; a medida que el árbol crece, genera resistencia, es por ello que una de las primeras actividades es la protección contra las heladas. Una de las recomendaciones para reducir problemas con este fenómeno es plantar los árboles con una altura entre 40 y 70 cm proveniente de viveros; sin embargo, aun así, es necesario proporcionar protección al árbol al menos el primer año de establecida la planta en campo definitivo.



Figura 15. Proceso de protección del árbol contra heladas: (1) disponibilidad de ramas delgadas de árboles o arbustos; (2) Forma en que se inicia a colocar las ramillas; (3) Panorama desde el interior hacia el exterior de la forma correcta de cubrir el árbol y; (4) Panorama desde el exterior de la forma correcta de cubrir el árbol.

Una experiencia interesante donde se realiza esta actividad es la finca El Espinero, en Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala, donde disponen y emplean ramas de ciprés para cubrir los árboles. Para el efecto, se cortan ramas delgadas de ciprés a las que se les hace una punta en la base con machete (en forma de estaca) y se insertan alrededor de árbol, buscando que en el ápice se incline ligeramente sobre el pinabete, la colocación de varias ramas alrededor proporciona finalmente una cobertura efectiva durante la temporada de heladas (entre diciembre y febrero).

Control de malezas

Las limpiezas deben realizarse al inicio de la época lluviosa, eliminando principalmente las especies herbáceas que se encuentran en competencia directa con la planta, preferiblemente realizar un plateo, manteniendo la cobertura de los arbustos que sirven de protección para las heladas y de sombra en la época calurosa, esta protección debe mantenerse por lo menos durante los primeros 3 años.

El pinabete necesita sombra protectora por lo menos durante los primeros 3 años de su establecimiento en campo, por lo que si el terreno cuenta con cobertura arbustiva (un buen ejemplo de cobertura de protección pueden ser arbustos como arrayán, mozote, salvia, entre otras plantas nodrizas) se recomienda no limpiarlo completamente y asegurar que existan arbustos que sirvan de protección contra heladas en la época fría y de sombra en los meses calurosos del año. La cobertura debe permitir el ingreso de luz y aire que permita un crecimiento adecuado de la plantación y reduzcan los riesgos por la presencia de hongos y otros patógenos.

Podas

Basado en INAB 2005, INAB (sistematización de experiencias 2018).

Existen cuatro características que determinan las preferencias de los consumidores con respecto a la compra de pinabete como árbol navideño, estas son: el olor, el color, la forma y el tamaño. El árbol de pinabete cuenta con olor y color excelente, pero en lo que respecta a la forma y el tamaño, son factores que dependen de las acciones de manejo oportunas realizadas por los propietarios de plantaciones, a través de podas de formación. Las podas determinan la calidad de producción y la estética que se demanda de un árbol con fines navideños, pues con los conocimientos adecuados aun realizando las podas de forma manual, se puede lograr frondosidad de ramas, un tamaño óptimo (ideal) y la forma piramidal del árbol.

Poda de formación

El objetivo general de las podas de formación es que en la cosecha final obtengamos árboles densos, cónicos y comerciables que van a satisfacer las demandas de los consumidores. Con las podas se logra cumplir con los siguientes aspectos:

1. Desarrollo de sólo un tallo dominante (líder).
2. Establecer una copa compacta.
3. Formar una copa simétrica y equilibrada.

ÉPOCA PARA PODAR: es mejor realizarla durante la estación de dormancia¹⁷, de preferencia en la época seca y cuando ya no existan heladas, principalmente en los meses comprendidos de febrero a abril, esto para favorecer la cicatrización de las heridas y para evitar ataques por hongos o plagas que pueden afectar las podas, llegando en casos extremos a provocar la muerte del árbol.

En esta época es difícil que la corteza experimente golpes o heridas, el cambium está activo, y por lo tanto la corteza no se desprende con facilidad, y en la próxima estación facilitará la cicatrización. Si la poda se hace solamente en ramas muertas, puede realizarse en cualquier época del año, ya que no se produce lesión en los tejidos. Se evitará la poda verde (ramas vivas), durante la estación de crecimiento, que generalmente se da en nuestro medio al inicio de las lluvias.

EFFECTO DE LA PODA: Disminuye distancia entre nudos, tanto en las ramas laterales como en la rama líder, lo que da como resultado árboles con un follaje abundante. Cuando el pinabete tiene espacio para su desarrollo, como en el bosque natural, su tasa de crecimiento es alta, por eso las distancias entre las canastas son largas y las ramas laterales se extienden demasiado, perdiendo la forma deseada para árboles de navidad. A través de las podas de formación podemos obtener en menor tiempo tasas de crecimiento semejantes al bosque natural, una distribución uniforme del follaje y dar una forma cónica al árbol.

El pinabete se caracteriza por tener brotes laterales a lo largo de las ramitas y un racimo terminal de brote. Cuando se poda, la yema o el brote lateral más cercano a la superficie del corte asume un dominio y la nueva rama lateral o terminal desarrolla desde este lugar, reduciendo así la distancia internodal y aumentando la cantidad de follaje en las ramas y en los espacios internodales. Las podas de formación deben de iniciarse con la poda del líder o apical (tallo dominante), luego se realiza la poda lateral.

Poda del líder o apical:

- Paso 1. Medir entre 20 y 30 cm, a partir de la última canasta de crecimiento para realizar el corte.
- Paso 2. En la poda apical se debe utilizar tijera de mano para tener un mejor control del corte a realizar.
- Paso 3. El corte debe hacerse 3 cm arriba de la última yema, hacia abajo con una inclinación de 45 a 60°.
- Paso 4. Si existen yemas a una distancia de 6 a 8 cm de donde se realizó el corte, deben eliminarse para evitar que estas yemas se conviertan en líderes para el siguiente año, el corte debe hacerse con cuchillo a ras del inicio de la yema, no muy profundo porque se puede tener problema con ataque de hongos.

¹⁷ Periodo en el ciclo biológico de un organismo en el que el crecimiento, desarrollo y actividad física se suspenden temporalmente

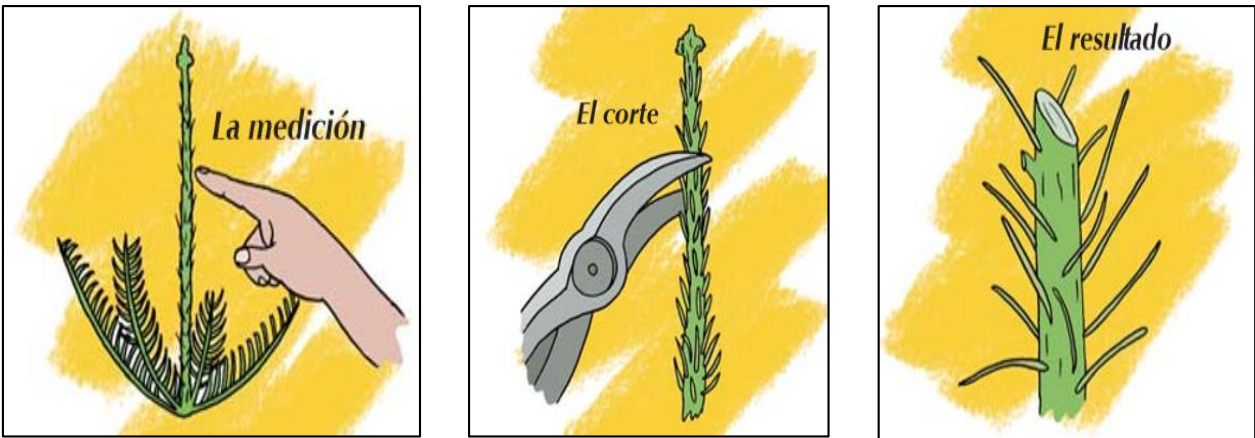


Figura 16. Forma de realizar la corta del líder o poda apical en pinabete (Fuente: manual de pinabete, INAB 2005).

Poda Lateral

- Paso 1. Visualizar la forma que deseamos del árbol en el futuro. Un método sencillo de hacerlo es imaginando una línea sobre la copa del árbol. Esta línea representa el perfil deseado, siempre guardando la relación: ancho de copa-altura del árbol (2 de ancho por 3 de altura).
- Paso 2. La primera poda lateral que se realiza es de las ramas de la canasta más cercana al líder, guardando la relación: ancho de la canasta con la altura del líder, de tal manera que imaginariamente formemos un cono pequeño en la punta del árbol.
- Paso 3. Cuando se ha realizado la primera poda lateral y la canasta forma un cono con el líder, debemos extender imaginariamente los lados del cono hasta la primera canasta, eliminando todas las ramas que quedan fuera de la línea imaginaria.
- Paso 4. En la poda lateral que se hace a la canasta más cercana al líder se debe utilizar tijera de mano o tijera de jardinero, teniendo cuidado al momento de realizarla ya que este corte es el más importante, porque el resto de la poda va extenderse siguiendo la línea imaginaria que inicia en esta canasta.
- Paso 5. Para podar las ramas de las otras canastas puede usarse tijera de jardinero o machete.

