



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

Paquete Tecnológico Forestal

Palo Blanco
Tabebuia donnell-smithii Rose

Con el apoyo de:



SECRETARÍA
NACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Serie Técnica
DT-028 (2019)

Publicación del Instituto Nacional de Bosques (INAB)
7a avenida 12-90 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
www.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: 2321-4608 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 palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* Rose versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 60 p. (Serie técnica DT-28-2019).

ELABORADO POR:

Departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB), con la asesoría y redacción principal del Dr. Daniel Marmillod (consultor); incorporaciones y sistematización de experiencias (2018) por José Israel Cojóm Pac (consultor) y Joel Nicolás Eliézer Cutzal Chavajay (Departamento de Investigación Forestal del INAB).

Se agradece a la Dirección de Planificación, Monitoreo y Evaluación Forestal del INAB 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.



La impresión del presente documento ha sido gracias a:



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 palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* Rose, 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 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

- Edvin Francisco Orellana Ortiz
- 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.

3. Tabla de contenido

1.	Presentación.....	iv
2.	Junta directiva del Instituto Nacional de Bosques	v
4.	Introducción	1
	Nombre científico y notas taxonómicas.....	1
	Nombres comunes.....	1
	Descripción morfológica	1
	Distribución geográfica de la especie.....	2
	Importancia de la especie en el país	2
	Aptitud forestal – agroforestal.....	4
	Usos.....	8
	Estado de protección legal de la especie en el país	8
5.	Selección de sitio.....	9
	Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie	9
	Clima	9
	Fisiografía.....	9
	Suelo	9
	Distribución potencial de la especie en Guatemala	11
	Modelos de crecimiento (variables ambientales)	12
	Recomendaciones para una correcta elección de sitio	12
	Ejemplos de buena o mala elección	12
6.	Producción de plántulas y genética	13
	Diversidad genética y procedencia	13
	Rodales semilleros	16
	Semilla.....	16
	Descripción	16
	Recolecta	16
	Acondicionamiento.....	17
	Conservación y viabilidad	18
	Tratamientos pre-germinativos.....	18
	Producción de plantas	18
	Métodos de propagación.....	18
	Sustratos en vivero.....	19
7.	Establecimiento de plantaciones.....	20
	Comportamiento ecológico de la especie	20
	Instalación.....	20
	Introducción en sistemas agroforestales	21
8.	Silvicultura de plantaciones	22
	Control de malezas.....	22

Poda.....	25
Raleo.....	25
9. Manejo de plagas y enfermedades.....	26
Plagas y enfermedades en vivero	27
Fumagina <i>Fumago</i> spp.....	27
Roya del palo blanco <i>Prospodium</i> spp.....	28
Plagas y enfermedades en plantaciones	28
Zompopo (<i>Atta</i> sp.).....	28
Gallina ciega <i>Phyllophaga</i> spp.	30
Roya del palo blanco <i>Prospodium</i> spp.....	31
Hongos en corteza.....	32
10. Crecimiento y productividad de plantaciones	35
Metodología de seguimiento y evaluación del crecimiento en Guatemala	35
Crecimiento e incrementos	36
11. Existencias	43
Herramientas	43
Superficies de plantaciones e inventario de producción actual de palo blanco.....	44
Análisis y proyección del inventario de producción de Palo Blanco	51
12. Conclusiones	55
13. Recomendaciones	56
14. Bibliografía	58

Lista de tablas

Tabla 1. Variables y rangos ideales para la selección de sitio para palo blanco en Guatemala.....	10
Tabla 2. Registro de la inscripción de fuentes semilleras de palo blanco en Guatemala.....	16
Tabla 3. Agentes dañinos del palo blanco reportados* en plantaciones forestales de Guatemala.	26
Tabla 4. Descripción de las PPMF por edad y número de mediciones de plantaciones puras de Palo Blanco monitoreadas por INAB a nivel nacional.	35
Tabla 5. Descripción de las PPMF por su grado de mezcla y especies acompañantes de plantaciones mixtas con palo blanco evaluadas en Guatemala.....	36
Tabla 6. Familia de modelos de crecimiento para palo blanco (<i>Tabebuia donnell-smithii</i>) en Guatemala.	37
Tabla 7. Categorías de sitio para palo blanco <i>Tabebuia donnell-smithii</i> en Guatemala.....	37

Tabla 8. Descripción de la aptitud para el crecimiento de palo blanco (<i>Tabebuia donnell-smithii</i>) en municipios con PPMF de la especie en Guatemala.....	38
Tabla 9. Incremento medio anual (IMA) de variables dasométricas estándares de crecimiento para palo blanco <i>Tabebuia donnell-smithii</i> en Guatemala, según categorías de sitio.....	39
Tabla 10. Áreas plantadas con palo blanco <i>Tabebuia donnell-smithii</i> incentivadas por PINFOR (Programa de incentivos forestales), PROBOSQUE y PINPEP (Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) en Guatemala.	44
Tabla 11. Áreas plantadas con <i>Tabebuia donnell-smithii</i> beneficiaria con los programas de incentivos forestales, por año de plantación y edad (año 2000 al 2018) en Guatemala.....	47
Tabla 12. Detalle de productividad (inventario forestal) actual de proyectos de palo blanco incentivados en Guatemala.....	49
Tabla 13. Detalle de la estimación del inventario de productividad actual de volumen del primer raleo, segundo raleo y tercer raleo en plantaciones de palo blanco en edades comprendidas en los 4, 7 y 11 años, beneficiarias de proyectos de incentivos en Guatemala.....	50
Tabla 14. Proyección de principales variables dasométricas y de productividad de corta final para las plantaciones de palo blanco, periodo 2022-2040 en Guatemala.....	52
Tabla 15. Proyección del volumen (m ³) de raleos para palo blanco en Guatemala, periodo 2019-2025.....	53

Lista de figuras

Figura 1. Tendencia de las reforestaciones con la especie palo blanco, mediante el programa de incentivos Forestales (PINFOR) desde el año 2000 al 2015 en Guatemala.....	3
Figura 2. Tendencia de las reforestaciones con la especie palo blanco mediante el programa de incentivos PINPEP en Guatemala, desde el año 2013 al 2017.....	4
Figura 3. Tendencia de las reforestaciones en sistemas agroforestales con la especie palo blanco, mediante el programa de incentivos forestales PINPEP en Guatemala, desde 2007 al 2017.	4
Figura 4 Rodal puro de palo blanco con presencia de hongo (izquierda) y rodal agroforestal con presencia del hongo en menor severidad (derecha), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.	5
Figura 5. Plantación mixta de palo blanco, cedro y caoba en la Hacienda Magdalena, Caballo Blanco, Retalhuleu, Guatemala.	6

Figura 6. Plantación mixta de palo blanco y Santamaría *Calophyllum brasiliense* en la finca Valle Verde, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.7

Figura 7. Sistema agroforestal de palo blanco y café en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.7

Figura 8. Sistema agroforestal de palo blanco y cacao en la finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.....8

Figura 9. Mapa preliminar de distribución potencial de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala. 11

Figura 10. Árbol de palo blanco plus seleccionado entre los primeros lugares, de donde se obtuvo material genético para los ensayos de progenie, finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.....14

Figura 11. Plantación de palo blanco proveniente de material genético de los mejores padres a nivel nacional, finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.....15

Figura 12. Rodal de palo blanco de 7.4 años con manejo silvicultural de control de malezas y raleo (finca El Socorro, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala).22

Figura 13. Ejemplo del efecto del raleo en el aumento del DAP (cm) comparando el crecimiento de plantaciones de palo blanco con raleo y plantaciones de palo blanco sin raleo; (raleo en proporciones de edad e intensidad de: 5 años-35%; 8 años-40%; y 13 años-50%).25

Figura 14. Zompopo adulto sobre el fuste de palo blanco (izquierda) y daño causado a la hoja por ataque de zompopo (derecha). (Foto: PROFOR, del INAB).29

Figura 15. Larva de gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) Foto Universidad de Iowa).30

Figura 16. Esquema de la aplicación y posición del producto químico en el agujero donde se llevará a cabo la reforestación, para el control de gallina ciega *Phyllophaga spp.*31

Figura 17. Necrosis total de la planta de palo blanco afectada severamente por la roya (foto Paulo Ortiz, de INAB).....32

Figura 18. Síntomas producidos por *Prospodium spp.*, manchas de color marrón, teliosporas de color amarillo en el haz de la hoja (foto PROFOR, de INAB).32

Figura 19. Daños ocasionados a árboles de palo blanco de 4 años de edad (posible complejo de hongos), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.33

Figura 20. Árbol de palo blanco en proceso de cicatrización como producto del control de la enfermedad (izquierda) y cicatriz completa en árbol afectado (derecha), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.34

Figura 21. Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.39

Figura 22. Familia de curvas de crecimiento en diámetro a la altura del pecho [cm] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.....40

Figura 23. Familia de curvas de crecimiento en área basal [m²/ha] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.41

Figura 24. Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m³/ha] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.41

Figura 25. Distribución de área de proyectos de incentivos forestales por departamento (resumen), para la especie de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.....47

Figura 26. Distribución de área de proyectos de incentivos forestales por departamento, para la especie de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.48

Figura 27. Distribución del Volumen total de producción actual de proyectos de incentivos forestales en porcentaje por departamento, para la especie palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.49

Figura 28. Distribución del volumen total de producción actual de raleo en proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.51

Figura 29. Distribución del volumen total proyectado en proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.52

Figura 30. Distribución del Volumen total de raleos (m³), proveniente de proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.53

4. Introducción

Nombre científico y notas taxonómicas

Tabebuia donnell-smithii Rose.

SINÓNIMOS: *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert, *Cybistax millsii* Miranda, *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, *Roseodendron millsii* (Miranda) Miranda, *Tabebuia millsii* (Miranda) A.H. Gentry.

NOTA. La jerarquía anterior se basa en *Tropicos.org*¹. Sin embargo, para *ITIS-World Plants*², el nombre actualmente válido es *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, mientras que *Tabebuia donnell-smithii* Rose es un sinónimo.

Nombres comunes

En Guatemala el árbol recibe el nombre de palo blanco; en Honduras de guayape, san juan o san juan guayapeño; en El Salvador se le conoce como Cortez blanco y; en México como primavera, duranga o flor de zope (Cordero y Boshier 2003, Salazar y Soihet 2001).

Descripción morfológica

Basado en Cordero y Boshier (2003), Salazar y Soihet (2001), INAB (2012), Hernández et al (1999).

PORTE DEL ÁRBOL. Árbol deciduo mediano a grande, que alcanza 20 a 35 m de altura, y diámetros de hasta 100 cm. Tronco recto, cilíndrico a ligeramente acanalado; ramas ascendentes, copa alargada caducifolia.

CORTEZA: Corteza externa lisa cuando joven, escamosa a mayor edad, de color pardo amarillento claro a gris amarillento, con abundantes lenticelas protuberantes. El grosor total de la corteza varía de 0.5 a 1 cm.

HOJAS: Hojas digitado-compuestas con 5-7 folíolos oblongos de 12 a 18 cm de largo, opuesto-decusadas (característica diferencial: 7 folíolos). Haz verde oscuro, envés verde pálido, ambas superficies glabras, márgenes dentados. Pecíolo de 15 a 20 cm de largo, cilíndrico.

FLORES: Flores amarillas brillantes, de 2.0 - 2.5 cm de ancho, que se agrupan al final de las ramillas en panículas de hasta 35 cm de largo.

FRUTOS: Vaina cilíndrica recta pendiente con costillas, de hasta 50 cm de largo, de color marrón cuando madura; contiene muchas semillas. Las semillas son delgadas, planas y rodeadas de un ala ligera que permite su dispersión por el viento.

¹ Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 11 mar. 2016 <http://www.tropicos.org>

² ITIS-World Plants. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2015 Annual Checklist / base de datos Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World. Species 2000 Secretariat, Leiden (NL). 11 mar. 2016 <<http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2015/>>

Distribución geográfica de la especie

Basado en Salazar y Soihet (2001), Cordero y Boshier (2003), Hernández et al. (1999), Cruz (1982), Hernández (2004).

DISTRIBUCIÓN NATURAL: El rango nativo de esta especie se extiende desde el suroeste de México, la costa del Pacífico de Guatemala y El Salvador, hasta la parte norte central de Honduras. En Chiapas, México, crece en pendientes elevadas entre 150 y 800 msnm, mientras que en Honduras se distribuye hasta los 300 msnm. Entre estos extremos, puede encontrarse en bosques semidecíduos en terrazas aluviales y pendientes coluviales bajas de la costa del Pacífico de los cuatro países.

En Guatemala, se reporta su existencia en el bosque muy húmedo subtropical cálido de la costa sur, donde Cruz (1982) la considera una especie indicadora de la parte sur de esta zona de vida en el país (departamentos de Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, y partes de costa y boca costa de San Marcos y Quetzaltenango y, en forma dispersa en Chimaltenango, Jutiapa y Jalapa).

LUGARES DE INTRODUCCIÓN: Fuera de este rango la especie ha sido evaluada como árbol maderable en Costa Rica, Hawái, Puerto Rico y Ecuador.

Importancia de la especie en el país

Basado en Estadísticas PINFOR-PROBOSQUE 2000-2018³, Estadísticas PINPEP 2007-2017⁴, Cojóm (2015), FAO (2004).

En Guatemala, el área de palo blanco establecida mediante plantaciones forestales puras con incentivos forestales (PINFOR, PINPEP y PROBOSQUE) hasta finales del año 2018 sumaba una cantidad de 661434 ha; la cantidad de área reforestada hasta el año 2018 ubicaba a la especie en el lugar 5 en cuanto a preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación. La importancia de la especie ha permitido que se registre la existencia de plantaciones en 18 de los 22 departamentos de Guatemala, distribuidas en 92 municipios del territorio nacional.

En Guatemala, el departamento de Alta Verapaz presenta la mayor extensión de plantación (2730.98 ha), seguido de las 956.38 hectáreas establecidas en el departamento de Escuintla y el tercer departamento con mayor superficie de plantación con la especie es San Marcos (556.88 hectáreas). En Guatemala, los primeros cinco municipios con mayor existencia de plantaciones puras de palo blanco son: 804.99 hectáreas en Cobán, Alta Verapaz; 715.15 hectáreas en Senahú, Alta Verapaz; 314.69 hectáreas en Escuintla, Escuintla; 293.40 hectáreas en Santa María Cahabón Alta Verapaz y 286.94 hectáreas en Malacatán, San Marcos.

La aptitud de crecimiento de la especie ha sido uno de los motivos para incrementar las áreas de introducción mediante sistemas agroforestales, de esa cuenta, hasta finales del año 2017, de acuerdo con la base de datos de PINPEP del INAB, se registra la existencia de 257.48 hectáreas de palo blanco mediante 478 proyectos en sistemas agroforestales –SAF–, la modalidad de SAF preferida por los poseedores es la de “árboles en línea”.

³ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINFOR-PROBOSQUE 2018 (Programa de Incentivos forestales y Programa de Incentivos para la Recuperación, Establecimiento, Restauración, Producción, Manejo y Protección de Bosques en Guatemala) 2000-2018. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB.

⁴ 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, departamento de Incentivos forestales del INAB.

Es de notar que, en la zona sur de Guatemala, el palo blanco aparece mayormente en plantaciones puras (70% de todas las plantaciones), mientras que en la zona este-norte, la proporción es inversa: más del 75% de las plantaciones han sido establecidas en arreglos mixtos. La especie se ubica dentro del grupo de las semipreciosas, con mercado potencialmente desarrollado: aceptada para ciertos usos, se vende solo a usuarios específicos y a precios menores que las preciosas.