En la figura 18 se puede observar la diferencia del desarrollo del área foliar (generación de brotes laterales en las ramas y reducción de espacio entre nudos) en árboles de Pinabete por efecto de podas versus árboles de pinabete en condiciones naturales sin ninguna intervención de manejo de podas, donde es común que los árboles en condiciones naturales tienden a presentar un mayor espacio entre verticilos o entre nudos; este aspecto realza la importancia de llevar a cabo la actividad de podas en plantaciones de producción de árboles con fines navideños.



Figura 17. Árbol de pinabete sujeto a podas de formación, característico de plantaciones forestales (izquierda) y árbol de pinabete sin aplicación de poda de formación, típico de bosques naturales (derecho, fotografía tomada por: Ing. Sergio Osorio, Encargado de Pinabete del INAB).

Poda basal o de mango

- Paso 1. Debe realizarse cuando la planta tenga 1 metro de altura total, limpiando un total de 10 centímetros del tocón por cada metro de altura del producto final deseado.
- Paso 2. La poda basal se puede realizar con tijeras de mano o tijeras de jardinero.
- Paso 3. Al realizar el corte de la poda basal debe hacerse lo más cerca posible al fuste, teniendo el cuidado de no dañar al tronco porque hay riesgo de ataque por hongos.
- Paso 4. No hay que dejar troncos de ramas demasiado grandes en el fuste porque dan mal aspecto.
- Paso 5. La primera canasta de crecimiento a dejar, después de la poda basal, debe estar bien formada.

Manejo de tocones

Esta técnica permite obtener árboles de pinabete con fines navideños en un tiempo más corto que el obtener árboles desde el vivero, ya que el sistema radicular del tocón se encuentra establecido y se ha adaptado al lugar donde se encuentra. Para lograrlo hay que seguir los pasos siguientes:

- Paso 1. Desde que se realizan las primeras podas en los árboles que se van a aprovechar en la primera cosecha de la plantación inicial, debe considerarse la idea de producir árboles provenientes de tocones, por lo que hay que dejar entre 2 y 4 ramas de una canasta de crecimiento para que después del aprovechamiento se pueda seleccionar la mejor y se maneje con fines navideños; para ello hay que tomar en cuenta algunas consideraciones como su: forma, crecimiento, sanidad, y otros aspectos deseables.
- Paso 2. De donde se encuentra la rama que ha sido seleccionada para dejar como nodriza hasta la primera canasta de crecimiento, se debe dejar un espacio mínimo de 40 centímetros, esto para evitar que la rama que se va a manejar con fines navideños ocasione daños o que influya en el crecimiento del árbol de la primera cosecha. Este espacio incluye el mango de agarre y el tamaño final del mismo va a depender de la altura final del árbol deseado (como se mencionó en el apartado de poda basal). En este caso el mango de agarre se debe medir de la primera canasta hacia abajo.
- Paso 3. Los mismos pasos se deben seguir para los demás aprovechamientos de ramas en el futuro. Se recomienda aprovechar el árbol original y un máximo de 3 árboles provenientes del manejo de ramas; y luego hay que volver a plantar de nuevo.

A continuación, en la figura 18 se presenta un árbol que es manejado a partir de manejo de ramas basales, para que sustituyan al eje principal cuando este sea aprovechado; se logra observar que es más de una rama a la que se le brinda manejo, con el objetivo de tener la oportunidad de seleccionar la o las ramas más vigorosas y con mejores características para árbol de navidad. La selección definitiva de la rama o ramas que queden se realiza cuando están logren en promedio un metro de altura, momento en que inicia a proporcionársele podas de formación.



Figura 18. Tercera generación de árboles navideños provenientes del manejo del tocones (izquierda) y fotografía de la condición de los rebotes después del aprovechamiento del árbol principal (derecha), en finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.

Primera poda

Se recomienda que la primera poda se realice cuando el árbol llega a 1 metro de altura, que, dependiendo la calidad del sitio y condiciones desde el vivero, puede ser entre el tercer y cuarto año de edad de la planta. Puede realizarse a principios de año (época seca), realizando una poda apical y lateral, realizando la poda basal a finales de año para aprovechar las ramas eliminadas para la elaboración de coronas o guirnaldas, pudiendo además mejorar la estética, principalmente a aquellos árboles próximos a la venta.

Segunda Poda

Se selecciona el número final de árboles a podar, habiendo definido cuál es el diámetro del núcleo deseado, atendiendo con atención los diámetros de los árboles en el primer desrame; posteriormente, se construye una forcípula fija con trozos de estos diámetros y se aplica a los diámetros seleccionados en la altura correspondiente a la primera poda y si la mitad de estos árboles pasan del diámetro establecido, será efectuado el segundo desrame de los árboles seleccionados con remoción de dos verticilos inferiores de las ramas vivas. En esta segunda poda deberá ponerse especial atención a las ramas a manejar para sustituir al próximo a la cosecha.

Tercera poda y subsecuente

De la misma manera la marcación de la fecha y la técnica anterior se realiza a esta tercera poniendo la forcípula en una vara para alcanzar los límites más elevados del desrame. Este esquema varía de árbol a árbol con el largo de poda, bien como el número de operaciones necesarias para alcanzar la altura final deseada. Lo que se pretende es obtener un núcleo con nudos de menor diámetro posible, obviamente cuando menos en este diámetro, menor será el ciclo de la desrama y más numerosos y cortos los espacios individuales. Se recomienda realizar una poda al año a partir de la tercera poda.

Poda de sanidad

Se realiza para eliminar aquellas ramas que estén: secas, dañadas, enfermas, quebradas, etc. y que son un riesgo a la sanidad y calidad del árbol. Esta poda debe de hacerse inmediatamente en aquellas ramas que estén enfermas. Las ramas secas y muertas se pueden eliminar también en cualquier mes.

Cuando sean ramas enfermas las que se eliminen, debe tenerse el cuidado de desinfectar la herramienta utilizada en el corte de la rama para no transmitir la enfermedad al resto de la plantación. La desinfección de la herramienta puede hacerse (entre otros) con peróxido de hidrógeno, hipoclorito sódico e hidróxido sódico; para la poda de sanidad deben seguirse los pasos:

- a. Examinar mensualmente toda la plantación, buscando e identificando los árboles que tengan ramas muertas, enfermas, quebradas, etc.
- b. Eliminar las ramas malas, usando tijeras o sierra de mano, dependiendo del grosor de la rama.
- c. Las ramas más pequeñas se cortan con tijeras de mano. Pero, cuando la rama tiene más de 3 cm de diámetro, el corte debe hacerse por el método de tres cortes. Este método se aplica utilizando sierra de mano, siguiendo los siguientes pasos:

(1) El primer corte debe hacerse a 30 cm de la base de la rama, empezando por abajo, llegando a la mitad del diámetro de la rama; (2) el segundo corte se realiza a 3 cm después del primer corte (buscando la punta de la rama), el corte se hace para abajo. La rama va a quebrar por su peso entre estos dos cortes y; (3) el tercer corte se realiza al ras del fuste, teniendo de realizarlo en la época correcta y sin dañar el fuste principal del árbol

- d. Cuando sean ramas enfermas las que se eliminen, debe tenerse el cuidado de desinfectar la herramienta utilizada en el corte de la rama para no transmitir la enfermedad al resto de la plantación. La desinfección de la herramienta puede hacerse con gas o alcohol.

Aprovechamiento final

Basado en FAO (2017), INAB (sistematización de experiencias, 2018).

Las podas de menor intensidad pueden realizarse en la época de fin de año, en los meses de noviembre y diciembre, con el objetivo de aprovechar las ramas de pinabete en la elaboración de subproductos como coronas y guirnaldas; el precio promedio de estas es de 75 a 100 Quetzales, según el tamaño de las mismas.

Derivado de las entrevistas realizadas, en cinco escenarios visitados durante el año 2018, los productores indican que en promedio, para la producción de árboles con fines navideños (árboles de 1.83 metros [6 pies] y de 2.43 metros [8 pies]), el tiempo de cosecha oscila entre 6 a 8 años después de la instalación de la planta en campo; el tiempo de cosecha se ve afectado por la calidad de sitio del área de producción y por el adecuado manejo de podas, esta condición ha permitido el registro de cosecha de árboles con fines navideños en rangos más amplios, que oscilan entre 6 a 12 años de haber realizado el establecimiento en campo.



Figura 19. Árboles de Pinabete seleccionados para la cosecha, alturas de 1.83 a 2.43 m, Finca El Espinero, Tecpán Guatemala, Chimaltenango, Guatemala.

8. Manejo de plagas y enfermedades

De acuerdo con el manual de campo para el manejo sanitario de plantaciones de árboles navideños de pinabete (INAB, 2018), en algunos casos las plantaciones se establecen en sitios (clima, suelo, exposición, etc.) distintos o fuera de su distribución natural, además, son sujetas a una serie de actividades de manejo para su establecimiento en plantaciones puras o sistemas agroforestales que inician en terrenos limpios, sin arbustos de protección y competencia, seguido de podas de formación que alteran su patrón de crecimiento, que en conjunto, han favorecido la aparición de problemas sanitarios que representan riesgos para la consecución de la producción.

Tabla 3. Principales agentes dañinos en plantaciones de pinabete reportados en Guatemala.

Nombre común del agente dañino	Nombre científico del agente dañino	Tipo de agente dañino	Estructura afectada	Ataques / peligrosidad	Más información en...
Tizón interno de la hoja del pinabete	<i>Alternaria spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i> , y <i>Pestalotia spp.</i>	Complejo de hongos	Hojas internas de la copa	Se observa comúnmente después de la poda apical de formación, puede causar defoliación y en casos extremos provocar la muerte.	INAB (2018)
Pudrición de la raíz del pinabete	<i>Phytophthora sp.</i>	Hongo	Raíz	Pudrición severa en raíces, que ocasiona retardo del crecimiento y en casos severos la muerte de los árboles.	INAB (2018)
Podredumbre blanca del pinabete	<i>Armillaria sp.</i>	Hongo	Follaje	Muerte regresiva del árbol	INAB (2018)
Fumagina del pinabete	<i>Capnodium sp.</i>	Hongo	Follaje	Clorosis que ocasiona reducción de la vigorosidad y calidad estética de las ramas y árboles navideños	INAB (2018)
Alga verde	No identificado	Patógeno	Follaje	Defoliación significativa que provoca debilitamiento general de la planta y afectan su calidad	INAB (2018)
Pulgón del pinabete	<i>Mindarus guatemalensis</i>	Áfido	Follaje	Enrollamiento de las hojas de los nuevos brotes y precursor de Fumagina	INAB (2018)
Pulgón de la raíz del pinabete	<i>Prociphiius sp.</i>	Áfido	Raíz	Muerte descendente desde el brote principal, hacia el resto de la copa, en pocas semanas el árbol muere.	INAB (2018)

Gallina ciega	<i>Phyllophaga spp.</i>	Larva de Insecto	Raíz	Abatimiento (acame) de árboles de pinabete, provocando incluso la muerte durante los primeros 3 años de haber establecido la planta.	INAB (2018)
Taltuza	<i>Orthogeomys spp.</i>	Roedor	Raíz	Abatimiento (acame) de árboles de pinabete, provocando incluso la muerte de los árboles en campo.	INAB (2018)

Fuente: Elaborado con base al manual de campo para el manejo sanitario de plantaciones de árboles navideños de pinabete (INAB, 2018).

Plagas y enfermedades en plantaciones

Basado en INAB 2018 (manual de campo para el manejo sanitario de plantaciones de árboles navideños de pinabete)

Tizón interno de la hoja del pinabete

El tizón interno de la hoja de pinabete es ocasionado por un complejo de hongos como *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, y *Pestalotia spp.*, que se desarrollan sobre las hojas de las partes internas de la copa, comúnmente después de la poda de formación, cuando la copa se cierra y se reduce la aireación e ingreso de luz, aumentando la humedad que finalmente favorece el apareamiento de estos hongos.

SÍNTOMAS: decoloración de las hojas internas del pinabete.

DAÑOS: muerte y posterior defoliación de las hojas internas del pinabete, en casos extremos se extiende en toda la copa ocasionando defoliación severa y debilitamiento que reduce el crecimiento del árbol que puede inclusive provocar su muerte. Esta defoliación afecta considerablemente la presentación y atractivo de los árboles navideños.

PRÁCTICAS CULTURALES: Evitar el estrés (hídrico) por sequía o por exceso de humedad (principalmente inundaciones) que favorecen el apareamiento del hongo, factores que deben considerarse desde la selección del sitio para reducir complicaciones posteriores.

Cuando las sequías sean extremas se debe manejar la humedad mediante riego, por el contrario, cuando existan problemas de inundación se deben elaborar canales para favorecer el drenaje.

Si se están realizando podas de formación o podas sanitarias, es importante desinfectar las herramientas con una mezcla de agua con cloro o agua con detergente, a razón de una taza de cloro o detergente por un galón de agua.

CONTROL QUÍMICO: se recomienda aplicar un fungicida sistémico o de contacto, puede ser una buena opción captán o clorotalonil, con una frecuencia de quince días entre cada aplicación, hasta que desaparezca el daño.

Pudrición de la raíz del pinabete

La pudrición de la raíz del pinabete es ocasionada por un hongo del género *Phytophthora*, el cual se desarrolla principalmente en terrenos con mal drenaje (inundables) o con textura muy pesada (arcillosos). Muchas veces este hongo se desarrolla desde la fase de vivero y cuando no se tienen los cuidados necesarios se traslada al campo definitivo. *Phytophthora* generalmente se desarrolla sobre las raíces de pinabete, aunque a veces puede encontrarse en tallos.

SÍNTOMAS: se manifiesta como una decoloración de las hojas de verde a amarillo-marrón, concluyendo con la muerte total de ramas focalizadas principalmente en la base del árbol.

DAÑOS: pudriciones severas en las raíces del pinabete, provoca como consecuencia retardo en el crecimiento y en casos severos puede provocar la muerte de los árboles.

PRÁCTICAS CULTURALES. Es común que la infección de *Phytophthora* provenga desde el vivero, por lo cual se debe tener cuidado de no trasladar plantas enfermas al campo definitivo.

Cuando los brotes son focalizados, se deben arrancar las plantas y quemarlas fuera de la plantación, aplicando cal al suelo y resembrando en la próxima temporada; se debe ser cuidadoso de retirar todos los restos de las plantas enfermas, ya que las esporas del hongo pueden quedarse por más de un año y desplazarse con la lluvia reiniciando la infección.

Podredumbre blanca del pinabete

Esta enfermedad es causada por el hongo *Armillaria sp.*, y se ha encontrado provocando la muerte a árboles aislados dentro de las plantaciones, frecuentemente aparece en aquellos terrenos que no han sido bien preparados y en los que se encuentran tocones viejos que se constituyen en los focos primarios de la infección.

SÍNTOMAS: Se caracteriza por la presencia de hojas amarillentas (cloróticas) que se transforma en una muerte regresiva del árbol, al realizar un corte transversal del árbol en la base o las raíces, se encuentran cánceres o masas blanquecinas dentro de los tejidos de conducción.

DAÑOS: provoca la muerte en árboles pequeños, que puede darse en poco tiempo, mientras que en árboles de mayor tamaño puede tardar algunos meses. La infección ocurre por el contacto de las raíces de los tocones muertos con las raíces de los nuevos árboles, el hongo afecta los tejidos de conducción (xilema y floema) provocando la estrangulación del árbol cortando los suministros de nutrientes y de agua.

PRÁCTICAS CULTURALES: Previo a establecer la plantación de pinabete es importante eliminar los troncos o restos de árboles que puedan convertirse en focos de infecciones futuras.

Cuando aparece afectando árboles de pinabete, es importante la remoción inmediata del árbol incluyendo las raíces más gruesas y la aplicación de cal para "curar" el suelo. En caso el apareamiento sea en un pequeño brote, además de remover los árboles, es importante realizar una zanja de por lo menos 30 cm de profundidad, alrededor del brote para cortar las raíces, con la posterior aplicación de cal para la desinfección del suelo.

Fumagina del pinabete

La Fumagina del pinabete es ocasionada por el hongo *Capnodium sp.* Por lo general, después del ataque del pulgón del pinabete *Mirtidarus sp.*, se caracteriza por el apareamiento de una costra o manto oscuro que se desarrolla sobre las mielecillas producidas por el ataque del pulgón, alimentándose de los carbohidratos que ésta contiene. Las esporas de este hongo son llevadas por el viento y se depositan sobre las mielecillas y permanecen incluso por más tiempo que los pulgones.

DAÑOS: la costra negruzca reduce la capacidad fotosintética del árbol provocando clorosis y reduciendo la vigorosidad de este y, por otro lado, reduce la calidad estética de las ramas y árboles navideños, reduciendo su valor en el mercado.

PRÁCTICAS CULTURALES: Se logra disminuir el apareamiento de fumagina controlando el ataque del pulgón del pinabete (chupadores de sabia). Con fines estéticos, en los casos en los que sea posible, lavar el follaje con agua a presión puede ser una buena opción de manejo.

Alga verde

Esta enfermedad es causada por una alga que aún no ha sido identificada, se encuentra afectando en forma significativa muchas plantaciones y generalmente aparece cuando los niveles de humedad son elevados, es común que inicie en el centro (próximo al eje) y que avance en forma progresiva hacia afuera, lo que supone que la humedad y la sombra favorecen el apareamiento de esta alga. El daño puede observarse en forma generalizada dentro de toda la plantación, pero es más significativo en aquellos lugares con sombra abundante.

DAÑOS: El daño inicia en la parte interior de la copa y se extiende hacia afuera, el alga cubre la superficie de las hojas reduciendo la capacidad fotosintética de la planta, conforme el daño avanza, las hojas mueren y caen, provocando una defoliación significativa que además de provocar un debilitamiento general de la planta y afectan su calidad, haciéndola poco atractiva para el mercado de árboles navideños.

PRÁCTICAS CULTURALES: Es importante que se maneje la sombra de la plantación en una forma adecuada para prevenir el ataque del alga, también es importante no plantar en sitios en donde el agua permanece anegada por varios días, ya que esto favorece el apareamiento de este y otros patógenos.

CONTROL QUÍMICO: puede aplicar un fungicida a base de cobre, por ejemplo, caldo bordelés¹⁸, lo cual ha dado buenos resultados en varios sitios tales como la finca El Espinero.

Pulgón del pinabete

Esta es una de las plagas más importante en las plantaciones de pinabete. El pulgón del pinabete es el áfido *Mirtidarus guatemalensis* que se alimenta de la savia las hojas en desarrollo provocando que se enrollen y distorsionen su forma.