La preferencia por esta especie parece haber bajado seriamente en los últimos años. Mientras que entre el año 2002 y el año 2010 se estableció, en promedio, 646 hectáreas anualmente, con una área máxima de 877.8 ha en el 2004, esta superficie bajó a 100 ha/año desde el 2012. ¿Será por un renovado interés en la producción del café o por malas experiencias en su cultivo -elevada exigencia en cuanto a calidad de sitio para un desarrollo óptimo-, tal y como lo sugiere Cojom (2015)? La explicación a la caída de interés observada requiere más que formular supuestos y debería buscarse con seriedad, aún más considerando que el palo blanco sigue siendo una especie prioritaria en la política forestal del país.

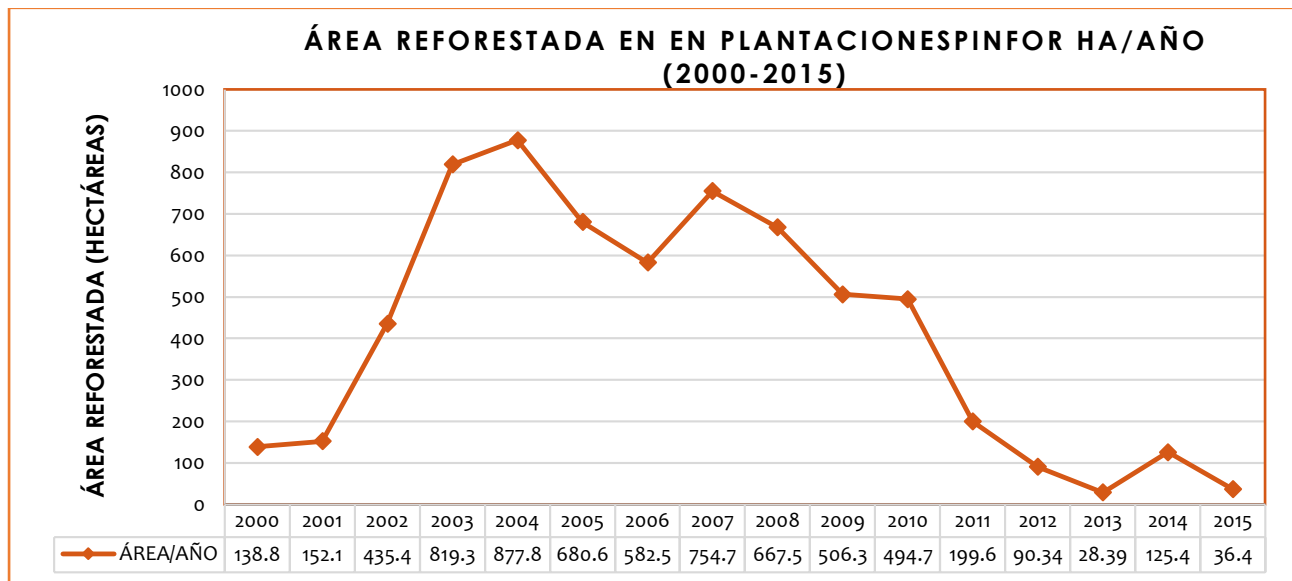


Figura 1. Tendencia de las reforestaciones con la especie palo blanco, mediante el programa de incentivos Forestales (PINFOR) desde el año 2000 al 2015 en Guatemala.

Es importante mencionar que a partir que las reforestaciones reportadas en proyectos PROBOSQUE (Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala), desde 2016 a 2018 únicamente suman 3.48 hectáreas en tres años, este aspecto respalda el análisis anterior, acerca de la tendencia en la reducción de reforestaciones con la especie.

Por su parte, el programa de incentivos PINPEP en la modalidad de sistemas agroforestales –SAF- ha contribuido en la ganancia de áreas con palo blanco, aspecto alentador que propicia la aptitud de la especie en SAF, los cuales pueden seguirse potencializando; actualmente, la preferencia de los poseedores se concentra en 4 arreglos agroforestales: árboles en asocio con cultivos anuales, árboles en asocio con cultivos perennes, árboles en línea y sistemas silvopastoriles.

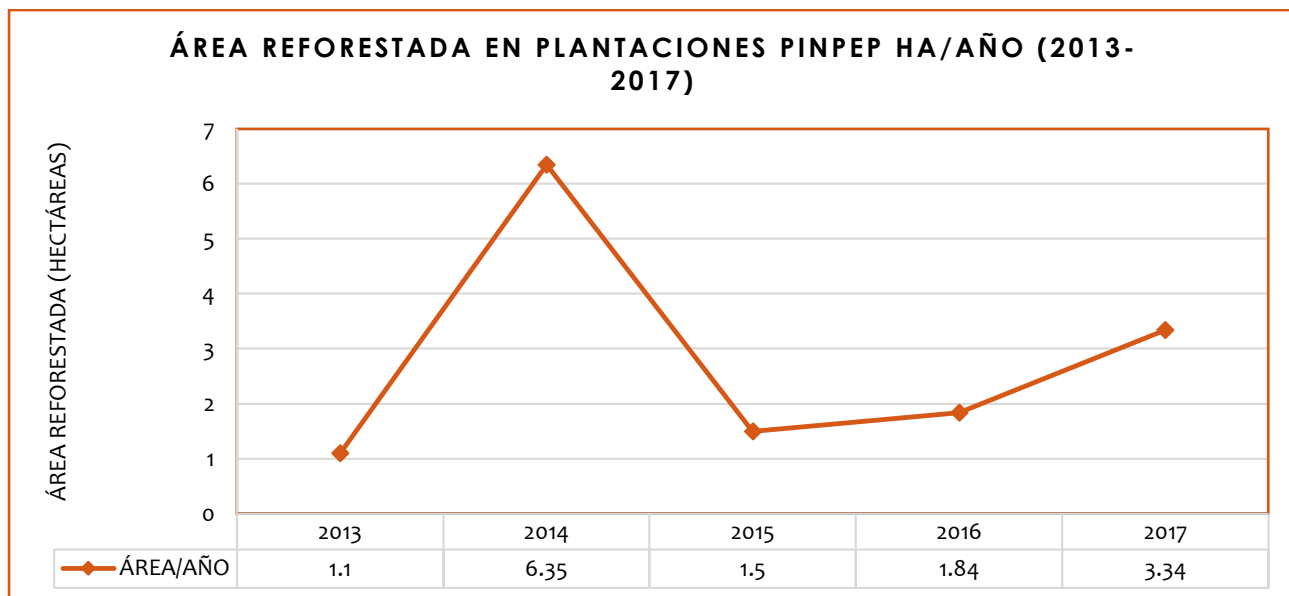


Figura 2. Tendencia de las reforestaciones con la especie palo blanco mediante el programa de incentivos PINPEP en Guatemala, desde el año 2013 al 2017.

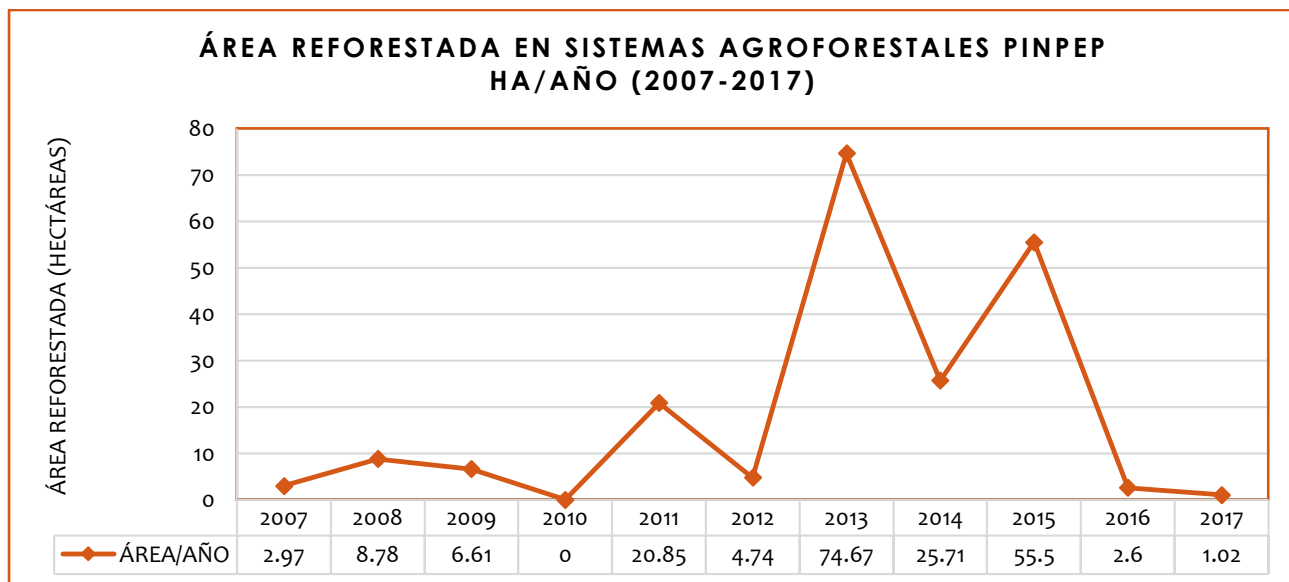


Figura 3. Tendencia de las reforestaciones en sistemas agroforestales con la especie palo blanco, mediante el programa de incentivos forestales PINPEP en Guatemala, desde 2007 al 2017.

Aptitud forestal – agroforestal

Basado en Cordero y Boshier (2003), INAB (2015), INAB (sistematización de experiencias 2018).

El palo blanco ha sido aprovechado tradicionalmente del bosque natural por su madera. Sin embargo, pareciera que en Guatemala los bosques naturales latifoliados que albergan a la especie están en fuerte recesión, ya que no se encontró ningún documento que presentara información acerca de su presencia (como por ejemplo datos de inventarios forestales para planes de manejo).

PLANTACIONES PURAS: La especie palo blanco ha demostrado ser bastante exigente en cuanto a requerimientos y condiciones, manifestándose su potencial como plantaciones puras en las zonas de su distribución natural del pacífico de Guatemala, como el caso de las plantaciones en los municipios de Nuevo San Carlos en Retalhuleu; Santo Domingo y Cuyotenango en Suchitepéquez y; Nueva Concepción en Escuintla, entre otros.

En consecuencia, ha sido común que palo blanco se resulte combinando con otras especies forestales e inclusive la introducción de cultivos agrícolas para aprovechar el espacio y agregar valor a la plantación. En otros casos, la especie es susceptible a algunas plagas y enfermedades, como en el caso registrado durante la sistematización de experiencias a finales del 2018, en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala; la cual reporto daños por un complejo de hongos que ocasionó la muerte a varios árboles, inclusive, de algunos rodales completos (el detalle de manejo de plaga se amplía más en el capítulo "plagas y enfermedades de la especie"), lo cual no sucedió con la misma intensidad en rodales agroforestales vecinos (palo blanco y café)



Figura 4 Rodal puro de palo blanco con presencia de hongo (izquierda) y rodal agroforestal con presencia del hongo en menor severidad (derecha), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.

Tal como se aprecia en la Figura 4, existe poca densidad (arb/ha) en los que fueron rodales puros, debido a la eliminación y mortandad de árboles con daño severo provocado por el hongo, a diferencia de los árboles que se encuentran distribuidos en rodales aledaños en sistemas agroforestales.

PLANTACIONES MIXTAS: Ha resultado importante la combinación de palo blanco con otras latifoliadas (plantaciones mixtas) principalmente en el norte del país, donde es común encontrar una mayor diversidad de especies maderables de alto valor comercial que resultan convenientes para el silvicultor quien dispone mezclar especies pensando diversificar sus ingresos, de acuerdo con la dinámica de crecimiento de las especies seleccionadas.

Palo blanco tiene características que facilitan su asocio con otras especies forestales, porque su copa no demanda excesivo espacio vertical por ser reducida durante los primeros años, además responde favorablemente a la competencia intraespecífica⁵, favorecida por la sombra, pudiendo responder con un rápido crecimiento durante los primeros años para lograr dimensiones aceptables para los primeros raleos, demostrando finalmente una buena aptitud en arreglos mixtos. En consecuencia, es común observar palo blanco en mezclas que incluyen Cedro *Cedrela odorata*, Caoba *Swietenia macrophylla*, Santamaría *Calophyllum brasiliense*, entre otras.



Figura 5. Plantación mixta de palo blanco, cedro y caoba en la Hacienda Magdalena, Caballo Blanco, Retalhuleu, Guatemala.

⁵ Es la interacción que tiene lugar entre dos o más individuos de especies diferentes



Figura 6. Plantación mixta de palo blanco y Santamaría *Calophyllum brasiliense* en la finca Valle Verde, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

SISTEMAS AGROFORESTALES: La especie es componente importante del sistema agroforestal "producción de café en asocio con especies maderables". Dos fincas de la zona sur de Guatemala que practican este sistema desde varias decenas de años, han sido identificadas por el INAB como experiencias exitosas de manejo forestal propuestas como sitios demostrativos (finca El Parraxé, Samayac, Suchitepéquez; finca El Gudiel y Los Abanicos, Chiquimulilla, Santa Rosa).



Figura 7. Sistema agroforestal de palo blanco y café en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.

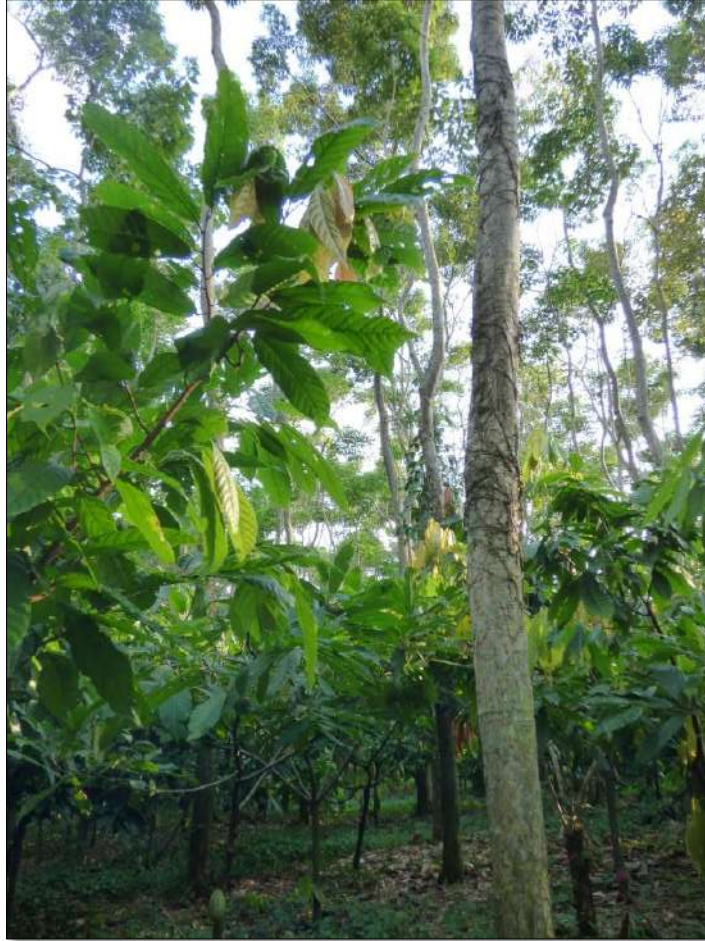


Figura 8. Sistema agroforestal de palo blanco y cacao en la finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.

Usos

Basado en Santizo (2007), Hernández et al. (1999), Salazar y Soihet (2001), Cordero y Boshier (2003), FAO (2004).

La madera del palo blanco es moderadamente pesada, de color amarillo-anaranjado claro (varía de blanco amarillenta a pardo amarillenta). No se observa diferencia entre el color de la albura y el duramen. No tiene ningún olor ni sabor distintivo. Es una madera con elevado lustre, diseño liso con un veteado pronunciado, grano recto, textura fina a media.

Es una madera fácil de trabajar y secar, con buen acabado. Sin embargo, no es resistente al ataque de insectos. Por sus cualidades y debilidades se recomienda para una utilización interior, en puertas, muebles fijos y ebanistería en general. La especie se usa también como leña. Además, la especie ha sido establecida a menudo como ornamental, debido a su impresionante despliegue de flores amarillas. A veces se usa como sombra para las orillas de carreteras, parques y hogares.

Estado de protección legal de la especie en el país

Si bien la especie es nativa, por lo tanto no es endémica y no se la considera amenazada (Ramírez et al. 2012).

5. Selección de sitio

Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en Vela (2006), Sánchez (2008), Vanegas (2011), INAB (2012), CATIE (1986), Cordero y Boshier (2003), Hernández et al. (1999), Francis (2000).

Clima

TEMPERATURA: La temperatura media anual de los lugares donde mejor crece el palo blanco oscila entre 23 y 27°C, con temperatura mínima media del mes más frío entre 17 y 23°C.

PLUVIOMETRÍA: La especie requiere una precipitación media anual entre 1,000 y 3,000 mm, con época seca de 2 a 3 meses. Sin embargo, la especie necesita en la zona sur de Guatemala por lo menos 2,000 mm/año para mostrar sus mejores crecimientos.

ZONA DE VIDA: El bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c)) es la zona de vida ideal para el desarrollo de la especie en Guatemala. Esta zona, que se extiende en un rango altitudinal entre 200 y 1,000 msnm, corresponde para el caso de la costa sur al pie de monte volcánico o boca costa, y, para el caso de la zona norte del país, a la Franja Transversal del Norte y la zona sur de Petén.

Plantaciones en otras zonas de vida presentan crecimientos inferiores a la media, o hasta tuvieron que ser abandonadas por alta mortalidad (caso de un ensayo sobre comportamiento del palo blanco instalado en la zona de vida Bosque seco subtropical del departamento de Cortés, Honduras).

Fisiografía

ALTITUD: El palo blanco presenta buen crecimiento y productividad en sitios localizados entre 200 y 1000 msnm.

PENDIENTE DEL TERRENO: Los sitios que muestran crecimientos altos se encuentran en pendientes menores a 15%. Con pendientes mayores disminuye la productividad.

POSICIÓN EN EL PAISAJE: Los terraplenes aluviales y las pendientes bajas coluviales constituyen las mejores posiciones topográficas.

ASPECTO/EXPOSICIÓN: No es un factor influyente significativo.

Suelo

En su área de distribución natural, el palo blanco crece sobre suelos aluviales y suelos derivados de cenizas volcánicas, roca metamórfica y piedra caliza.

TEXTURA: Las texturas de suelo adecuadas van de arenosas hasta franco arcillosas, con unos valores de pH (potencial hidrogénico) entre 5.5 y 7.5. Suelos arenosos con retención de humedad limitada (bien drenados), pero profundos (particularmente en áreas rocosas), sin presencia de capas impermeables, fértiles, son los ideales para el crecimiento del palo blanco.

FACTORES LIMITANTES: El crecimiento de las plantaciones de la especie es limitado por pH alcalino, alta saturación de bases, poca profundidad del suelo y exceso de agua disponible (vale indicar que en zonas con anegamiento, es común ver focos de árboles con daños provocados por un complejo de hongos en el sistema radicular).

Aún existen incongruencias entre investigadores acerca de los elementos del suelo que determinan el crecimiento y productividad del palo blanco, y su rango de valores óptimos. Es necesaria mayor investigación de síntesis para identificar factores limitantes reales en este grupo de variables.

En el año 2001 se desarrolló una investigación en la que se evaluaron las variables citadas anteriormente y su efecto en la productividad de palo blanco en Guatemala, definiendo las condiciones ideales para plantar esta especie. En el Cuadro 1 se presenta la descripción para cada una de dichas variables como principales consideraciones para la selección del sitio.

Tabla 1. Variables y rangos ideales para la selección de sitio para palo blanco en Guatemala.

Tipo de Variable	Variable	Descripción	
		Costa Sur	Región Norte
Fisiográficas	Elevación	250 a 600 msnm	32 a 450 msnm
	Pendiente del terreno	De 3 a 20%	Menor a 15%
	Paisaje del terreno	No se encontró diferencia en el estudio	Fondo plano
	Pedregosidad externa	Sin pedregosidad y poca pedregosidad	Con o sin pedregosidad
	Inundación	Que no se inunde por períodos largos de tiempo o que tengan buen drenaje	No tolera suelos anegados
Climáticas	Temperatura	18 a 26 ° C de promedio anual	23 y 25.5 °C. de promedio anual
	Precipitación	Mayor a 1000 mm anuales	-----
Suelo	Compactación	Poca o ninguna en el suelo	-----
	pH	Menor a 5.9 (de preferencia)	De 5.2 a 8.1
	Cobre	Menor 2 ppm	-----
	Zinc	Menor a 7 ppm	Menor a 0.5 ppm
	Hierro	Menor a 50 ppm	Menor a 45 ppm
	Saturación de bases	Entre 45 y 75%	Mayores 50%
	Sodio	Menor a 0.40 meq/100gr	-----
	Calcio	Menor a 10 meq/100gr	52.4 meq/100gr
	Magnesio	Menor a 1.6 meq/100gr	Mayor a 10 meq/100gr
	Manganeso	Menor 24 ppm	Menor a 45 ppm
	Arcilla	No mayor de 42%	Menores a 35%
	Materia Orgánica	No mayor a 7%	Entre 2.46 y 12.13%

Distribución potencial de la especie en Guatemala

El Departamento de Investigación Forestal del INAB, en coordinación con el Departamento de Sistemas de información forestal de la misma institución, han elaborado el siguiente mapa de la distribución potencial del palo blanco, basado en información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica (Cordero y Boshier 2003, INAB 1999b, Francis 2000, Salazar y Soihet 2001), y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía nacional (Cojom 2015, Hurtado 2016⁶).

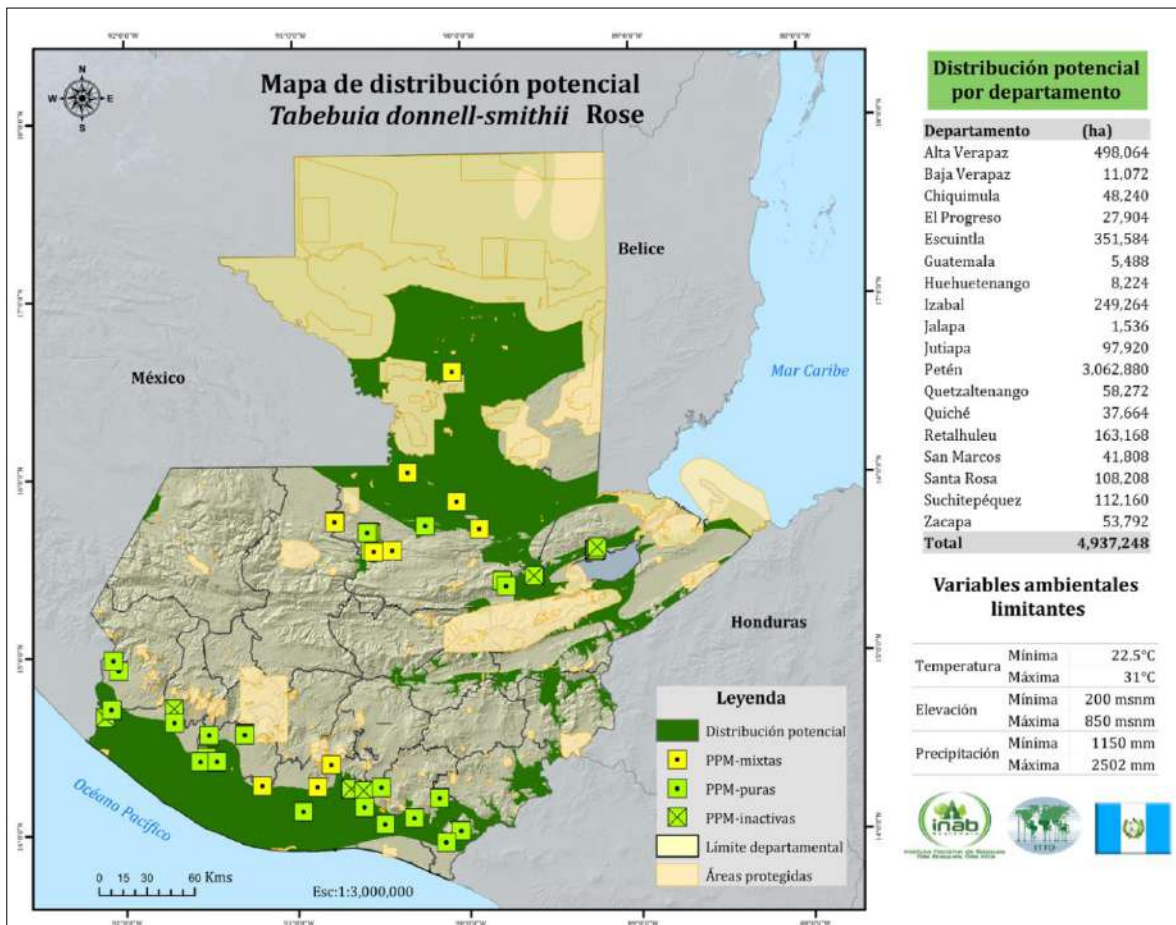


Figura 9. Mapa preliminar de distribución potencial de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

La Figura 9 muestra además la ubicación de las parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) establecidas en plantaciones de palo blanco. Es de interés, sin embargo, remarcar aquí mismo que numerosas PPMF están ubicadas fuera del área de distribución potencial. El análisis del crecimiento de la especie observado en todas las PPMF indica que algunos de los mejores desarrollos mostrados se presentan en PPMF fuera del área de distribución potencial, resultado que sugiere incorporar la información de la descripción de sitio de cada PPMF para mejorar la definición del área de distribución potencial de la especie.

⁶ Hurtado Domingo L. 6-7 abr. 2016. Proceso de elaboración de los mapas de distribución potencial de las especies prioritarias (correos electrónicos). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, departamento de Investigación Forestal.

Una comparación de las áreas de distribución potencial con las áreas realmente plantadas enseña particularidades. A nivel nacional, sólo el uno por mil del área potencial ha sido aprovechado para introducir la especie. En Guatemala, San Marcos es el departamento con mayor uso del área potencial (14%), seguido por Quetzaltenango (7%) y Alta Verapaz (6%), mientras que en Petén no se ha plantado en extensiones significativas, a pesar de presentar la mayor área potencial (solamente 136.72 ha reforestadas, para un potencial de 3,062,880.0 ha), quizás por el factor suelo.

Modelos de crecimiento (variables ambientales)

Vela (2006) y Sánchez (2008) generaron modelos para la predicción del crecimiento y productividad del palo blanco basados en variables ambientales, el primero para la zona sur de distribución de la especie en Guatemala y el segundo para la zona norte. Las únicas variables comunes entre los modelos propuestos son la acidez del suelo y la pendiente del terreno.

Ambos autores coinciden en indicar el mal ajuste de los modelos desarrollados y recomiendan no usarlos para hacer estimaciones. Considerando la importancia de la especie, debería analizarse la información conjunta de los investigadores con otra pertinente, para generar conclusiones robustas.

Recomendaciones para una correcta elección de sitio

Basado en Vanegas (2011), Cordero y Boshier (2003), Salazar y Soihet (2001), Hernández et al. (1999), Sánchez (2008)

El palo blanco se desarrolla óptimamente en la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c)). Crece mejor en sitios con pendientes menores al 15%, en suelos fértiles, profundos, bien drenados y con pH neutro. La especie es altamente susceptible a incendios.

Ejemplos de buena o mala elección

BUENA ELECCIÓN: La plantación forestal, ubicada en finca El Socorro, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala, se categoriza como una plantación con índice de sitio "excelente" considerando que los atributos dasométricos y de productividad expresados en incremento medio anual (IMA) superan los valores de promedios nacionales característicos de índices de sitio "excelentes", los valores reportados en la finca son: 2.5 cm de IMA en DAP, 2.3 m de IMA en altura, 1.47 m²/ha de IMA en área basal y 16.6 m³/ha de IMA en volumen total (plantación con una edad de 7.4 años); el índice de sitio calculado con la altura dominante de la plantación es de 20.66 m (versus alturas > a 17.5 m característicos de sitios excelentes). Las principales características del sitio son: altitud (617 msnm), sin presencia de inundaciones, "buen" drenaje, libre de pedregosidad superficial, textura franco arcillosa y pendiente pronunciada (de 25 a 50% de inclinación).

Al analizar las características de sitio, tales como altitud, drenaje, textura, pedregosidad y pendiente, puede observarse que dichas características coinciden con una adecuada selección de variables fisiográficas y de suelo para la especie, adicionalmente, las condiciones de temperatura y precipitación son favorables, considerando que se encuentra dentro de la región climática de la Bocacosta de Guatemala; otro factor determinante ha sido el adecuado control de malezas, el cual se ha visto favorecido por el asocio agroforestal con maíz y frijol durante los primeros tres años, y posteriormente las limpias han sido constates, lo anterior confirma que palo blanco es muy sensible a la competencia, pero al ser controlado dicho aspecto, la especie expresa su máximo potencial de crecimiento (el estado actual de la plantación puede observarse en la figura 12).

Otra plantación ejemplar, se encuentra establecida en Finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala; la cual, se categoriza como una plantación con índice de sitio "excelente" considerando que los atributos dasométricos y de productividad expresados en incremento medio anual (IMA) superan los valores de promedios nacionales característicos de índices de sitio "excelentes", los valores reportados en la finca son: 1.66 cm de IMA en DAP y 1.80 m de IMA en altura (plantación con una edad de 12 años); el índice de sitio calculado con la altura dominante de la plantación es de 20.93 m (versus alturas > a 17.5 m característicos de sitios excelentes). Las principales características del sitio son: altitud (490 msnm), sin presencia de inundaciones, buen drenaje superficial, libre de pedregosidad superficial, textura franco arcillosa y pendiente moderada (de 12 a 25% de inclinación).

Al analizar las características de sitio, tales como altitud, drenaje, textura, pedregosidad y pendiente, puede observarse que dichas características coinciden con una adecuada selección de variables fisiográficas y de suelo para la especie, adicionalmente, las condiciones de temperatura y precipitación son favorables, considerando que se encuentra dentro de la región climática de la Bocacosta del de Guatemala; otro factor determinante ha sido el adecuado control de malezas, el cual se ha visto favorecido por el asocio agroforestal con el cultivo agrícola permanente cacao *Theobroma cacao*, así mismo, las limpiezas han sido constates, lo anterior confirma nuevamente que palo blanco es muy sensible a la competencia, pero al ser controlado dicho aspecto, la especie expresa su máximo potencial de crecimiento; otro factor a considerar para el éxito de dicha plantación consiste en la procedencia de la semilla, ya que los árboles forman parte de la primera generación procedente de árboles semilleros seleccionados en la misma finca, mediante el "Programa de mejoramiento genético del material superior del palo blanco" (el estado actual de la plantación puede observarse en las figuras No. 8 y 11).