¹⁸ Es una solución, cuyos ingredientes son sulfato de cobre, cal hidratada y agua, que actúa como fungicida y acaricida. Su elaboración puede consultarse en: https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_05.pdf

Los huevos son muy pequeños, de color negro y muy difícil de ver a simple vista, generalmente eclosionan entre abril y mayo, las ninfas son de color blanco amarillento, cubiertas con una especie de lana y cera blanquecina, maduran rápidamente alimentándose de las hojas nuevas, "hojas tiernas". A finales de junio hasta mediados de julio aparecen pulgones alados que colocan huevos en la base de las hojas nuevas para iniciar futuros ataques. Se ha observado que lluvias fuertes disminuyen la población de pulgones, también existen enemigos naturales como las mariquitas y las crisopas que se alimentan de estos pulgones.

SINTOMAS: Es típico del ataque el "enrollamiento" principalmente de los brotes nuevos de las ramas, ocasionado por la alimentación de las colonias de ninfas de los pulgones, además del apareamiento de fumagina sobre los excesos de mielecillas donde se produce una costra negruzca, como se describió anteriormente.



Figura 20. Daños ocasionados por pulgón del pinabete "enrollamiento", en El Edén, Palestina De Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala.

DAÑOS: Tanto el enrollamiento de las hojas de los nuevos brotes como la coloración negruzca hacen que los árboles atacados por el pulgón no sean atractivos para el mercado de árboles navideños, reduciendo considerablemente su valor y provocando pérdidas económicas significativas.

PRÁCTICAS CULTURALES: Para realizar un buen manejo de esta plaga, se debe iniciar con el monitoreo del pulgón, poco antes del inicio de la temporada lluviosa se seleccionan árboles al azar (pueden ser 10 o 15 por hectárea, de preferencia con brotes nuevos), se golpean las ramas externas de la copa sobre un paño negro colocado en un bastidor de tejer de tamaño mediano, si se encuentran por lo menos 2 pulgones por árbol, es necesario implementar un tratamiento preventivo a través de la aplicación de un insecticida sistémico.

Cuando las colonias de pulgones están bien establecidas, el manejo se hace más complicado y se han utilizado distintos métodos que van desde la aplicación de insecticidas caseros, agua con jabón, hasta la aplicación de insecticidas de contacto que no es una buena opción, ya que disminuye la presencia de enemigos naturales como las mariquitas y crisopas. Es importante resaltar que cuando las colonias de pulgones están bien establecidas no se debe aplicar fertilizante rico en nitrógeno, ya que esto favorece el crecimiento de la colonia.

CONTROL QUÍMICO: Aunque existe poca información sistematizada, algunas experiencias de productores de árboles navideños de San Marcos, Guatemala, señalan haber tenido buenos resultados las aplicaciones de GUSAFIN®, cuyo ingrediente activo es cipermetrina; también ha sido efectivo aplicaciones de Cipermetrina, realizando aplicaciones al menos 3 veces al año. También a productores de Huehuetenango, Guatemala, han dado buenos resultados el uso de insecticidas como MONARCA y el uso de KARATE ZEON ha significado una buena alternativa, este último se encuentra en el mismo orden de los piretroides que Gusafin y Cipermetrina.

Entre las experiencias compartidas, también se indicaron buenos resultados para el control químico de esta plaga, el uso del insecticida KARATE ZEON, que además es utilizado para efectos de prevención, cuando es aplicado desde el vivero. No está demás agregar que deben atenderse las indicaciones técnicas para el uso y dosificación de los productos químicos.

Pulgón de la raíz del pinabete

Aunque el pulgón de la raíz del pinabete *Prociphilus spp.*, no ha sido muy común, debe ponerse mucha atención debido a que ocasiona la muerte de los árboles. Los pulgones succionan la savia de la raíz y a la vez pueden infectarla con otros patógenos que se encuentran en su saliva; viven en colonias adheridas a las raíces y los adultos alados emergen del suelo para iniciar nuevas colonias en otros árboles. En Guatemala se conoce poco de esta plaga, aunque en otros países se reporta como un daño importante en la producción de abetos con fines de árboles navideños.

SÍNTOMAS: El árbol empieza a sufrir una muerte descendente desde el brote principal, generalizándose hacia el resto de la copa que cambia de color tornándose amarillenta-marrón, en pocas semanas el árbol muere.

DAÑOS: El daño inicia como una muerte descendente que en corto tiempo se generaliza en todo el árbol y en árboles cercanos.

PRÁCTICAS CULTURALES: Existe poca experiencia con el manejo de esta plaga, pero se ha probado que los insecticidas sistémicos aplicados al suelo han dado buenos resultados, la aplicación de solución a base de tabaco puede ser también una buena alternativa.

Gallina ciega

Las larvas de la gallina ciega *Phyllophaga spp.*, son bien conocidas en el campo, tienen forma de "C" y pueden llegar a medir una pulgada o más, son blanquecinas con cabeza y patas color marrón, se alimentan de las raíces de hierbas, pero cuando es escasa, lo hacen de otras plantas, incluyendo al Pinabete.

En mayo o junio los adultos (ronrones de mayo) emergen del suelo y se alimentan de hojas anchas, regresando a colocar los huevos en el suelo. Cuando las larvas eclosionan, cavan más profundo para alimentarse de las raíces, las plantas más débiles son las que mueren primero.

DAÑOS: Es un problema fuerte en plantaciones recién establecidas, principalmente en los primeros 3 años, en casos extremos ha sido necesario resembrar una buena cantidad de árboles, el ataque es más común donde el uso anterior fueron cultivos agrícolas.

PRÁCTICAS CULTURALES. Antes de establecer la plantación es importante monitorear la presencia de la plaga, para ello se debe realizar una zanja de 3 metros de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad, si encuentra al menos una larva es un indicador que necesita aplicar un tratamiento preventivo a las raíces, lo cual se hace sumergiendo las plantas en una solución de un insecticida preventivo previo al traslado al campo. Si después de establecida la plantación encuentra plantas afectadas, debe aplicar al suelo un insecticida granulado, también es importante la aplicación de un fertilizante con altos contenidos de potasio y fósforo y bajo contenido de nitrógeno para estimular el crecimiento de las raíces de las plantas afectadas.

Taltuzas

Las taltuzas *Orthogeomys spp.*, son roedores que habitan en túneles paralelos a la superficie de la tierra. Tienen un cuerpo robusto y encorvado, adaptado para desplazarse en un ambiente subterráneo, alcanza un tamaño de 4 a 10 pulgadas.

SÍNTOMAS: se identifican túneles bajo tierra dentro de la plantación y el abatimiento de árboles de pinabete (acame).

DAÑOS: la taltuza puede ocasionar la muerte de los árboles principalmente en los primeros años de crecimiento.

PRÁCTICAS CULTURALES: Existen varios tipos de control, los cebos a base de maíz o papa (alimento preferido por la taltuza) mezclándolos con productos tóxicos han sido una buena opción. Otros métodos utilizados son, el uso de trampas artesanales con material que se consigue en el campo o trampas de metal que se usan interceptando los túneles. Por último, también está la utilización de diferentes artefactos que se colocan en los túneles y con el viento producen ruido, lo que hace que estas se ahuyenten debido a que su aparato auditivo es muy sensible.

9. Manejo de bosques naturales

Basado en Pivaral 2008.

En Guatemala existen tres niveles de protección de los ecosistemas de pinabete. El más estable es el que se da dentro de áreas protegidas de gran tamaño, con fondos para la protección y con relativamente pocas presiones; el único ejemplo de este nivel es el bosque mixto de pinabete de la Sierra de las Minas, que se encuentra dentro de la zona núcleo de la reserva de la biósfera. Este es el que tiene mayores garantías de perdurar en el futuro.

El segundo nivel, es el que tienen los bosques manejados de forma comunitaria, independientemente de su régimen de propiedad. Aquí se encuentran los bosques de las parcialidades de Totonicapán, Todos Santos Cuchumatán en Huehuetenango y Cotzic en Ixchiguán. En ellos las normas internas de uso son respetadas, sin embargo, las garantías de protección pueden ser inestables debido a que tienen la amenaza latente de la parcelación, lo que daría origen al cambio de uso de la tierra, por conflictos internos o la ruptura del equilibrio del derecho consuetudinario.

El tercer nivel y menos estable de protección es el que tienen otros bosques de pinabete, incluidos también en áreas protegidas, pero en donde las presiones sobre el ecosistema son todavía muy altas, como el caso de los bosques de Totonicapán.

Estrategia Nacional para la Conservación del Pinabete 2019 – 2028

Basado en: CONAP, 2019

La estrategia nacional para la conservación del Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder 2019–2028; es una herramienta de política pública cuyas líneas de acción contribuyen a alcanzar la protección, conservación, restauración y producción de Pinabete; el marco estratégico está conformada por líneas estratégicas (sustantivas y transversales), objetivos, actividades estratégicas y planes de acción con actividades operativas.

(1) LÍNEA ESTRATÉGICA SUSTANTIVA: COORDINACIÓN E INCIDENCIA INTER-INSTITUCIONAL: Su objetivo estratégico consiste en coordinar y gestionar mecanismos y recursos para dar operatividad a la implementación de la estrategia.