MALA ELECCIÓN: En terrenos con drenaje deficiente o anegamiento (aún más si se ubican en regiones con altas precipitaciones), es frecuente encontrar focos de árboles de palo blanco que mueren por ataques de un complejo de hongos a su sistema radicular (*Fusarium* sp., *Phoma* sp. y *Colletotrichum* sp.) (INAB 2012). Tal como se describe en los ejemplos de buena elección, los sitios excelentes gozan de "buen" drenaje, además cuentan con pendientes que favorecen tal aspecto.

6. Producción de plántulas y genética

Diversidad genética y procedencia

Basado en Ramírez (2009), Ramírez et al (2012).

No hay un estudio acerca de la diversidad genética de las poblaciones de palo blanco en Guatemala, sin embargo, en el marco del Programa de mejoramiento genético del material superior del palo blanco (alianza entre Pilonos de Antigua, Gremial Forestal, INAB, Asociación Nacional del Café [ANACAFE] y la Cooperativa Internacional para la Conservación y Domesticación de los Recursos Forestales [CAMCORE]) durante el período 2004-2008, se llevó a cabo un concurso de selección de los árboles de palo blanco con características fenotípicas sobresalientes, establecidos en la zona de distribución natural de la especie en el país, desde la frontera de México hasta la frontera de El Salvador, entre 50 y 1000 msnm. Se seleccionaron así 50 árboles plus en 17 fincas, premiándolas en efectivo e incentivando la sensibilización a la importancia de la conservación de la especie.

Se recolectaron semillas y púas de todos estos árboles, y se establecieron ensayos de progenie en Guatemala (ubicados en las tres fincas siguientes: San Ramón El Juilín [Santo Domingo, Suchitepéquez], La Primavera Xolhuitz [Nuevo San Carlos, Retalhuleu] y La Eminencia [Escuintla, Escuintla]) y, un ensayo clonal (ubicado en la finca San Ramón El Juilín [Santo Domingo, Suchitepéquez]). La ubicación geográfica de los 50 árboles plus y diseño de cada ensayo, está descrito detalladamente en Pilonés de Antigua (2009), propiedad de dicha entidad.

En la sistematización de experiencias se visitó la finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala, en donde pudo observarse uno de los primeros 10 árboles plus referidos en el párrafo anterior, así como una de las plantaciones procedentes del material colectado por Pilonés de Antigua.

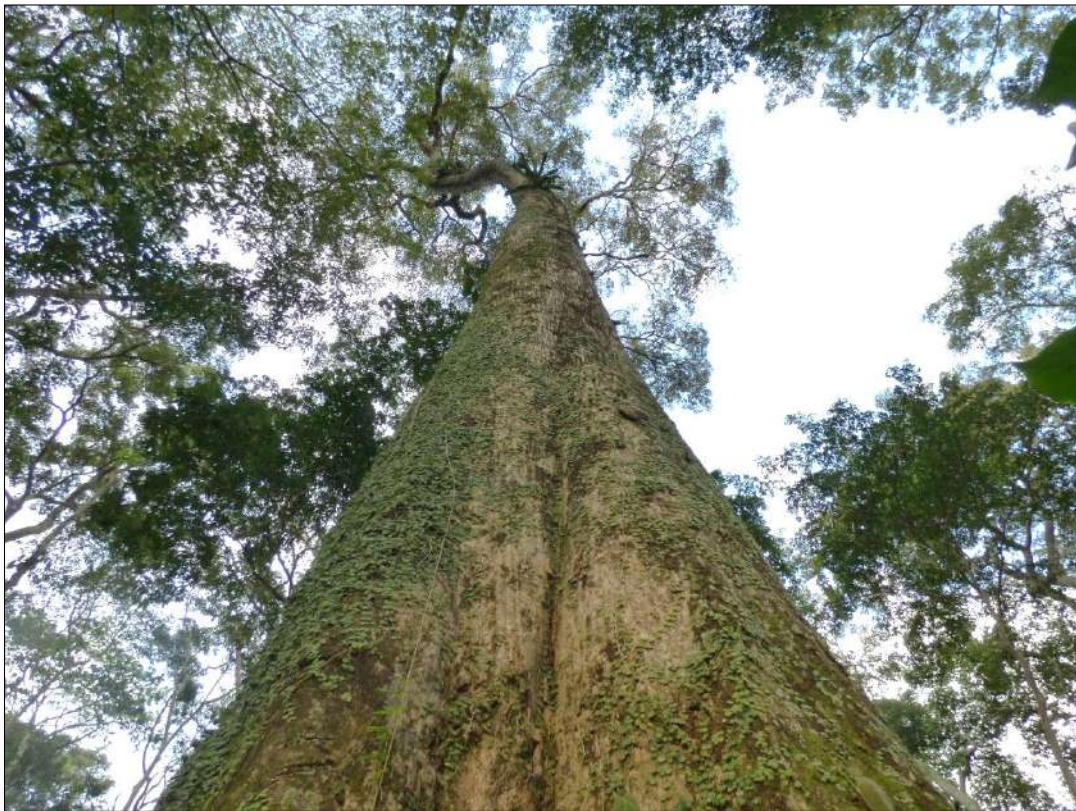


Figura 10. Árbol de palo blanco plus seleccionado entre los primeros lugares, de donde se obtuvo material genético para los ensayos de progenie, finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.

Como se observa en la Figura 10, el árbol tiene un porte completamente dominante dentro de un sistema agroforestal con café, en el que se observan algunos árboles naturales aislados. Este árbol cuenta con un diámetro estimado en 1.25 metros y tiene una altura estimada de 46 metros, características fenotípicas que influyeron para conservar su genética, surgiendo la inquietud si sus generaciones se manifiestan con características similares. Durante el recorrido también se tuvo acceso a una plantación establecida en el año 2006, con árboles provenientes del material genético de la recolección realizada por Pilonés de Antigua.



Figura 11. Plantación de palo blanco proveniente de material genético de los mejores padres a nivel nacional, finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala.

Como muestra en la figura 11, a los 12 años de edad, los árboles demuestran su potencial y su vigor genético heredado por los mejores árboles de palo blanco a nivel nacional. El promedio de diámetro de la plantación es de 20 centímetros (crecieron 1.65 centímetros por año) y una altura total dominante de 22.3 metros (crecieron 1.8 metros al año); es decir que en 12 años llegan a medir la mitad de la altura que el padre, ubicándose dentro de los más altos crecimientos a nivel nacional (reportados por PPMF a nivel nacional), dando un ejemplo claro sobre la importancia de utilizar material genético de calidad en una plantación comercial competitiva.

Rodales semilleros

Basado en el Registro Nacional Forestal de Guatemala, Hernández (2004)

Las fuentes semilleras de palo blanco inscritas en el Registro Nacional Forestal (declarado como *Cybistax donnell-smithii*) son las siguientes:

Tabla 2. Registro de la inscripción de fuentes semilleras de palo blanco en Guatemala.

Registro	Departamento	Municipio	Finca	Bosque	Área [ha]
FS-1079	Retalhuleu	El Asintal	Buenos Aires	Natural	10
FS-1059	Retalhuleu	Nuevo San Carlos	La Primavera	Natural	10
FS-1061	Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	San Francisco Miramar	Natural	77
FS-1094	Escuintla	Guanagazapa	El Triunfo	Natural	27

Fuente: Registro Nacional Forestal del INAB, consultado el 21 de enero de 2019

A la fecha de consulta, todas las fuentes semilleras se encuentran inactivas. No está incluido en esta lista el huerto clonal establecido en el marco del Programa de mejoramiento genético del material superior del palo blanco en Guatemala, en la finca San Ramón El Julín (Santo Domingo, Suchitepéquez), que está en producción.

Además, el BANSEFOR (Banco de semillas forestales) del INAB, Guatemala, ha efectuado colectas en fincas de los municipios de Tiquisate y Masagua (departamento de Escuintla), San Miguel Panán (departamento de Suchitepéquez), Colomba Costa Cuca y Coatepeque (departamento de Quetzaltenango), sin mencionar los 50 árboles plus seleccionados en el marco del Programa de mejoramiento genético del material superior del palo blanco en Guatemala (Pilones de Antigua, 2009).

Semilla

Descripción

Basado en Salazar y Soihet (2001), Cordero y Boshier (2003), Hernández (2004).

La semilla es delgada, plana y rodeada de un ala ligera. Tiene forma cordada, comprimida, de 7 a 7.5 mm de largo y de 4.5 a 5 mm de ancho, con un ala marginal amarillenta y translúcida, de 15 a 17 mm de largo y de 10 a 13 mm de ancho, incluyendo la semilla. La testa es de color amarillo claro a moreno, opaca, membranosa de 0.1 a 0.3 mm de grosor. El embrión es recto, cordiforme, comprimido, de color crema y ocupa toda la cavidad de la semilla. Tiene dos cotiledones, planos, carnosos, cordiformes. La radícula es corta, erecta, inferior y dirigida al hilo. La semilla carece de endospermo.

Recolecta

Basado en Hernández (2004).

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN EN GUATEMALA: Esta especie alcanza la maduración de frutos en el mes de marzo, siendo el período de colecta del 10 de marzo al 10 de abril.

EVALUACIÓN PREVIA A COLECTAR FRUTOS: Ubicada la fuente semillera, se seleccionan y marcan los mejores árboles observando los siguientes criterios: árboles dominantes con fuste recto, sin bifurcaciones, que no tenga el hilo en espiral, sin presencia de gambas en la base o gambas no muy grandes, libres de plagas y enfermedades. Número recomendado de árboles para la colecta: de 25 a 30.

La madurez de las vainas se reconoce por su tamaño (vainas bien formadas y de gran tamaño), su color (cambiando de verde amarillento a café o pardo oscuro), y su textura (rugosa y no lisa). La flexibilidad de la vaina es un criterio más: cuando la vaina se dobla fácilmente, está aún tierna; recién cuando se quiebra, está sazona. Grietas en el centro de la vaina y vainas abiertas y secas de color café en un árbol son indicadores de la madurez que presentan la mayoría de las vainas en este árbol. "Una semilla de color café claro o beige es óptima para colectar".

PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN: Subiendo al árbol con espolones, equipo de seguridad y herramientas para cortar vainas (vara de extensión con cuchilla tipo S y sacos de pita), se cosecha cortando ramas o el pedúnculo de las vainas, empujando o jalando la cuchilla. Si se sacuden las ramas se facilita el desprendimiento de vainas sazonas, ya que el pedúnculo se desprende fácilmente, para luego recogerlas en el suelo y depositarlas en sacos de pita. Al poner los frutos en sacos, se deben separar vainas secas y abiertas de las vainas sazonas todavía cerradas, con el objetivo de no humedecer las semillas cuyo proceso de secado está más avanzado.

Acondicionamiento

Basado en Hernández (2004).

POSTMADURACIÓN DE LA FRUTA: Se inicia el proceso de acondicionamiento con la limpieza de los frutos recolectados, eliminando hojas y basura que se haya transportado; cápsulas inmaduras y frutos enfermos se desechan. Esta actividad de limpieza se realiza bajo sombra y buena ventilación. Cuando ya están limpios los frutos, se colocan en cajas de madera con malla metálica de fondo, dispuestos de manera dispersa (no amontonados para favorecer un buen secado y abertura de las vainas) y manteniéndolos siempre bajo sombra y buena ventilación.

SECADO DE LA FRUTA: Los frutos que se encuentran en las cajas se mantienen bajo sombra durante 3-5 días.

EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA: Cuando las vainas presentan una abertura, son abiertas manualmente y sacudidas suavemente, de manera que la semilla caiga en una caja de madera. Debe tenerse precaución en no golpear y compactar la semilla.

SECADO DE LA SEMILLA: Esta semilla se coloca al sol durante unas 2 horas y se remueve constantemente hasta que esté bien seca. Se debe tapar la caja que contiene las semillas por otra caja (también de fondo de malla), ya que por su peso, la semilla se dispersa fácilmente por el viento.

Es necesario quitar toda la basura que queda depositada con la semilla. Luego esta semilla sigue su secado bajo sombra por espacio de 1-2 días. En este proceso es necesario remover las semillas de manera delicada y de forma periódica para asegurar un secado uniforme.

RENDIMIENTO: En la recolección, un escalador con experiencia puede cosechar hasta 3 sacos con fruto por día, con un ayudante. Un saco con frutos puede llegar a rendir aproximadamente 1.2 kg de semillas. Existe una relación aproximada de 170000-230000 semillas por kilogramo, con porcentaje de germinación del 52 al 74% y porcentaje de pureza del 95 %.

Conservación y viabilidad

Según Hernández (2004), la semilla de palo blanco se almacena con contenidos de humedad de 8-12%, dentro de bolsas plásticas bien selladas al vacío. Estas bolsas se colocan dentro de botes plásticos, que se depositan en un cuarto frío con temperatura mantenida entre 5-6°C (puede utilizarse la parte baja de un refrigerador para almacenar esta semilla).

Pero Francis (2000) y Cordero y Boshier (2003) recomiendan reducir el contenido de humedad de las semillas al 5-6%, secándolas al sol por 1-2 semanas adicionales. Una vez secas pueden almacenarse en contenedores herméticos y mantenerse a temperatura ambiental hasta por un año, sin excesiva pérdida de viabilidad.

Tratamientos pre-germinativos

Las semillas germinan en 12-18 días sin necesidad de ser pre-tratadas (Cordero y Boshier 2003).

Ningún tratamiento es necesariamente efectivo para superar la germinación en semillas frescas. Al almacenarlas por más de 10 días, se mejora la germinación mediante la inmersión en agua fresca durante 12 horas (Hernández et al, 1999).

Según Pereira (2002), el fotoperiodo no atribuye en la germinación del palo blanco, pero la temperatura ambiental sí. Condición óptima: 28°C, un ambiente más frío o más caliente afecta negativamente el proceso. Sin embargo, su estudio muestra que la germinación en el ambiente natural del Banco de Semillas Forestales de Guatemala es buena, y sus resultados no invalidan la recomendación de los autores anteriores.

El uso de fitoregulador (Biozyme a la dosis de 3 cc/l de agua) mejora la germinación, pero la ganancia no es estadísticamente significativa (Mazariegos 1993).

Producción de plantas

Métodos de propagación...

...sexual

Basado en Hernández et al. (1999), Cordero y Boshier (2003), Teni (2007), Salazar y Soihet (2001), Francis (2000).

El palo blanco se reproduce básicamente por semilla, las cuales germinan en 10 a 18 días sin necesidad de ser pre-tratadas (ver acápite "Tratamientos pre-germinativos" para mayores consideraciones).

PLANTAS A RAÍZ DESNUDA: Las plantas se establecen por siembra en vivero y se llevan al campo cuando tienen unos 40 cm de altura (4 meses de edad). Para las condiciones de Guatemala, Teni (2007) sugiere establecer el semillero a mitad de febrero, para poder realizar el trasplante a campo definitivo en junio-julio. Se requiere 1.5 lb de semilla para 100,000 plántulas.

PLANTAS EN BOLSAS: El trasplante a bolsas se realiza de 3 a 4 semanas después del inicio de la germinación, cuando las plántulas midan de 2.5 a 5 cm y tengan el primer par de hojas verdaderas.

PSEUDOESTACAS: Las plantas cultivadas para pseudoestacas se trasplantan a un espaciamiento de 30 x 30 cm y se dejan crecer hasta 1 m de altura. Esto ocurre de 7- 9 meses después del trasplante. Se corta la parte superior a 10 cm desde el suelo antes de extraer las plántulas. Las raíces se recortan ligeramente y se insertan en tierra húmeda para ser transportadas al campo.

...asexual

ESTACAS: (Pérez 1999). No hay a la fecha un método para usar estacas para propagación del palo blanco.

Una evaluación en condiciones experimentales de la propagación vegetativa de la especie mostró que las estacas, con enraizamiento inducido, formaron callo y brotes inicialmente (hasta el segundo mes del ensayo), pero todas estaban podridas al cabo de 4 meses. El callo que se formó ya no siguió su desarrollo, interrumpiéndose el proceso que se había iniciado y permitiendo con esto que la humedad en la que se estaba desarrollando contribuyera a su pudrición.

El enraizamiento fue inducido por la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) en concentraciones de 3000 y 5000 ppm por el método de inmersión rápida, y 1000, 2000 y 3000 ppm por el método del espolvoreado. El diámetro de estaca no influyó en el no-desarrollo de callo.

En el marco del Programa de mejoramiento genético del material superior de palo blanco en Guatemala, se volvió a intentar reproducir el palo blanco con estacas, igualmente con resultados negativos (ensayo con 1440 estacas, que solamente desarrollaron callosidad, pero no así crecimiento de raíces) (Pilonés de Antigua, 2009).

INJERTOS: En el marco del Programa de mejoramiento genético del material superior del palo blanco en Guatemala, se desarrolló un procedimiento para producir injertos de palo blanco (76% de pegue exitoso del injerto). El proceso de producción con detalles metodológicos está descrito en Pilonés de Antigua, 2009.

PROPAGACIÓN IN VITRO: (Solano, 2007) Aún no se logró desarrollar un protocolo exitoso para multiplicar el palo blanco mediante esta técnica.

Sustratos en vivero

Basado en Tut (2014), Salazar y Soihet (2001).

CAJAS GERMINADORAS: arena desinfectada con suelo común, y arena de río en proporción 1:1, desinfectada.

BOLSAS Y CAMAS DE VIVERO: en condiciones experimentales, una mezcla de lombricompost producido a base de pulpa de café, suelo común y arena de río, en proporción 2:1:1 y debidamente desinfectada, resultó el mejor sustrato para el desarrollo de plántulas vigorosas y con un sistema radical óptimo.

De manera general, la adición de lombricompost como componente de un sustrato significó un incremento en nitrógeno y una mejor porosidad.

7. Establecimiento de plantaciones

Comportamiento ecológico de la especie

Basado en Francis, 2000.

NATURALEZA DE LA ESPECIE: El palo blanco es muy exigente en cuanto a la cantidad de luz. Es una especie pionera y sus semillas germinan de manera habitual en tierras agrícolas abandonadas, en áreas perturbadas y al margen de los caminos en su área de distribución natural. Las plántulas y los árboles jóvenes pueden sobrevivir por varios años bajo los árboles maternos u otras especies secundarias con copa abierta, pero crecerán muy poco sin luz solar plena.

El palo blanco que crece de manera natural se ve, por lo usual, reemplazado después de la primera generación por especies más tolerantes a l(a sombra que se reproducen por medio de semillas, a medida que el rodal se desarrolla. Alta mortalidad y crecimiento lento pueden ocurrir en plantaciones si el estrato superior previo no es removido por completo o si los rebrotes y las hierbas no son controlados de manera adecuada después del plantado.

COMPORTAMIENTO RADICULAR: Las plántulas desarrollan una raíz pivotante profunda, fuerte y carnosas. Unas grandes raíces laterales se desarrollan de manera gradual. Los árboles de palo blanco tienen unos contrafuertes pequeños y una acanaladura puede desarrollarse en los árboles de gran tamaño.

Instalación

PREPARACIÓN DEL TERRENO: Se recomienda hacer una limpia total del terreno, eliminando toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos o de cosechas anteriores. En muchos proyectos de reforestación, se ha utilizado el fuego después de la limpia, porque resulta económico, efectivo para la eliminación de desechos y facilita la plantación. "Si los terrenos donde se va a establecer la plantación se usaron antes para ganadería y son suelos muy compactados, es beneficioso arar el terreno para mejorar sus características físicas, incluso emplear subsolador para eliminar el pie de arado (capa compactada de suelo que limita la penetración de raíces)" (Cojóm 2015).

Sin embargo, debe analizarse con seriedad antes de ejecutar tales mejoras del suelo, si el sitio elegido para la plantación es realmente adecuado para el palo blanco, o lo será gracias a las mejoras. En caso de incertidumbre, mejor plantar otra especie más apta o adaptada a las condiciones. El establecimiento bajo dosel protector no se recomienda. La supresión puede causar una ramificación baja y una inclinación hacia la luz. Debido a esto, el plantado bajo cubierta vegetal seguido de una liberación durante el siguiente año ha demostrado ser un método que deja mucho que desear para el establecimiento del palo blanco. Se pueden observar bifurcaciones en el tallo frecuentemente durante el crecimiento normal y, a pesar de que un líder dominará eventualmente al otro, se desarrollan unas curvaturas leves en esos puntos (Francis 2000).

DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA: Se requiere de un espaciamiento considerable debido a la necesidad de sol pleno y al crecimiento rápido del palo blanco.

En Honduras, el proyecto PROECEN (Estudio del comportamiento de especies forestales nativas con importancia comercial del bosque húmedo tropical en Honduras) ha reforestado la especie en condiciones experimentales a 3x3 m con excelentes resultados de crecimiento, pero se considera que requiere un espaciamiento más amplio en plantaciones (5x5 m) por su necesidad de luz (Cordero y Boshier 2003). En Honduras, el espaciamiento en plantaciones fue por lo general de 9 por 4.5 m (240 árboles por ha). (Francis 2000).

Cojóm (2015) recomienda para Guatemala emplear un espaciamiento de 3 m x 3 m, para plantar un total de 1,111 plantas por hectárea: con esta densidad se garantiza un número adecuado de plantas para la selección de los árboles remanentes para la cosecha final.

MEZCLA CON OTRAS ESPECIES: No existe información documentada sobre el comportamiento del palo blanco asociado con otras especies en plantación. Sin embargo, el temperamento de la especie (muy alta necesidad de luz) induce a pensar que puede funcionar solamente si las especies asociadas presentan un crecimiento menor al palo blanco y se constituyen en rodal acompañante; si esta condición no se cumple, el palo blanco se desarrollará mínimamente con torceduras.

FERTILIZACIÓN INICIAL: En Hacienda Magdalena, Retalhuleu, Guatemala, han dado buenos resultados, la aplicación de fertilizantes sintéticos durante los primeros años de la plantación, con especial atención en la primera fertilización, que se realiza aplicando 2 onzas (56 g) de la fórmula 18-46-0 durante el establecimiento de la planta en campo, colocando el fertilizante al fondo del agujero y cubriéndolo con una capa de tierra sobre la cual se coloca inmediatamente el pilón.

La experiencia de la finca La Primavera Xolhuitz, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala, son los resultados observados (ver figura 11) en los que se realizaron 2 aplicaciones por año de fertilizante orgánico, específicamente gallinaza, aplicando alrededor del árbol $\frac{1}{2}$ canasto (aproximadamente 10 libras) hasta completar un total de 70 libras por cada árbol.

Introducción en sistemas agroforestales

Basado en INAB (2015).

La finca El Gudiela y Los Abanicos (municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa) muestra dos sistemas exitosos, en una área bajo manejo de 245 ha. Por un lado la combinación de árboles con el cultivo de café *Coffea arabica* y por el otro el asocio de cítricos, palo blanco, cedro *Cedrela odorata*, teca *Tectona grandis*, izote *Yucca elephantipes* y banano *Musa spp.*, este último sistema es considerado ejemplar, porque todas las especies que coexisten en el sistema se encuentran con un buen manejo y en producción desde hace décadas.

La finca El Parraxé (municipio de Samayac, Suchitupéquez, Guatemala) se dedica principalmente al cultivo de café con sombra en una área bajo manejo de 270 ha. Hace aproximadamente 13 años, el propietario de la finca inició la introducción de especies maderables de rápido crecimiento al cafetal, tales como mundani *Acrocarpus fraxinifolius* y eucalipto *Eucalyptus spp.*, luego fue introduciendo palo blanco y cedro a las plantaciones para incrementar el valor de las mismas, debido al precio de estas especies en el mercado. Hoy en día los árboles muestran características de forma y crecimiento sobresalientes y son aprovechados de forma sincronizada con los ciclos del cultivo de café; el sistema consiste en dos estratos verticales claramente diferenciados.

8. Silvicultura de plantaciones

Control de malezas

Se deben hacer deshierbes⁷ regularmente durante los primeros 4 años de crecimiento (Cordero y Boshier, 2003). Sin embargo, en los sitios buenos el deshierbe es necesario sólo por un espacio de 2 años, ya que el palo blanco usualmente posee una altura mayor que las hierbas y el matorral a esa edad (Francis 2000).

Según Cojóm (2015), se han encontrado los mejores crecimientos iniciales cuando se efectúan tres o más limpiezas en el primer año, dos limpiezas en el segundo año y una limpieza los siguientes años. Otra labor cultural inicial importante es el plateo, que consiste en una limpieza alrededor del árbol, a fin de eliminar la competencia más cercana a la planta.

La velocidad de crecimiento del palo blanco en altura y copa, y el desarrollo de la maleza en la plantación determinarán el tipo de limpieza a ejecutar y su repetición en el tiempo: debido a que la especie es muy susceptible al agobio, podrá ser necesario realizar controles de enredaderas y bejucos durante más años, particularmente en malos sitios (otra razón de costo para elegir correctamente el sitio donde sembrar el palo blanco).



Figura 12. Rodal de palo blanco de 7.4 años con manejo silvicultural de control de malezas y raleo (finca El Socorro, Guanagazapa, Escuintla, Guatemala).

⁷ Quitar o arrancar las hierbas perjudiciales de un lugar.

Las plantaciones de palo blanco de la finca El Socorro (Guanagazapa, Escuintla, Guatemala), han resultado ejemplares dentro del territorio porque han manifestado buenos resultados, considerando que el área plantada es grande (más de 100 hectáreas). Entre las actividades que han sido determinantes, según su experiencia, es implementar el cultivo de maíz *Zea mays* y frijol *Phaseolus vulgaris* (de crecimiento determinado o de suelo) durante los primeros 3 años de la plantación, con el fin de beneficiar a los árboles por el programa de fertilización, pero principalmente para que el área se mantenga limpia; la cual se realiza mediante el uso de herbicidas (gramoxone). Para la aplicación del químico, se procedió a colocar bolsas de plástico a cada árbol para evitar daños por el rocío durante las aplicaciones, las cuales se realizaron en horarios con poco viento. Una vez que se deja de sembrar maíz y frijol, deben realizarse al menos 2 limpieas por año.

Las experiencias sistematizadas permiten concluir y recomendar que por ningún motivo debe permitirse la presencia de plantas trepadoras (bejucos), las cuales son comunes en el área de distribución de la especie y cuyos efectos son adversos, debido a que detiene el crecimiento de los árboles, dejando en muchos casos marcas significativas en el fuste; así mismo, provocan agobio de las plantas hacia el suelo. La cobertura que alcanzan los bejucos sobre el árbol evita que se aproveche al máximo la cantidad de luz en el área foliar de los árboles de palo blanco.

Durante la sistematización de experiencias 2019, en finca La Eminencia, Escuintla, Guatemala, según lo comentado por el Ing. Rafael Mejía⁸, confirman que los cuidados culturales durante los primeros años (3 a 4) de la planta en campo son fundamentales para que la planta exprese sus mejores atributos derivados del sitio y del ambiente, bajo ese concepto han desarrollado un protocolo de limpieas que aplican a todas las reforestaciones que realizan, la cual se describe a continuación:

(1). LIMPIAS DURANTE EL PRIMER AÑO DE LA PLANTACIÓN?

- a. Plateo: consiste en la eliminación completa de las malezas aledañas a la planta recién establecida en campo, la actividad se lleva a cabo a los 25 días después de la reforestación, el radio del área de plateo es de 65 cm; es importante para garantizar que no existan enredaderas que agobien a la planta en su primera fase de crecimiento.
- b. Primera limpia: Consiste en una aplicación química, que se lleva a cabo a los 30 días después de la reforestación, utilizando el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis de la primera limpia es de 1 litro de producto por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.
- c. Segunda limpia: Consiste en una aplicación química, que se lleva a cabo a los 60 días después de la reforestación, utilizando el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis de la segunda limpia es de 2.5 l/ha, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.

⁸ Ing. Rafael Mejía. 19 de jun 2019. Explicación del protocolo de cuidados culturales en plantaciones forestales. (Entrevista). Encargado de producción forestal, Finca La Eminencia, Escuintla, Guatemala.

⁹ La aplicación de químicos se realiza en bombas de mochila de 20 litros de capacidad y con boquilla del tipo "espuma":

- d. Tercera limpia: Consiste en una aplicación química, que se lleva a cabo a los 90 días después de la reforestación, utilizando el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis de la tercera limpia es de 0.5 litros de producto químico por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.
- e. Cuarta limpia: se lleva a cabo en los meses de noviembre o diciembre, su objeto principal es que la plantación se mantenga libre de malezas durante la época seca (reducir el material combustible) y que la plantación tenga una nueva limpia hasta inicios de la época lluviosa del próximo año, se utiliza el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis es de 0.2 litros de producto químico por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.

(2). LIMPIAS DURANTE EL SEGUNDO, TERCER Y CUARTO AÑO DE MANTENIMIENTO: (todas las aplicaciones descritas se realizan en bombas de mochila de 20 litros de capacidad y con boquilla del tipo “espuma”).

- a. La primera limpia se realiza 30 días después del inicio de la época lluviosa, utilizando el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis de la primera limpia es de 1 litro de producto químico por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.
- b. La segunda aplicación se realiza a los 60 días después del inicio de la época lluviosa, utilizando el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis de la segunda limpia es de 2.5 litros de producto químico por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.
- c. Eliminación de lianas y enredaderas: en sitios donde la precipitación pluvial es constante en toda la época lluviosa, existe presencia abundante de lianas o enredaderas, actividad que en campo se le denomina “desbejucado” y consiste en eliminar las enredaderas y plantas trepadoras desde las raíces, alrededor del árbol (65 cm de radio), dicha actividad se realiza en el transcurso del mes de agosto (3 meses después del inicio de la época lluviosa) con el objeto de evitar el agobio de las plantas en sus primeras fases de crecimiento.
- d. La tercer y última limpia se realiza en los meses de noviembre o diciembre, su objeto principal es que la plantación se mantenga libre de malezas durante la época seca (reducir el material combustible) y que la plantación tenga una nueva limpia hasta inicios de la época lluviosa del próximo año, se utiliza el producto denominado Glifosato®, un adherente y corrector de pH (si fuera necesario), la dosis es de 0.2 litros de producto químico por hectárea, dicha dosis de producto es diluida en un tonel de 200 litros, que se utiliza para una hectárea. Durante la aplicación, se obtiene un rendimiento de limpia de 0.7 ha por persona por día.

Poda

La percepción de los silvicultores observada durante la sistematización de experiencias, afirman que la poda estimula el crecimiento en altura de los árboles, es decir, luego de una poda observaron un desarrollo adicional en comparación con los árboles que no reciben poda. En este sentido, puede aplicarse podas con el objetivo de obtener alturas comerciales mayores.