(2) LÍNEA ESTRATÉGICA SUSTANTIVA: PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES DE PINABETE: su objetivo estratégico consiste en proteger, conservar y restaurar las áreas naturales de pinabete; la línea estratégica está enfocada a garantizar la provisión de los bienes y servicios eco sistémicos que las áreas de pinabete le proveen a la humanidad. Algunas de las actividades planificadas son:

- Recuperar por medio de la restauración, las áreas degradadas donde se distribuye naturalmente el Pinabete.
- Promover la conservación y el uso sostenible del germoplasma de la especie en las áreas naturales.
- Fortalecer la administración de las áreas con presencia de pinabete que se encuentran dentro del SIGAP.

(3) LÍNEA ESTRATÉGICA SUSTANTIVA: FORTALECIMIENTO DEL USO SOSTENIBLE DE LA ESPECIE: El objetivo estratégico consiste en fortalecer los eslabones de la cadena productiva del pinabete, a fin de garantizar que el mercado será abastecido con productos y subproductos obtenidos de forma lícita y sostenible; algunas de las actividades a implementar para el alcance de la línea estratégica son:

- Elaborar y actualizar instrumentos y herramientas de carácter técnico y legal que fortalezcan y diversifiquen la producción de la especie sin poner en riesgo su conservación.
- Desarrollar mecanismos que privilegien la producción y consumo nacional lícito con fines de conservación de la especie.
- Desarrollar actividades orientadas al cumplimiento de las regulaciones internacionales para la comercialización de productos provenientes de plantaciones de Pinabete.
- Promover el intercambio y la comercialización en los diferentes eslabones de la cadena productiva del Pinabete.

(4) LÍNEA ESTRATÉGICA TRANSVERSAL: EDUCACIÓN, PROMOCIÓN, Y DIVULGACIÓN DE LA CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN, RESTAURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DEL PINABETE. Su objetivo estratégico consiste en sensibilizar a la sociedad guatemalteca, sobre la importancia de conservación, protección y restauración de las áreas naturales de pinabete y el manejo sostenible e integral de las plantaciones de esta especie. Algunas de las actividades a implementar para el alcance de la línea estratégica son:

- Establecer alianzas para el diseño e implementación de programas de educación formal, no informal e informal que permitan evidenciar la importancia tangible e intangible de la especie.
- Divulgar a la sociedad guatemalteca la importancia de la conservación de las áreas naturales de pinabete y los beneficios que estas generan.
- Generar información que permita a la población guatemalteca distinguir los productos de origen lícito y conocer las consecuencias del corte, transporte y comercialización de productos de procedencia ilícita.

(5) LÍNEA ESTRATÉGICA TRANSVERSAL: GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES VINCULADAS A LA CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN, RESTAURACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE PINABETE. Su objetivo estratégico consiste en generar información técnica, científica y aplicada, que facilite la toma de decisiones enfocadas a alcanzar la preservación y sostenibilidad de la especie en Guatemala; algunas de las actividades a implementar para el alcance de la línea estratégica son:

- Elaborar un programa de investigación para la Conservación del Pinabete, que contenga las áreas temáticas y líneas de investigación.
- Incidir para que los mecanismos financieros que fomentan la investigación a nivel nacional, prioricen la asignación de recursos económicos para financien el Programa de investigación para la conservación del Pinabete.
- Elaborar y gestionar proyectos para la implementación de investigación en Pinabete.
- Divulgar la información técnica y científica generada sobre Pinabete.

10. Crecimiento y productividad de plantaciones

Herramientas

Para apoyar la planificación y ejecución del manejo silvicultural a propietarios de reforestaciones, el INAB decidió evaluar el crecimiento de distintas especies, incluyendo pinabete, en plantaciones forestales para fines de restauración y aunque han habido iniciativas para evaluar el crecimiento en plantaciones para producción de árboles navideños, no se han concretado. Para el caso de plantaciones para restauración se optó por seguir la metodología definida en el sistema de "Manejo de información sobre recursos arbóreos en el componente de silvicultura" (MIRASILV) (Cojóm 2015).

Se establecieron parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) de pinabete, distribuidas en 3 plantaciones ubicadas en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, Guatemala, que van entre 11 y 12 mediciones consecutivas hasta el año 2018. El rango de datos registrados es a partir de los 8.6 años hasta los 20.3 años de edad, presentando en ese periodo densidades que han pasado de 780 a 260 árboles/ha; diámetros a la altura del pecho (DAP) de 9.5 hasta 32.6 centímetros en promedio, y alturas dominantes que al inicio presentaron 7.9 m y que han llegado a 20.5 metros. El análisis de la base de datos dasométricos de las PPMF de pinabete, actualizada al año 2018, permitió definir las siguientes funciones (modelos de crecimiento, ver Cuadro 4) que transcriben la dinámica de crecimiento de la especie en cada sitio. Los modelos de crecimiento son vitales para la planificación forestal, debido a que permiten programar las actividades a desarrollar en un rodal, en función de la velocidad de crecimiento y potencial del sitio; además ofrece la posibilidad de estimar los productos maderables al final del turno y evaluar el alcance de los objetivos perseguidos.

Los modelos utilizados responden a factores agrupados en tres variables que son: i) Índice de Sitio (S), ii) Densidad o competencia (N) y, iii) Edad (T); con lo cual son capaces de responder a la combinación de estos factores, de tal forma que las proyecciones realizadas con ellos son ajustables a condiciones particulares. Un factor de gran influencia en los modelos es el de Índice de Sitio, establecido a través de las alturas dominantes. Debido al reducido número de plantaciones evaluadas para esta especie, fue determinado un único Índice de sitio promedio, aunque no está demás aclarar que cada plantación tiene su propio índice de sitio.

Tabla 4. Familia de modelos de crecimiento para *Abies guatemalensis* Reader en Guatemala.

Variable	Modelo de crecimiento	r ²
Índice de sitio (m)	=exp (Ln(H _d) + 17.600462 * (1/T - 0.1))	0.83
Altura total [m]	=exp (Ln(S) -17.600462 * (1/T - 0.1))	0.83
Diámetro [cm]	=exp (4.333514 -9.641935/T + -0.011401*S -0.001184*N)	0.82
Área basal [m ² /ha]	=exp (4.290826 -21.186956/T + -0.016872*S -0.000063*N)	0.62
Volumen total [m ³ /ha]	=exp (6.79913 -39.864741/T + 0.056769*S -0.000078*N)	0.84

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018. (El Índice de Sitio se estimó a la edad base de 10 años).

Dónde: T = edad en años; N = árboles/ha; H_d = altura dominante [m] y; S = índice de sitio a la edad base de 10 años.

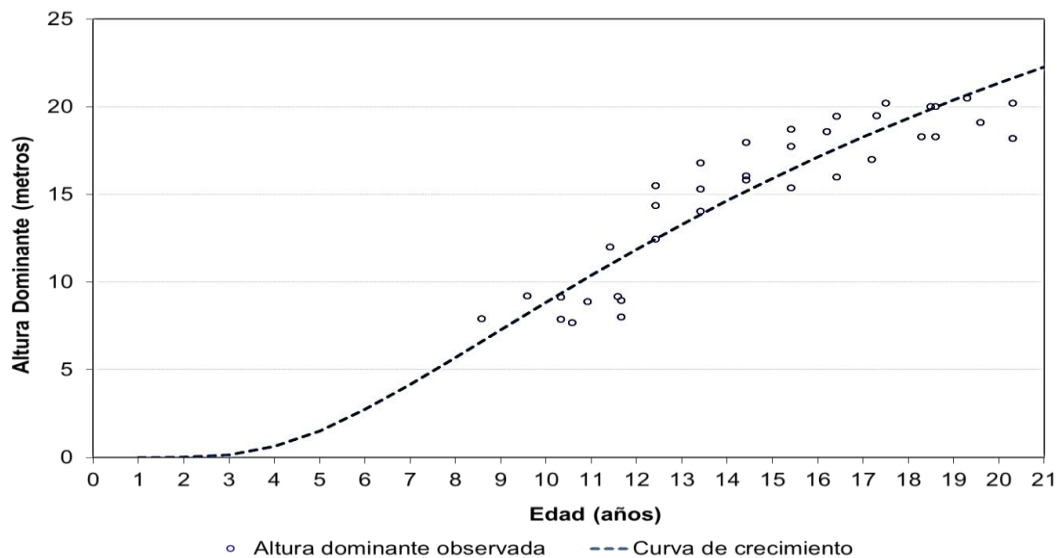
Al aplicar los modelos presentados, se pueden obtener importantes indicadores del crecimiento, como se observa en el cuadro 5, donde se muestra el promedio de Incremento medio anual (IMA) para referenciar el desempeño en cuanto a crecimiento de *Abies guatemalensis* en Guatemala.

Tabla 5. Incremento Medio Anual de variables de crecimiento para pinabete en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Total (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (8.9 m)	1.06	1.3	1.06	10.25

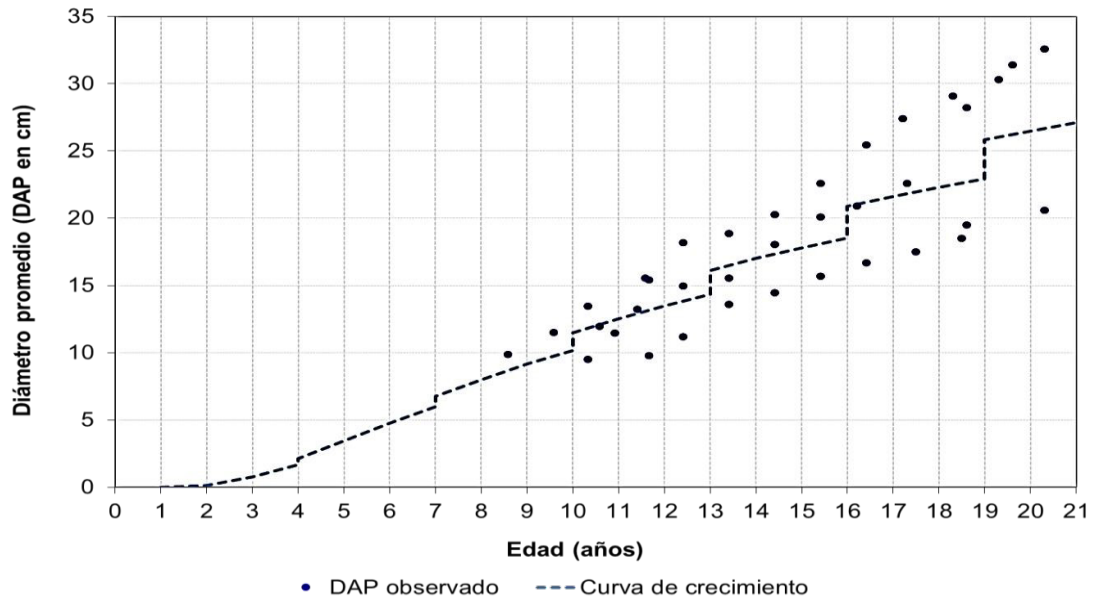
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018. (Índice de sitio establecido a la edad base de 10 años).

Al demostrar su dinámica en plantaciones con fines de recuperación del paisaje, se empleó el modelo de crecimiento presentado en el Cuadro 4, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al desarrollado en plantaciones forestales, el cual ha sido de muy baja intensidad. En consecuencia, el perfil define una densidad inicial de 1,111 árboles/ha, que en el cuarto año se reduce a 900 árboles/ha, principalmente por efectos de mortalidad; aunque posteriormente se consideró y ajustó a los datos observados una reducción de 100 árboles cada 4 o 5 años (en el año 7, 10, 13, 16 y 19 respectivamente), quedando luego del año 19 con un promedio de 400 árboles por hectárea. Este fenómeno podría explicarse considerando que los árboles pueden ser retirados de la plantación en pequeñas pero constantes cantidades, posiblemente para su uso como árboles navideños, aunque el fin último sea la recuperación del paisaje. Con el supuesto de perfil de manejo de densidad de baja intensidad y asumiendo un único índice de sitio (8.9 m) se procedió a graficar la familia de modelos de crecimiento a partir del año 1 hasta, los 21 años, que es el rango de edad de las plantaciones evaluadas; de esa forma es que modelo dibuja una curva de crecimiento para las principales variables de crecimiento de la plantación.



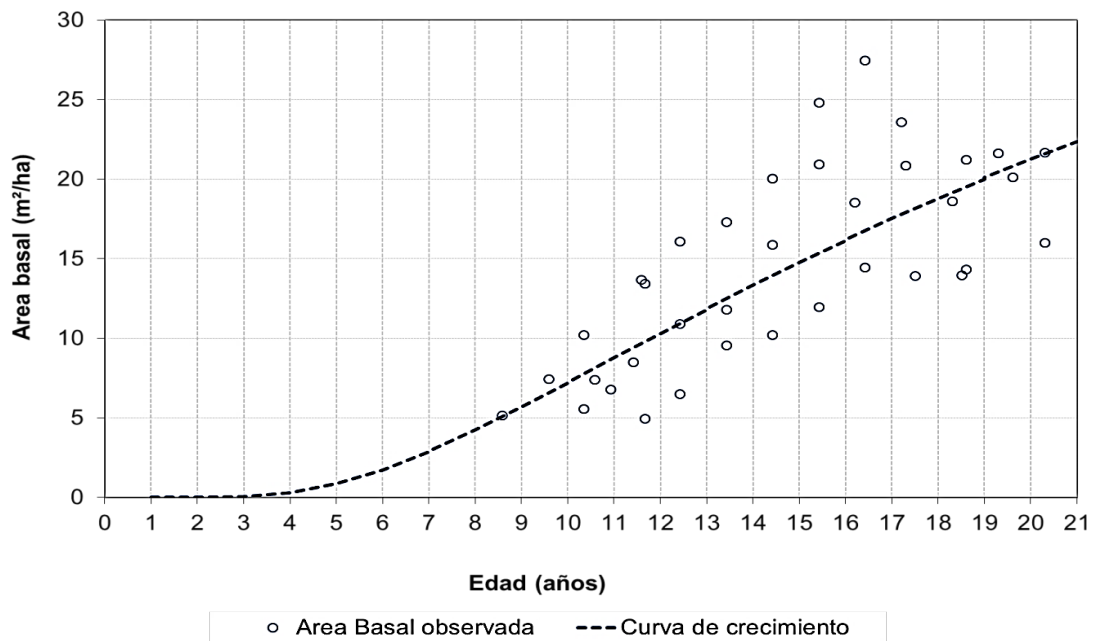
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018.

Figura 21. Curvas de crecimiento promedio en altura dominante [m] para plantaciones de *Abies guatemalensis* Reader en Guatemala.



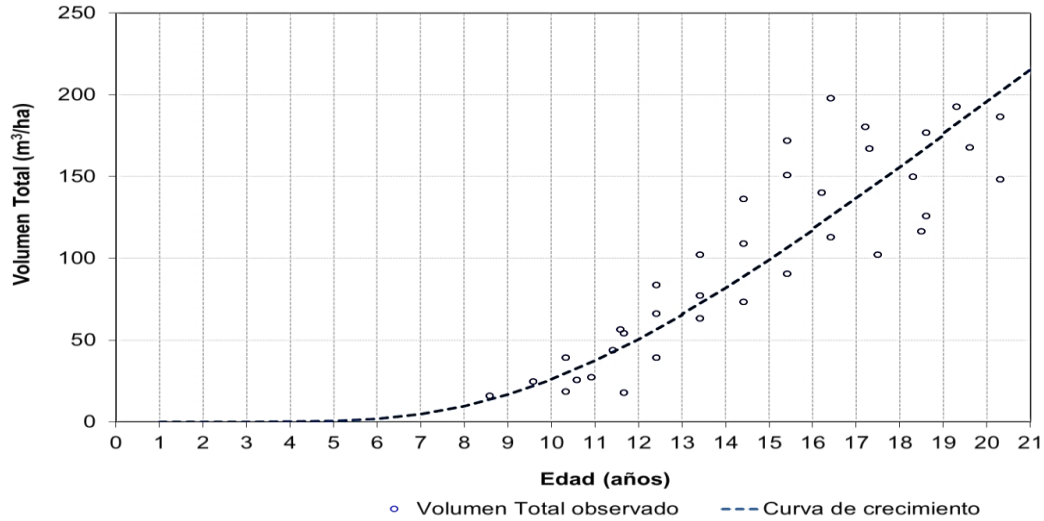
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018

Figura 22. Curvas de crecimiento promedio en diámetro a la altura del pecho [DAP en centímetros] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018

Figura 23. Curvas de crecimiento promedio en área basal [m²/ha] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2018

Figura 24. Curvas de crecimiento promedio en volumen total [m^3/ha] para plantaciones de *Abies guatemalensis* en Guatemala.

Superficies de plantaciones

Como se ha discutido, esta especie se utiliza para dos fines principales, la restauración de los ecosistemas naturales de la especie y, la producción de árboles navideños (en su mayoría).

Tabla 6. Área de las plantaciones establecidas en Guatemala, por Departamento, Municipio y tipo de incentivo (PINFOR-PROBOSQUE y PINPEP), hasta el año 2017.

Departamento/Municipio	PINFOR-PROBOSQUE	PINPEP	Total
Baja Verapaz	3		3
San Jerónimo	3		3
Chimaltenango	40.72	3.76	44.48
San Andrés Itzapa	0.45		0.45
Tecpán Guatemala	40.27	3.76	44.03
Huehuetenango	45.25	14.32	59.57
Chiantla	9.37	2.08	11.45
Concepción Huista		0.65	0.65
Cuilco		3.41	3.41
La Libertad		0.53	0.53
San Juan Atitán	0.76		0.76
San Juan Ixcoy	2.4	4.4	6.8
San Miguel Acatán		0.32	0.32
San Rafael La Independencia		1.89	1.89
Santa Eulalia	3.08	1.04	4.12
Todos Santos Cuchumatán	29.64		29.64
Jalapa	1.3		1.3
Mataquesuintla	1.3		1.3

Quetzaltenango	0.6	7.65	8.25
Cabricán		0.38	0.38
Huitán	0.6	0.19	0.79
Palestina De Los Altos		5.15	5.15
San Carlos Sija		1.13	1.13
Sibilia		0.8	0.8
Quiché		3.89	3.89
Nebaj		3.89	3.89
San Marcos	0.76	15.54	16.3
Concepción Tutuapa		0.58	0.58
Esquipulas Palo Gordo	0.13		0.13
Ixchiguán		10.43	10.43
San Cristóbal Cucho	0.63		0.63
San José Ojetenam		2.59	2.59
San Lorenzo		0.03	0.03
San Marcos		0.02	0.02
Sibinal		0.31	0.31
Tacaná		1.13	1.13
Tejutla		0.45	0.45
Sololá	1	2.27	3.27
Nahualá	1	1.52	2.52
Santa Catarina Ixtahuacán		0.72	0.72
Sololá		0.03	0.03
Totonicapán		1.82	1.82
Momostenango		1.18	1.18
Totonicapán		0.64	0.64
Total	92.63	49.25	141.88

Fuente: Base de datos PINFOR-PROBOSQUE (2000-2018) y base de datos PINPEP (2017). (PINFOR = Programa de Incentivos Forestales; PROBOSQUE = Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala; PINPEP = Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal).