A veces se producen bifurcaciones en los tallos, pero se pueden evitar mediante el deshije en su fase de formación durante los primeros años: se selecciona la rama de la bifurcación que tenga una posición más vertical y se remueve la otra (Cordero y Boshier, 2003; INAB, 2012). Es necesario realizar esta poda de formación para contribuir al buen crecimiento, principalmente en aquellos sitios de alta productividad. La presencia de ramas demasiado gruesas en los fustes de los árboles, disminuye la calidad del producto final de la plantación; el palo blanco tiene la característica de autopoda natural, por lo cual no es necesario hacer podas artificiales, para evitar así desequilibrio en el anclaje del árbol y/o tensiones en la madera (Cojóm, 2015). La poda natural se favorece mediante una adecuada regulación de la densidad del rodal.

Raleo

Se recomienda ejecutar raleos en los años 7, 12 y 17 (el primer raleo puede ser antes, ya que este va a estar en función del espaciamiento inicial y el objetivo de la plantación) (Cordero y Boshier 2003).

En Guatemala, el primer raleo se lleva a cabo a partir del año 5, una vez que el rodal haya alcanzado una altura de 5 m, diámetros de 5 a 8 cm y se observa poca penetración de luz y entrecruce de las copas (INAB, 2012). Cojóm (2015), por su parte, recomienda efectuar el primer raleo cuando la plantación alcance una altura de 8 a 9 m, con intensidades del 33-50% de la densidad de la plantación. La importancia de los raleos radica en su contribución al aumento de los atributos de DAP y altura de los mejores árboles (remanentes) en los rodales, por ejemplo, la ganancia de 1.1 cm en DAP (cm) al comparar plantaciones con raleo versus plantaciones sin raleo:

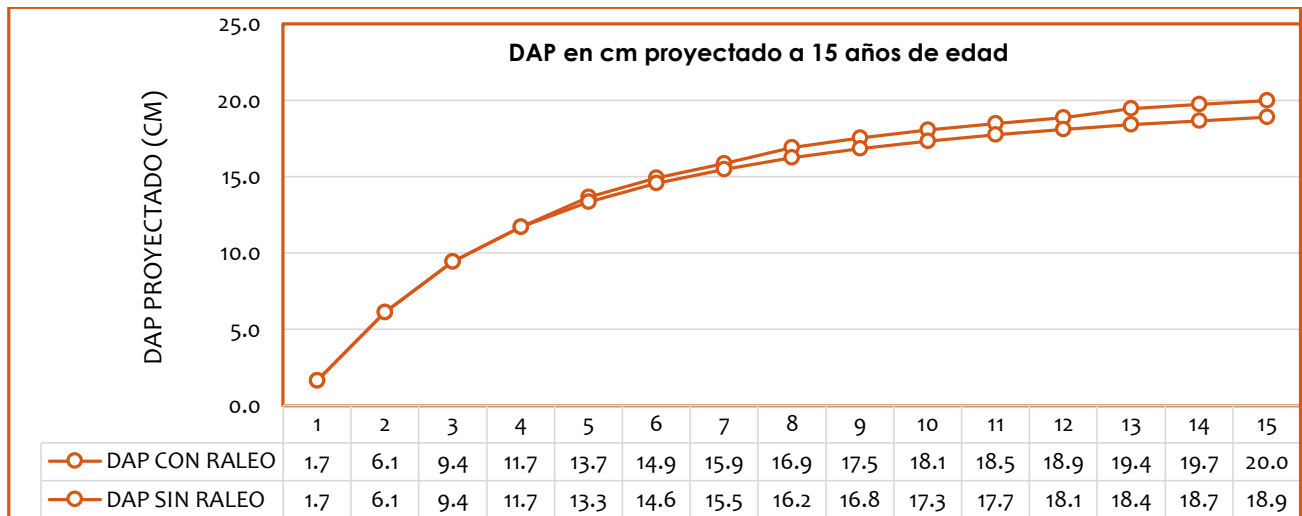


Figura 13. Ejemplo del efecto del raleo en el aumento del DAP (cm) comparando el crecimiento de plantaciones de palo blanco con raleo y plantaciones de palo blanco sin raleo; (raleo en proporciones de edad e intensidad de: 5 años-35%; 8 años-40%; y 13 años-50%).

Valdéz (2011) determinó que no debe ralearse con excesiva intensidad al inicio, para no exponer los árboles al efecto de los vientos u otros factores que afecten la plantación y recomienda extraer del 20 al 40% del número de individuos al inicio, dependiendo de su edad y desarrollo.

El primer raleo no será comercial, pero debe evitarse el atraso para retirar los árboles de mala forma, crecimiento lento o enfermos que compitan con los deseados para la corta final (saneamiento de la plantación). La falta de raleos puede provocar demasiada competencia por luz y nutrientes, debilitando a todos los individuos y haciéndolos propensos al ataque de algunas enfermedades, plagas y daños físicos (el descopado de árboles por causa del viento es muy frecuente en el palo blanco) (Cojóm, 2015).

Regla: eliminar / extraer poco a la vez, pero a tiempo y repetitivamente.

9. Manejo de plagas y enfermedades

No se han reportado enfermedades serias o problemas serios con plagas de insectos en el palo blanco (Francis 2000). Esto no significa que la especie no tenga enemigos naturales: el cuadro siguiente presenta los agentes dañinos del palo blanco identificados en Guatemala.

Tabla 3. Agentes dañinos del palo blanco reportados* en plantaciones forestales de Guatemala.

Nombre común del agente dañino	Nombre científico del agente dañino	Tipo de agente dañino	Estructura afectada	Ataques / peligrosidad	Más información en...
Alternaria, mancha marrón	<i>Alternaria spp.</i>	Patógeno	Plántula, follaje	Copa inferior de árboles estresados o en árboles suprimidos.	INAB (2012)
Antracnosis o mancha foliar	<i>Colletotrichum spp.</i>	Patógeno	Plántula, follaje	Copa inferior de árboles estresados o en árboles suprimidos.	INAB (2012)
Fumagina	<i>Fumago spp.</i>	Patógeno	Plántula, follaje	Estacional, en vivero disminuye de forma considerable el vigor de la plántula.	INAB (2012)
Viruela	<i>Cercospora spp.</i>	Patógeno	Follaje	Solo afecta hojas maduras.	García (2006)
	<i>Leptosphaerulina spp.</i>	Patógeno	Follaje	Solo afecta hojas maduras.	García (2006)
Cenicilla	<i>Ovulariopsis spp.</i>	Patógeno	Follaje	Solo afecta hojas maduras.	García (2006)
	<i>Phoma spp.</i>	Patógeno	Follaje	Sólo afecta hojas maduras.	INAB (2012)
	<i>Phyllosticta spp.</i>	Patógeno	¿Follaje?	Reportado sólo en el 2008.	
Zompopo	<i>Atta spp.</i>	Insecto HYM	Follaje	Su peligro radica en plantaciones recién establecidas.	INAB (2012)

Palomilla	Pyralidae	Insecto LEP	Follaje, flores, brotes, semilla	Daño mínimo.	INAB (2012)
Marchitez	<i>Botryodiplodia</i> sp.	Patógeno	¿Follaje, ramas y ramillas, fuste?	Reportado sólo en el 2010.	
	<i>Diplodia</i> spp.	Patógeno	Follaje, ramas y ramillas, fuste	La enfermedad mata al árbol, pero sólo se reportó en el 2015.	INAB (2012)
	<i>Phomopsis</i> spp.	Patógeno	¿Plántula, follaje, ramas y ramillas, fuste?	Reportado sólo en el 2012.	
Roya del palo blanco	<i>Prospodium</i> spp.	patógeno	plántula, follaje, ramas y ramillas, fuste	En vivero puede infectar todas las plántulas / en plantación algunos árboles con cánceres en ramas y tronco.	INAB (2012), García (2006)
	<i>Tetraploa</i> spp.	patógeno		Declarado frecuente, pero ¡nunca reportado!	
Hongo del suelo o fusarium	<i>Fusarium</i> spp.	patógeno	fuste, raíz	En suelos con deficiencias de drenaje, focos frecuentes de árboles muertos por ataques de este hongo al sistema radicular.	INAB (2012)
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp.	Insecto COL	plántula, raíz	En plantaciones recién establecidas puede ser muy dañino, sobre todo en aquellas ubicadas en ex terrenos agrícolas.	INAB (2012)
Roedores (taltuza y rata)		Vertebrado	plántula, raíz, corteza		
Gasterópodos (caracol)		Molusco		Reportado sólo en el 2008.	

* Elaborado con base en los informes anuales de plagas 2006-2015 del SIFGUA -Sistema de Información Forestal de Guatemala- (<http://www.sifgua.org.gt/Plaga.aspx>), INAB (2012), García (2006).

Plagas y enfermedades en vivero

Fumagina *Fumago* spp.

Tomado de INAB (2012).

SÍNTOMAS: Es un hongo saprófito que no daña directamente la hoja, sino que la cubre con una costra negra y de fácil desprendimiento, observándose como un polvo negro y seco sobre la superficie de las hojas. Pecíolos, ramitas y tallos pueden infectarse. Por lo general, los ataques se presentan en la parte inferior de la copa. El patógeno se favorece en zonas de alta humedad relativa.

El daño que ocasiona es indirecto al no permitir que los rayos solares lleguen a los tejidos, lo que impide el correcto funcionamiento de la fotosíntesis y el normal intercambio gaseoso entre la hoja y la atmósfera. Las infestaciones severas retardan marcadamente el crecimiento. En ataques fuertes en vivero se disminuye considerablemente el vigor vegetativo de la plántula y puede incluso llegar a causarle la muerte. La época seca es el momento en que esta enfermedad es más comúnmente encontrada, ya que esta época es la más favorable para los insectos a los que se asocia.

PRÁCTICAS DE CONTROL: El hongo se nutre de sustancias que provienen de exudaciones de determinados insectos (homópteros y ácaros), que permiten el desarrollo posterior del hongo. El hospedante secreta, a su vez, bajo influencia de los insectos, jugos azucarados que contribuyen al incremento de la Fumagina. Para su control en vivero, se recomienda aplicar un fungicida organopolíciprico de manera preventiva (cobre+mancozeb). Si la Fumagina se encuentra establecida, es recomendable aplicar un aceite fino como la citrolina.

Roya del palo blanco *Prospodium spp.*

Basado en García (2006), INAB (2012).

En vivero puede llegar a infectar todas las plántulas y ocasionar la muerte de parte de ellas.

SÍNTOMAS: En las hojas se observan manchas circulares de color marrón que se distribuyen sin un patrón definido, en las cuales se presentan pústulas de color amarillo rodeadas de un halo clorótico que producen esporas (teliosporas). Sobre las venas y el pecíolo se observan manchas de color marrón cubiertas por numerosas teliosporas. Cuando los síntomas son muy avanzados, las lesiones de las nervaduras y el pecíolo se unen y se produce necrosis y defoliación.

PRÁCTICAS DE CONTROL: En vivero, aplicar cobres como preventivos. Para controlar un ataque, realizar aspersiones con productos a base de cobre (triadimenol + mancozeb, u oxicarboxin + mancozeb).

Plagas y enfermedades en plantaciones

Zompopo (*Atta sp.*)

Tomado de INAB (2012), INAB 2019 (Sistematización de experiencias).

SÍNTOMAS: El zompopo ocasiona frecuentemente la defoliación total. Cuando ataca el follaje de plantaciones recién establecidas, las pérdidas son generalizadas, debido a que los árboles presentan un número escaso de hojas en comparación con un árbol adulto. Al momento del trasplante, se debe vigilar muy atentamente el ataque del zompopo, ya que pueden destruir la plantación entera en muy pocos días. Los árboles adultos también pueden ser atacados hasta quedar completamente defoliados y morir, pero ello dependerá de la resistencia de cada individuo y de la dureza del ataque.

PRÁCTICAS DE CONTROL: El manejo es casi exclusivamente por productos químicos utilizando formícidas en polvo (para zompoperos jóvenes y pequeños), formícidas a nebulizar (para zompoperos de cualquier edad) y formícidas cebos (donde el atrayente es la sulfuramida, tóxico para los zompopos). También es importante controlar los periodos de vuelo nupcial (abril-mayo y setiembre-octubre) puesto que es en ese momento en el que nuevas colonias pueden establecerse.

Para ello, además de los productos químicos, es importante una recolección manual (antes de que construyan la cámara inicial de cría) y un control 5 meses después de esta fecha para capturar las reinas.



Figura 14. Zompopo adulto sobre el fuste de palo blanco (izquierda) y daño causado a la hoja por ataque de zompopo (derecha). (Foto: PROFOR, del INAB).

En la finca La Eminencia, Escuintla, Guatemala, el control de la plaga se realiza 15 días previos al establecimiento de la plantación, aprovechando que dentro de las actividades de preparación del sitio para la reforestación ya se haya ejecutado un chapeo general y una aplicación química para el combate de malezas; dicha condición permite que el área esté en condiciones para una adecuada vigilancia y con poca maleza para poder identificar signos de la existencia de la plaga. Las actividades de combate se del insecto se describen a continuación:

- a. Diagnóstico e identificación de troneras: esta actividad se realiza con vigilancia, cada actividad que conlleve la visita de campo donde se realizará la reforestación implica el monitoreo de la identificación de signos que permitan identificar las troneras, tal como indica el Ingeniero Rafael Mejía, encargado del área forestal de la finca La Eminencia, las acumulaciones de tierra (típicas señales de la presencia de zompopo) son el equivalente al área de desecho de los zompopos, la entrada a las troneras son agujeros sobre la superficie del suelo, sin acumulaciones de tierra alrededor. El objetivo principal de esta primera etapa es determinar la existencia de la plaga e identificar, por lo menos, una entrada a la tronera de los zompopos.
- b. Una vez identificada la entrada a la tronera, se procede a la aplicación del producto con nombre comercial TERMINATOR 1.5 DP ® con las dosis recomendadas, a través del equipo denominado "insufladora", su efectividad se deriva de la presión con la cuál es aplicado el producto espolvoreado, el cual se transporta por toda la tronera y sus diferentes entradas.

- c. Se podrá observar al momento de la aplicación, que el gas empezará a salir en las otras entradas de la tronera (hasta 12 entradas por tronera), una vez identificados dichos accesos, se procede a sellarlos o taparlos, para provocar la intoxicación en los insectos.
- d. La eficacia del método de control se realiza mediante un conteo por muestreo en alguno de los accesos de la tronera, antes de la práctica de control se cuentan cuantos insectos pasan por un determinado punto durante 1 minuto y después del control se realiza el mismo procedimiento, para verificar la eficacia del método de control.

Gallina ciega *Phyllophaga* spp.

Tomado de INAB, 2012; INAB, 2019 (Sistematización de experiencias).

SÍNTOMAS: Las larvas emergen de los huevecillos, se alimentan de las raíces y pasan por tres estados (instares) durante un período de 200 a 290 días. El último instar se presenta a finales de la época seca, en este tiempo se pueden alimentar de raíces más gruesas e incluso de la raíz principal, degollándola y marchitando la parte área de la planta.

PRÁCTICAS DE CONTROL: En los viveros que usan sustrato de corteza de pino este insecto es raro. Sin embargo, en las plantaciones recién establecidas puede ser de gran importancia, sobre todo en aquellas que se ubican en tierras que fueron agrícolas. La prevención de daños a la nueva planta se logra con aspersiones de insecticidas del tipo Diazinon en dosis de 200 ml por cada 100 litros de agua. También Furadan en dosis de 400 ml por cada 100 litros de agua. La aspersión se puede hacer en las cepas en donde se va a plantar.

Para la detección de poblaciones de adultos es recomendable la instalación de trampas de luz que se pueden colocar en las plantaciones o en los viveros. Con estas trampas es posible determinar las fechas de ocurrencia de adultos y las posibles fechas de tratamientos contra ellos. En las plantaciones de alto valor se recomienda la evaluación continua de las poblaciones de estos insectos, especialmente en donde se hicieron labores de control, ya que los productos tienen una vida media y los insectos de las áreas vecinas pueden colonizar de nueva cuenta a las raíces.



Figura 15. Larva de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) Foto Universidad de Iowa).

En la finca La Eminencia, Escuintla, Guatemala, el control de la plaga se realiza al momento del establecimiento de la plantación, aprovechando el ahoyado que se realiza. La forma de aplicación es al voleo al fondo del agujero, se dispersa entre 11 y 12 gramos de producto por cada agujero (13 Kg de producto por hectárea, el producto utilizado se denomina JADE®).

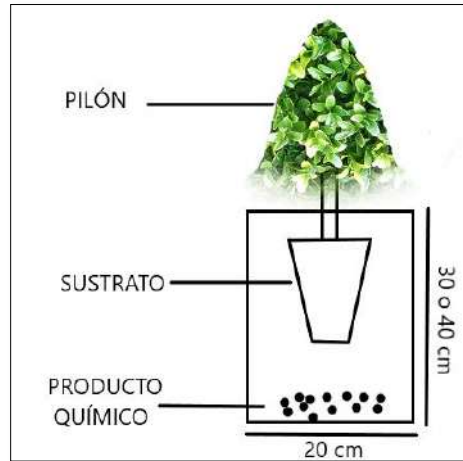


Figura 16. Esquema de la aplicación y posición del producto químico en el agujero donde se llevará a cabo la reforestación, para el control de gallina ciega *Phyllophaga spp.*

Roya del palo blanco *Prospodium spp.*

Basado en García (2006), INAB (2012).

Este hongo no se encuentra frecuentemente, pero el daño que provoca en estados avanzados son cánceres en ramas y troncos, por lo que se considera el agente dañino de mayor importancia.

SÍNTOMAS: Los síntomas en hojas han sido descritos en el acápite anterior "Plagas y enfermedades en vivero". Cuando los síntomas son avanzados, se observan en los meristemas apicales del tallo lesiones necróticas que estimulan a la planta a producir nuevos brotes. Sobre las hojas se manifiestan síntomas similares a los descritos anteriormente para venas y pecíolos, donde se observan numerosas pústulas de color marrón cubiertas por numerosas teliosporas.

Sobre las ramas de árboles muy afectados, se producen hinchamientos de coloración marrón sobre la corteza, posteriormente el tejido afectado cae y deja un hundimiento dando origen a un cáncer, generando numerosas teliosporas.

PRÁCTICAS DE CONTROL: En pequeños focos de infección en el campo, hacer aspersiones con productos a base de cobre (triadimenol + mancozeb u oxicarboxin + mancozeb). Si el cáncer está presente en ramas, ejecutar una poda sanitaria para eliminar el material enfermo. Cuando algunos cánceres son detectados antes de que afecten el fuste, se puede realizar una cirugía, en la que se elimina la parte de la corteza que está afectada y se aplica algún fungicida en pasta o simplemente una capa de aceite quemado. Si la planta está demasiado dañada, se aconseja quemarla para reducir las fuentes de inóculo.



Figura 17. Necrosis total de la planta de palo blanco afectada severamente por la roya (foto Paulo Ortiz, de INAB).



Figura 18. Síntomas producidos por *Prospodium spp.*, manchas de color marrón, teliosporas de color amarillo en el haz de la hoja (foto PROFOR, de INAB).

Hongos en corteza

Aunque el caso no está científicamente documentado, es importante describir las complicaciones y experiencias con hongos en la corteza de palo blanco en la finca Hojarales, ubicada a 662 msnm, en el municipio de El Tumbador, San Marcos, Guatemala. El rodal se plantó en el año 2014 como un compromiso de reforestación derivado de un aprovechamiento, los árboles se establecieron a un distanciamiento de 3*3 metros en un arreglo puro.

Al año y medio de haber plantado los árboles, se notaron defectos en forma de llagas en la corteza, principalmente en la base, que posteriormente se ubicaron a mayor altura. Los síntomas se fueron haciendo más evidentes con el tiempo al grado de causar la muerte del árbol, o bien, que como parte del plan de salvamento se optó por retirar los árboles afectados del campo para reducir la infección.



Figura 19. Daños ocasionados a árboles de palo blanco de 4 años de edad (posible complejo de hongos), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.

Entre las causas analizadas y soluciones que se fueron generando, se llegó a la hipótesis que entre los vectores de contagio se encontraban las hormigas, que, por sus hábitos, trasladaban las esporas del hongo de un árbol a otro; acción que también podía ser realizada por el viento y el agua, aprovechándose pequeños daños ocasionados durante las limpieas, e inclusive, las herramientas de limpia y poda (principalmente machete).

El descuido del mantenimiento de las plantaciones provoca que la maleza y las enredaderas cubran el fuste del árbol y, al momento de realizar las limpieas y eliminar las enredaderas, se provocan daños (heridas) en el fuste por eliminar las enredaderas, provocando la vulnerabilidad de la planta y su exposición ante una fácil infección por el complejo de hongos; de ahí la importancia de los plateos y limpieas periódicas, vitales para un adecuado desarrollo de la especie, especialmente en plantaciones puras que no gozan de socios agroforestales.

Entre los métodos de control de la enfermedad, se implementaron planes de saneamiento con pocos resultados positivos, también es importante evidenciar que otros rodales fueron establecidos en asocio con café, donde el sistema agroforestal presentó menor incidencia, pero principalmente, desarrollaron una metodología de combate que les ha dado resultados satisfactorios. El tratamiento que les resultó efectivo en la finca Hojarales para el control, consiste en la aplicación de una pasta elaborada con un insecticida para controlar el vector (hormiga), un fungicida para controlar el patógeno (posiblemente hongo) y un adherente para reducir el lavado del producto por lluvia.

El procedimiento consiste en elaborar una pasta utilizando un recipiente con agua, a la cual se le agrega el insecticida, seguidamente se agrega el adherente y finalmente se agrega el fungicida (para el caso de la finca, el oxiclورو de cobre¹⁰). Esta pasta debe tener una consistencia que facilite su aplicación con brocha. Una vez lograda la mezcla, se procede a realizar la limpieza de la zona de aplicación, la cual se realiza con una navaja o cuchilla para optimizar los resultados, con el objeto de raspar y eliminar el tejido muerto que cubre la llaga.



Figura 20. Árbol de palo blanco en proceso de cicatrización como producto del control de la enfermedad (izquierda) y cicatriz completa en árbol afectado (derecha), en la finca Hojarales, El Tumbador, San Marcos, Guatemala.

En la Figura 20 se evidencia el éxito del tratamiento establecido dentro de la finca para controlar la infección causada por el patógeno. Aunque no se cuentan con reportes documentados en otros sitios, esta enfermedad podría afectar eventualmente alguna plantación, encontrando en el presente documento, una alternativa cuya efectividad ha sido comprobada.

Es importante mencionar que el grado de severidad visualizada en plantaciones puras es mucho mayor que en sistemas agroforestales, la identificación y descripción adecuada del patógeno permitiría mejorar las técnicas de control y analizar su comportamiento.

¹⁰ El oxiclورو de cobre es un compuesto químico mojable que sirve como fungicida ecológico en dosis bajas. La mayor parte de la extracción procede del mineral calcantita y tiene usos como suplemento nutricional para granjas y como producto antihongos.

10. Crecimiento y productividad de plantaciones

Metodología de seguimiento y evaluación del crecimiento en Guatemala

Para apoyar la planificación y ejecución del manejo silvicultural por parte de los usuarios del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y/o propietarios de los proyectos de reforestación, el Instituto Nacional de Bosques (INAB) decidió evaluar el crecimiento en plantaciones forestales de palo blanco. Para tal fin, optó por seguir la metodología definida en el sistema de "Manejo de información sobre recursos arbóreos en el componente de silvicultura" (MIRA-SILV) (Cojóm 2015).

En la implementación de su programa de monitoreo, el Departamento de Investigación Forestal del INAB, apoyado por personal de las sub-regiones de dicho Instituto, instaló paulatinamente desde el año 2003 un total de 101 parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) en plantaciones PINFOR de palo blanco, distribuidas en todas las regiones donde presenta existencia la especie (ver la Figura 9 que muestra el mapa con la ubicación de las PPMF en el acápite "Distribución potencial de la especie en Guatemala"). En la actualidad, el crecimiento del palo blanco está (o ha sido) monitoreado en 27 municipios ubicados en 10 departamentos de Guatemala.

Tabla 4. Descripción de las PPMF por edad y número de mediciones de plantaciones puras de Palo Blanco monitoreadas por INAB a nivel nacional.

Edad de las plantaciones número de mediciones	Número de parcelas	Número de individuos inicial	Número de individuos a dic 2015*
Total parcelas activas	65	3580	3254
Edad de 0-5.0 años	2	138	138
una sola medición	2	138	138
Edad de 5.1-10.0 años	33	2043	2043
una sola medición	33	2043	2043
Edad de 10.1-15.0 años	23	1126	837
una sola medición	8	452	452
2-5 mediciones	3	119	94
6 mediciones y más	12	555	291
Edad de 15.1 y más años	7	273	236
2-5 mediciones	5	251	219
6 mediciones y más	2	22	17
Total parcelas inactivas	36	1761	[1310]
Edad de 5.1-10.0 años	1	56	[56]
una sola medición	1	56	[56]
Edad de 10.1-15.0 años	32	1558	[1107]
una sola medición	11	481	[481]
2-5 mediciones	13	689	[489]
6 mediciones y más	8	388	[137]
Edad de 15.1 y más años	3	147	[147]
una sola medición	3	147	[147]
Total general	101	5341	[4564]

Fuente: Departamento de Investigación Forestal del INAB (* Sólo los individuos de las parcelas activas son individuos monitoreados en el campo a diciembre 2015).

Treinta y seis parcelas (llamadas "parcelas inactivas") de las 101 PPMF se habían perdido a diciembre del año 2015, algunas por desinterés del propietario de la plantación o por cambio de uso de la tierra; sin embargo, la información de estas PPMF inactivas es parte integral de la base de datos dasométricos.

De las 65 PPMF que reciben monitoreo actualmente (llamadas "parcelas activas"), 43 son de instalación reciente y cuentan solamente con la medición de instalación de la parcela. La gran mayoría de las PPMF ha sido instalada en plantaciones puras (solamente 1 PPMF de cada 10 fue establecida en plantación mixta).

Tabla 5. Descripción de las PPMF por su grado de mezcla y especies acompañantes de plantaciones mixtas con palo blanco evaluadas en Guatemala.

Grado de mezcla inicial del palo blanco	Número de parcelas	Especies asociadas [con n>5 en la parcela] (número de parcelas de ocurrencia)
$G_{mezcla} < 50\%$	5	<i>Tectona grandis</i> (2); <i>Swietenia macrophylla</i> (3); <i>Cedrela odorata</i> (2); <i>Calophyllum brasiliense</i> (2); <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (1); <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (1); <i>Pithecellobium arboreum</i> (2); <i>Swietenia humilis</i> (1) y <i>Tabebuia donnell-smithii</i> (2)
$50 \leq G_{mezcla} < 85\%$	7	<i>Swietenia macrophylla</i> (2); <i>Cedrela odorata</i> (2); <i>Calophyllum brasiliense</i> (1); <i>Cojoba arborea</i> (1)
$G_{mezcla} \geq 85\%$	89	Varias...
Total	101	

Fuente: Departamento de Investigación Forestal del INAB, 2016.

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

Crecimiento e incrementos

La información generada a través de la red de PPMF a nivel nacional, constituye una importante y concreta contribución al sector forestal, como respaldo de los modelos de crecimiento generados para esta especie, los cuales, finalmente explican la dinámica del crecimiento de las plantaciones a partir de observaciones reales en campo.

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 ofrecen la posibilidad de estimar los productos maderables al final del turno y evaluar el alcance de los objetivos perseguidos. El crecimiento de los árboles está determinado por la interacción de factores externos (calidad de sitio, condiciones climáticas (precipitación, temperatura, vientos, etc.)) y factores internos (calidad de plantas, manejo, etc.).

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. El análisis de la base de datos dasométricos (PPMF de palo blanco en plantaciones forestales puras, estado al 31 de diciembre 2015) permitió definir las siguientes funciones de crecimiento, que transcriben la dinámica de crecimiento de la especie en cada sitio.

Tabla 6. Familia de modelos de crecimiento para palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii*) en Guatemala.

Variable	Modelo de crecimiento	r ²
Índice de sitio [m]	=exp(ln(H _d)+3.776759*(1/T-0.1))	0.61
Altura total [m]	=exp(ln(S)-3.776759*(1/T-0.1))	0.61
Diámetro [cm]	=exp(1.678886-2.610999/T+0.082258*S-0.000069*N)	0.64
Área basal [m ² /ha]	=exp(-0.424005-5.303984/T+0.168867*S+0.001041*N)	0.70
Volumen total [m ³ /ha]	=exp(0.435098-9.019473/T+0.256568*S+0.000925*N)	0.82

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016. (El índice de sitio se estimó a una edad base de 10 años).

Dónde:

T = edad en años.

N = árboles/ha.

H_d = altura dominante [m].

S = índice de sitio [m].

Desarrollando la aplicación de los modelos de crecimiento como un instrumento de análisis de la base de datos dasométricos (PPMF de palo blanco en plantaciones forestales puras, estado al 31 de diciembre 2015) condujo a diferenciar 5 categorías de productividad, llamadas categorías de sitio, con base en la altura alcanzada por el rodal y su edad:

Tabla 7. Categorías de sitio para palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

Categoría de sitio	Rangos de índice de sitio* por categoría [m]
Pésimo	< 7.9
Malo	8.0 - 11.4
Medio	11.5 - 14.4
Bueno	14.5 - 17.4
Excelente	> 17.5

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016 (Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años).

A medida que el monitoreo de parcelas permanentes de medición forestal se realice con mayor cobertura en Guatemala, se pueden actualizar los modelos de crecimiento y las categorías de sitio alimentados con una mayor base de datos de plantaciones de distintas edades y con distintos perfiles de manejo; de esa cuenta, puede evaluarse el desarrollo y comportamiento de la especie a nivel nacional, regional o departamental, a fin de contar con información específica para la toma de decisiones acertadas para evaluar áreas aptas para el desarrollo de palo blanco.

Tabla 8. Descripción de la aptitud para el crecimiento de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii*) en municipios con PPMF de la especie en Guatemala.