En el cuadro 6 y se observa que la mayoría de área plantada con pinabete a nivel de Guatemala, se encuentra en el departamento de Chimaltenango (municipios de Tecpán Guatemala y San Andrés Itzapa), seguido del departamento de Huehuetenango (en los municipios de Todos Santos Cuchumatán, Chiantla, Concepción Huista, Santa Eulalia, Cuilco, La Libertad, San Juan Atitán, San Juan Ixcoy, San Miguel Acatán, San Rafael La Independencia); concentrándose la mayor abundancia de área reforestada con pinabete (72%) en estos dos departamentos. Hasta el año 2017, considerando las reforestaciones establecidas mediante los dos programas de incentivos forestales, el área voluntaria plantada por reforestadores es de Guatemala asciende a: 141.88 hectáreas.

11. Conclusiones

1. Las principales características climáticas a considerar para la selección de Pinabete como especie a reforestar son: sitios con rangos de temperatura de 9 °C como temperatura media anual (según su distribución natural); bajo condiciones de cultivo, los mejores sitios en Guatemala se reportan con temperatura media anual entre 15.5 y 17.5 °C. En su rango de distribución natural la precipitación oscila entre 1400 a 3000 mm anuales; sitios con humedad relativa arriba de 80% como promedio anual (neblina o lluvia horizontal); la especie tolera heladas ocasionales, donde la temperatura desciende hasta -8 °C.
2. Las principales características fisiográficas a considerar para la selección de Pinabete como especie a reforestar son: presenta adaptabilidad en un rango altitudinal de 1875 a 4220 msnm, aunque las condiciones óptimas para la especie son los sitios con altitudes desde 2700 a 3600 msnm, ya que, al plantar en dicho rango altitudinal, la especie recibe menos de 115 horas de escarcha por año (horas frío) distribuidos en 150 a 200 días por año, lo que se traduce en un estímulo de crecimiento para la planta, debido a que dicho fenómeno induce cambios fisiológicos en las plantas; la especie se desarrolla mejor en terrenos con pendientes menores a 65% y de acuerdo a su posición del paisaje, la especie desarrolla mejor en escarpes y pendientes cóncavas con inclinaciones de Noreste y Sureste.
3. Las principales características edáficas a considerar para la selección de Pinabete como especie a reforestar es que demuestra preferencia a suelos de origen volcánico, con textura del grupo franco, con altos contenidos de materia orgánica que va en rangos desde 7% a 26% y con bajos porcentajes de arcilla.
4. La producción de semillas de pinabete es bianual, la semilla se caracteriza por ser del tipo ortodoxa, a tal extremo, que al almacenarlas en condiciones ambientales pierden su viabilidad la primer semana de haber sido liberadas, por ende, la germinación es casi siempre muy baja, alrededor del 15%.
5. La técnica de restauración, mediante plantación forestal de pinabete bajo dosel protector de plantas nodrizas ha permitido elevar el porcentaje de prendimiento hasta un 85%, en comparación con métodos tradicionales donde se reportan prendimientos inferiores al 25% al descuidar actividades de protección de las plántulas contra las heladas; el método implica conocimientos culturales y científicos resultando en un criterio ecológico como herramienta funcional en el proceso de restauración de ecosistemas de altura.
6. El establecimiento de plantaciones de pinabete con fines de producción de árboles navideños se ve afectado por reforestar a altas densidades, a distanciamientos de 1 m * 1 m, el efecto de plantar a este distanciamiento consiste en que el follaje y ramas cercanas a la base del árbol no desarrollan, aun practicando podas, esto se produce debido al poco ingreso de luz al rodal, tal efecto, repercute en que el tiempo de cosecha del árbol se prolonga, provocando un retraso de hasta dos años para que la especie cumpla con las características deseables que se demandan de un árbol con fines navideños.

7. Los modelos de crecimiento (cuadro 4) son herramientas que permiten simular el comportamiento de las plantaciones a través del tiempo, aunque la preferencia de las reforestaciones de pinabete es para la producción de árboles con fines navideños, pueden ser de muy útiles para proyectar el rendimiento de plantaciones establecidas con fines de restauración forestal.

12. Recomendaciones

1. Establecer plantaciones forestales de Pinabete sin dejar de considerar tres factores importantes que contribuyen a alcanzar el éxito de la plantación, estos son: la procedencia genética de la semilla, el comportamiento ecológico de la especie y la correcta selección del sitio para la especie en sus componentes climáticos, fisiográficos y edáficos.
2. Considerar que aun cuando los sitios posean características climáticas y fisiográficas favorables, existen factores limitantes que comprometen la productividad de los rodales, tales como la intolerancia de la especie al encharcamiento, así mismo, las plantaciones establecidas a un rango altitudinal superior de 3900 msnm se ven comprometidas en productividad y desarrollo, ya que se registra que a partir de dicho rango altitudinal existen condiciones extremas de suelo y clima (mayor presencia de heladas), que comprometen y condicionan la adaptabilidad y rendimiento de la especie desde los primeros años.
3. La especie ha respondido adecuadamente al ser establecida a distanciamientos iguales o superiores a 1.5 m * 1.5 m en plantaciones forestales con fines de producción de árboles navideños, a partir de tal apertura, se garantizan las condiciones para que exista respuesta positiva del aumento de follaje derivado de las podas aplicadas a la plantación; pueden establecerse a distanciamientos más amplios con fines de planificar una producción escalonada, que implica la existencia de árboles de tantas clases de edad como años de rotación exprese la especie en determinado sitio (árboles de cosecha todos los años en un mismo sitio); así mismo, los distanciamientos amplios permiten manejar producción con base a rebrotes y distanciamientos más amplios aun, permiten la producción agroforestal.
4. Se recomienda la recuperación de áreas de pinabete mediante la técnica de restauración mediante plantación forestal, que implica el asocio de la especie con plantas nodrizas, en la actualidad, en rangos altitudinales de 2900 a 3500 msnm se han registrado 85 especies de plantas nodrizas que promueven una secuencia de reemplazamientos de plantas o tipos de vegetación (sucesión ecológica), procedimiento descrito en el tema "la técnica de la restauración en pinabete y los estadios sucesionales en el bosque de pinabete".
5. La aplicación oportuna de podas de formación para producción de árboles con fines navideños permite el desarrollo de un solo tallo dominante (líder), establece una copa compacta, forma una copa simétrica y equilibrada, y aumenta la producción de follaje lateral que reduce la distancia entre nudos; las podas determinan la calidad de la producción y estética del árbol, lo que permite recomendar su aplicación, ya que es una actividad silvicultural vital para lograr los objetivos de la plantación, considerando que las características que determinan las preferencias de los consumidores con respecto a la compra de pinabete como árbol navideño son: el olor, el color, la forma y tamaño.

6. La familia de modelos de crecimiento permiten estimar de forma aproximada la tendencia de la producción de las plantaciones en una calidad de sitio determinada, con el objeto de respaldar la toma de decisiones y la necesidad de promover el manejo de las plantaciones, así mismo, pronosticar y simular los efectos de la posible respuesta de intensidades y frecuencias de los raleos; sin embargo, no pueden brindarnos un valor exacto de la productividad de la plantación forestal evaluada.

13. Bibliografía

- Aguilar Cumes, JM. 1980. Código oficial para las especies arbóreas de Guatemala. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTE- CAP, GT) e Instituto Nacional Forestal (INAFOR, GT). 105 p.
- Aguirre-Planter, E.; Furnier, G.R. & Eguiarte L.E. 2000. Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among populations of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany*. No. 87-3. (362-371).
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1998. *Abies guatemalensis* Rehder. Costa Rica, Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR), nota técnica sobre manejo de semillas forestales. No. 55. 2 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (1) 220 p.
- Cifuentes Barrientos, JG. 2010. Evaluación y monitoreo de plantaciones forestales en Guatemala. Proyecto FODECYT No. 078-2007. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONCYT, GT) Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT, GT) Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT, GT), Instituto Nacional de Bosques, (INAB, GT). 135 p.
- Clewell, A.F. y Aronson J. 2006. Motivations for the Restoration of Ecosystems. *Conservation Biology*. *Oryx*. No. 20-2. 420-428.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, (CONAP, GT). 2019. Estrategia Nacional para la Conservación del Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder 2018 – 2028. Guatemala, Guatemala, 22 p.
- Cordero, J; Boshier, DH (eds.). 2003. *Abies Guatemalensis* Rehder. In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute UK / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CR
- Delgado Montejo, HM. 2006. Informe de investigación inferencial: Estructura y composición florística del bosque secundario de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en Bella Vista, Aldea Onlaj, Concepción Huista, Huehuetenango. Tesis Lic. Ing. For. Huehuetenango, Guatemala. Centro Universitario de Noroccidente, (CUNOROC, GT), Universidad de San Carlos de Guatemala, (USAC, GT). 130 p.
- Eigenbrod, F.; Anderson B.J.; Armsworth P.R.; Heinemeyer A.; Jackson S.F.; Parnell M.; Thomas C.D. & Gaston K.J. 2009. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proceedings the Royal Society Biological Science*, No. 276. (2903-2911).

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Guatemala). 2017. Documento de caracterización de al menos diez (10) sistemas agroforestales identificados (principalmente los asociados de Pinabete con cultivos agrícolas y otros arreglos con especies forestales) incluyendo el análisis de variables económicas, sociales y ambientales de los productores o productoras en los municipios de Tacaná, Ixchiguán y San José Ojetenám, departamento de San Marcos. García; S. Guatemala. 69 p.
- Farjon A. 2017. Conifer Database (version Jan 2014). En: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2015 Annual Checklist (Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Kunze T., Flann C., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., eds). (en línea). Disponible en: www.catalogueoflife.org/col
- Funes López, JC. 2006. Identificación y caracterización de fuentes semilleras de pinabete *Abies guatemalensis* Redher en la reserva forestal municipal de Todos Santos Cuchumatán. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 160 p.
- García Tello, WE. 1993. Estudio de la respuesta del pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder.) a su reproducción vegetativa in vitro utilizando dos medios de cultivo, dos explantes y seis combinaciones hormonales. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 140 p.
- Godínez Orozco, LR. 2008. Manual para la producción de plántulas de pinabete en vivero (*Abies guatemalensis* Rehder) en el occidente de Guatemala. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 60 p.
- Gómez Gálvez, BA. 1999. Estudio anatómico y morfológico de la semilla del Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder). Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 85 p.
- González Castañón, GA. 2005. Estudio del comportamiento de la regeneración natural de Pinabete *Abies guatemalensis* Rehder y propuesta silvicultural para la restauración de su ecosistema, en el bosque comunal de San Vicente Buenabaj, Momostenango, Totonicapán. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC, GT). 92 p.
- Guatemala, Guatemala, Universidad Rafael Landívar, (URL, GT) – Instituto Nacional de Bosques (INAB, GT). 25 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. Manual Técnico: Rendimiento y Costos del Procesamiento de Frutos y Semillas de 14 Especies Forestales. Guatemala, 60 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2015. Informe de Crecimiento y Productividad de 28 especies en Plantaciones Forestales de Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 212 p.

- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2005. Manual de manejo silvicultural de Pinabete con fines navideños. Velásquez, M; Ignosh, J. (eds.). San Cristobal Totonicapán, Guatemala. 32 p.
- INAB e IARNA-URL, (Instituto Nacional de Bosques e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, GT). 2012. Primer informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en Guatemala. Guatemala. 190 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2017. Base de datos del Programa de Incentivos Forestales para Pequeños Poseedores de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal –PINPEP-. Guatemala, Coordinación del PINPEP, de INAB. (Libro electrónico). Ciudad de Guatemala.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR- y del Programa de Incentivos para el Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala –PROBOSQUE- de 1998 a 2018. Guatemala. Coordinación de PROBOSQUE de INAB. (Libro electrónico). Ciudad de Guatemala.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2018. Manual de campo para el manejo sanitario de plantaciones de árboles navideños de pinabete. Osorio, S; Palacios, B; Albanes, R (eds.). Guatemala. Centro América. Cooperativa Integral Agrícola Joya Hermosa de las Tres Cruces R.L. 26 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2018. Base de datos de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones Forestales. Departamento de Investigación Forestal de INAB. (Metadatos). Ciudad de Guatemala.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2019. Base de datos del Registro Nacional Forestal de 1993 – 2019. Guatemala, Registro Nacional Forestal del INAB. (Libro electrónico). Ciudad de Guatemala.
- Jerónimo Orrego, SE. 2012. Evaluación de la implementación de la Estrategia Nacional para la Conservación del Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) para el período 2008 – 2017. Tesis licenciatura. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, (USAC, GT). 206 p.
- Macz, O; Gómez, B; González, J; 2000. Estudio anatómico-morfológico de las semillas de pinabete (*Abies guatemalensis* Redher) de cuatro procedencias.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2014. Acuerdo Gubernativo No. 198-2014: Reglamento para el manejo de plantaciones y áreas productoras de semilla de Pinabete. Diario de Centro América. No 99, Tomo CCXCIX. 1-4. 16 Jul.
- Martínez Arévalo, JV; Pérez, M; Rivera Mazariegos, CO y Velásquez Villatoro, MM. 2013. Integración del conocimiento científico y el tradicional en los procesos de restauración de los bosques de pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), San Marcos, Guatemala. Tikalía. 31 (1): 73-91

- Martínez Arévalo, JV. 2011. Evaluación y caracterización de la sucesión ecológica vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) en San Marcos. Proyecto FODECYT No. 055-2009. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONCYT, GT) Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT, GT) Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT, GT), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC, GT), Centro Universitario de San Marcos (CUSAM, GT), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (UICN, CH). 143 p.
- Missouri Botanical Garden. 2017. *Abies guatemalensis* Rehder. (en línea). Saint Louis, Missouri 63110, USA. Consultado 11 feb. 2017. Disponible en: [http:// www.tropicos.org/Name/24900640](http://www.tropicos.org/Name/24900640)
- Montenegro, A.L. & Vargas O. 2008. Caracterización de bordes de bosque alto Andino e implicaciones para la restauración ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). *Revista Biología Tropical*. No. 56-3. (1543-1556).
- Moscoso Celada, FE. 2002. Modelo Cartográfico Digital para el registro, ubicación y consulta de áreas apropiadas para el crecimiento y desarrollo de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), en el Departamento de Totonicapán, Guatemala. Tesis licenciatura. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, (USAC, GT). 81 p.
- Nitsch Velásquez, L. 2010. Identificación de los compuestos volátiles producidos por el pinabete *Abies guatemalensis* y cuantificación de los componentes mayoritarios. Proyecto FODECYT No. 87-2006. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONCYT, GT) Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT, GT) Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT, GT), Universidad del Valle de Guatemala, (UVG, GT). 76 p.
- Nufio Reyes, W; Tobías Vásquez, HA; Azurdia, C y Santos Mansilla, EG. 2000. Desarrollo de una metodología que genere un modelo para el registro, ubicación y recursos genéticos vegetales, por medio de los Sistemas de Información Geográfica. Guatemala, Guatemala, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC, GT); Unidad de Sistemas de Información Geográfica de la FAUSAC y Dirección General de Investigación de la USAC (DIGI; GT). 116 p.
- Peñalonzo, R y Zanotti, JR. 1989. El Pinabete (*Abies guatemalensis*) su producción para árbol navideño. Guatemala. Sector Público Agropecuario y de Alimentación, Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, Dirección General de Bosques, (DIGEBOS; GT). 21 p.
- Pivaral Aguilar, CR, 2008. Análisis técnico y jurídico sobre la protección y manejo del bosque de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rheder) en Guatemala. Tesis de licenciatura, Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC, GT). 100 p.
- Ponciano, I; Dary, J y Aguilar, J. 1998. Las Coníferas de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, (USAC; GT). Colección de cuadernos de investigación. No. 12-87. 80 pp.

- Rasmussen, KK; Strandby, U y Kollmann J. 2010. High genetic diversity within, but limited differentiation among populations of the vulnerable Guatemalan fir. *Journal of Tropical Forest Science* 22(3):247-259
- Robbins, A.S.T. y Daniels, J.M. 2012. Restoration and economics: a union waiting to happen *Restoration Ecology*. Oryx. No. 20-1. 10-17.
- Salazar, R; Soihet, C; Méndez, JM (comps). 2000. *Abies Guatemalensis* Rehder. (Nota técnica no. 55). In: Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 21-22. (Serie técnica, Manual técnico (CATIE) 41).
- Strandby, U.; Prado C., J.P.; Nielsen U.B.; Olsen, C.S.; Serensen C.N.M. & Kollmann, J. 2008. Conservation through utilization: A case study of the vulnerable *Abies guatemalensis* in Guatemala. *Oryx*. No. 42-2. 206-213.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (UICN, CH). 2009. Caso sistematización de normas consuetudinarias para bosque comunal Las Ventanas. Guatemala, San Marcos, Proyecto Tacaná. 18 p.
- Veluk, F. 2010. Restauración del paisaje forestal y planificación participativa como herramientas para la transformación del territorio y medios de vida en el altiplano de San Marcos Guatemala. Tesis de Maestría, Turrialba, Costa Rica Escuela de Posgrado del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 182 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.



**Dirección de Desarrollo Forestal
Departamento de Investigación Forestal**

7a avenida 12-90, zona 13

Teléfono: 2321-4600



Con el apoyo de:



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

INAB Guatemala



www.inab.gob.gt