Departamento	Municipio	Finca	Índice de sitio* [m]	Categoría de sitio
San Marcos	Malacatán	Petacalapa	16.2	Bueno
		Montelimar	17.3	Bueno
	Tecún Umán	Westrade 2001	14.3	Medio
	Pajapita	Hacienda Buena Fe	17.4	Bueno
Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	Tránsito Bolívar	14.2	Medio
Retalhuleu	Nuevo San Carlos	La Sorpresa	20.0	Excelente
Suchitepéquez	Santo Domingo	Nima / Buena Vista	18.5	Excelente
	Chicacao	El Paraíso	14.1	Medio
		Arabia	14.7	Bueno
		Bella Vista	10.8	Malo
	Mazatenango	Anexo Finca Chitalón	12.5	Medio
		Argelia	10.1	Malo
	Cuyotenango	Nima / Buena Vista	18.1	Excelente
San Francisco Zapotitlán	Anexo Finca Chitalón 1	15.8	Bueno	
Escuintla	San Vicente Pacaya	Carmen y Cuba Fase 1	12.2	Medio
	Guanagazapa	El Triunfo Fase 2	12.4	Medio
	Nueva Concepción	Guachipilín	20.1	Excelente
		Hacienda Pangola	17.4	Bueno
	La Democracia	San Patricio	7.9	Pésimo
Santa Rosa	Chiquimulilla	Entre Selva	11.2	Malo
	Pueblo Nuevo Vías	Salvador Pineda	5.9	Pésimo
	Oratorio	Angel Manuel Chun	14.6	Bueno
		Taxisco	Las Mercedes	17.1
Jutiapa	Conguaco	Miramar	11.2	Malo
		Moyuta	El Almendro	12.3
Izabal	El Estor	Tablitas	10.1	Malo
Alta Verapaz	Senahú	Secacao	14.7	Bueno
	Panzós	Seococ	12.0	Medio
	Cobán	Kanguinic	12.5	Medio
		Santa Sofía	12.1	Medio
		Saquichaj	11.4	Malo
	Chisec	Don Bosco	6.3	Pésimo
San Pedro Carcha	Quetzalito	12.3	Medio	
Peten	San José	Natividad Contreras	13.1	Medio

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016. (Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años)

A muy grandes rasgos, en Guatemala, los municipios que presentan las mejores condiciones de sitio para el crecimiento del palo blanco se ubican en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu y Suchitepéquez, mientras que los departamentos de la costa sur que siguen hasta la frontera con El Salvador son medianamente buenos, y aquellos situados en la parte norte del área de distribución de la especie (Alta Verapaz y Petén) medianamente malos.

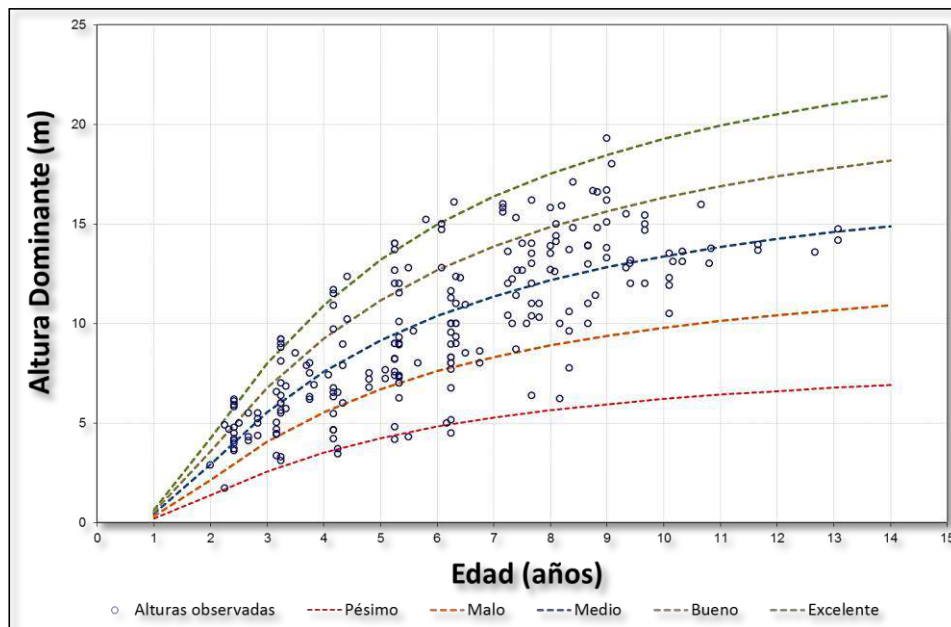
A cada categoría de sitio corresponden valores de crecimiento, que constituyen estimadores prácticos para la evaluación de la producción de un rodal en el tiempo.

Tabla 9. Incremento medio anual (IMA) de variables dasométricas estándares de crecimiento para palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala, según categorías de sitio.

Categoría de sitio*	IMA DAP [cm]	IMA altura total [m]	IMA área basal [m ² /ha]	IMA volumen total (m ³ /ha)
Pésimo	0.52	0.49	0.11	0.33
Malo	0.70	0.78	0.20	0.82
Medio	0.94	1.06	0.36	2.06
Bueno	1.20	1.30	0.59	4.38
Excelente	1.53	1.53	0.97	9.33

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016; (estimaciones del IMA para el índice de sitio medio de cada categoría de 6, 10, 13, 16 y 19 m, respectivamente).

Las figuras siguientes ilustran la dinámica de crecimiento de palo blanco y, se basan en las funciones definidas y el perfil teórico de manejo del rodal definido por Cojóm (2015) para esta especie. Este perfil de manejo asume una densidad inicial única de 1,111 árboles/ha, que se reduce a 900 árboles/ha al cuarto año como producto de la mortalidad. Esta densidad permanece estable hasta el año siete, donde se realiza un primer raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 600 árboles/ha. Este número de individuos se mantiene hasta el año once, momento en el que se realiza un segundo raleo del 50% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta la cosecha final.

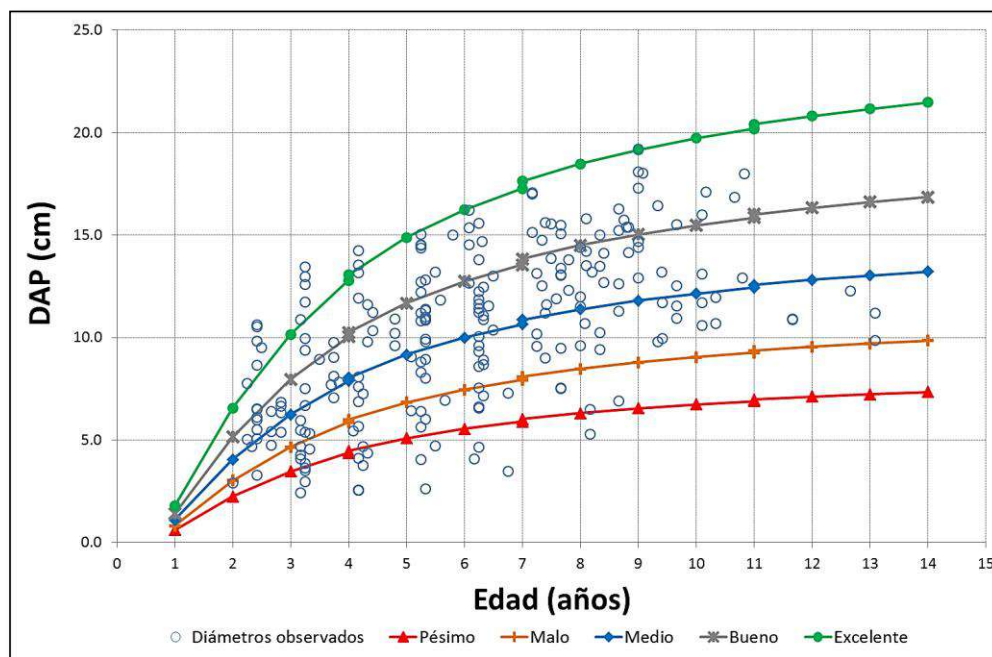


Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016.

Figura 21. Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

Es importante reflexionar acerca del contenido de la Figura 21, ya que nos indica que en la práctica se han tenido dificultades para un manejo adecuado de la especie y muy probablemente se ha analizado muy poco el proceso de selección de sitio de la especie forestal, ya que, para un índice de sitio "pésimo" a los 10 años de edad, algunas plantaciones obtenían una altura dominante de 6 metros, mientras que para un índice de sitio "excelente" a los mismos 10 años de edad, algunas plantaciones obtenían 19 metros de altura. La reflexión anterior cobra importancia, ya que existen 13 metros de diferencia entre ambas categorías de sitio comparadas, el descuido que implica no analizar lo suficiente los aspectos de la ecología de la especie, las características de sitio que determinan su crecimiento y al poco manejo y mantenimiento de las plantaciones de palo blanco, ha provocado grandes pérdidas a inversionistas forestales.

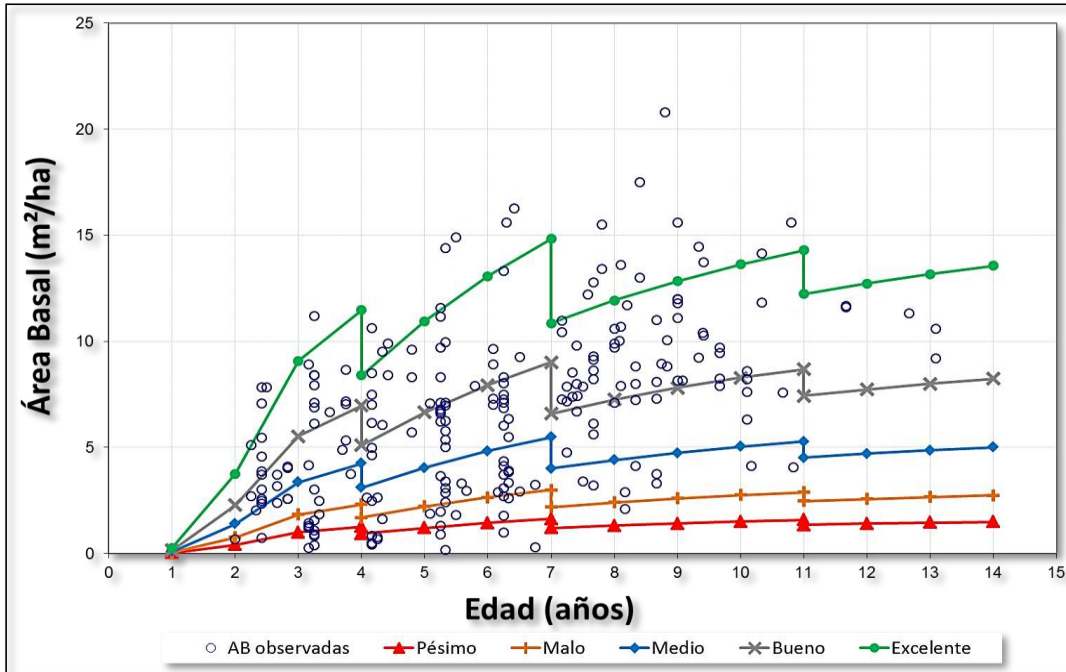
En la práctica, el efecto de las adecuadas actividades culturales (limpías, plateos, fertilizaciones, etc.) y oportunos tratamientos silviculturales (podas, raleos, saneamiento, etc.) influyen de forma positiva en la sanidad, vigor y productividad de la plantación forestal, a tal punto, que estando en un área con las características de sitio (climáticas, fisiográficas y de suelo) típicas de un índice de sitio "bueno" puede modificar su productividad a un índice de sitio "excelente"; de esa cuenta, se promueve un mejor desarrollo en los atributos de los árboles, que a largo plazo, se ve reflejado en la reducción de la edad del turno de corta.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016.

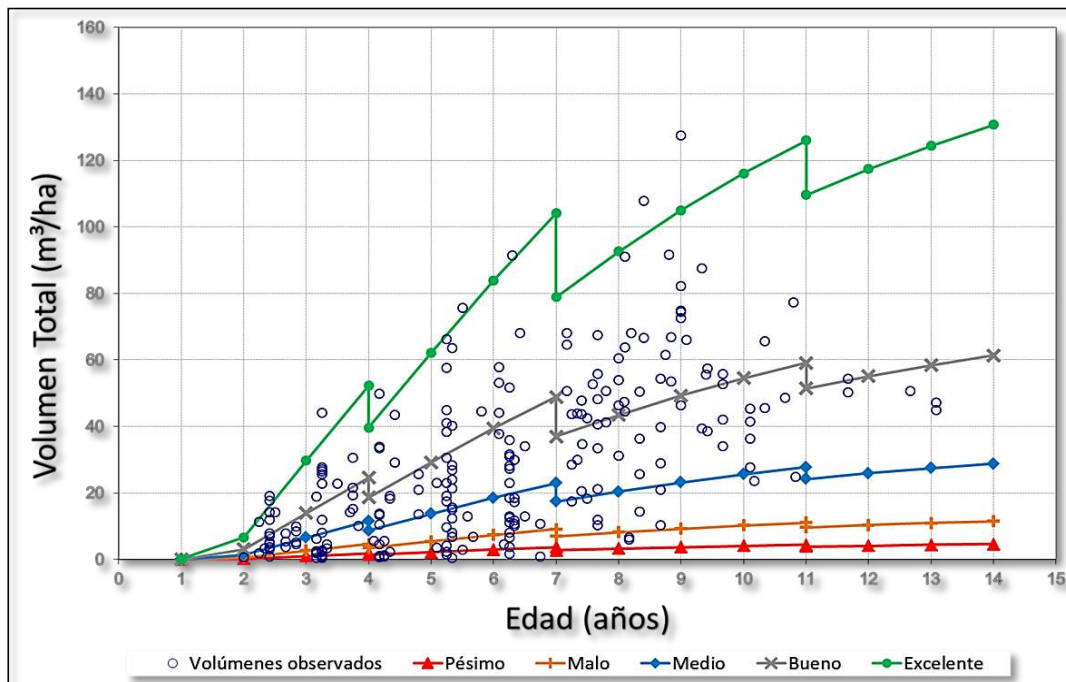
Figura 22. Familia de curvas de crecimiento en diámetro a la altura del pecho [cm] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

Utilizando la ecuación de proyección del diámetro y la altura, pueden realizarse evaluaciones simultáneas, simulando distintos perfiles de raleo a la plantación, de esa cuenta, poder comparar el volumen total a una edad de turno proyectada y el diámetro que se obtiene a esa misma edad; al punto de simular distintos perfiles de manejo y escoger el que mejor relación volumen-DAP genere.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 23. Familia de curvas de crecimiento en área basal [m²/ha] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 24. Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m³/ha] para plantaciones de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

Cojóm (2015) resalta que las plantaciones monitoreadas en la costa sur (principalmente en municipios de categoría de sitio excelente) registran una silvicultura más intensa que la del perfil teórico presentado, ya que los intervalos de tiempo entre los raleos se reducen, de tal forma que al año 10 el rodal cuenta con unos 280 árboles/ha que están siendo destinados para la corta final.

Sin embargo, vale mencionar que se ha sugerido una rotación de 35 años para la producción de madera aserrada, con la salvedad que en los mejores sitios 30 años serían probablemente suficientes para la producción de maderos de gran tamaño y de buena calidad (Francis 2000). Si así fuese, y recordando por otro lado que los árboles de palo blanco están muy susceptibles al efecto de los vientos (el descopado por esta causa es muy frecuente en el palo blanco (Valdez 2011, Cojóm 2015)), pareciera sabio intervenir con menos agresividad, cuidando más el dosel y manteniendo mejores posibilidades de selección de árboles del futuro, pero con mayor frecuencia. Cordero y Boshier (2003) recomiendan ejecutar por lo menos tres raleos en los años 7, 12 y 17, donde el primer raleo puede ser antes ya que dependerá del espaciamiento inicial y el objetivo de la plantación. En conclusión, el mercado definirá si el crecimiento en valor de la plantación, no estudiado aquí, justifica (o exige) mayor tiempo para el turno.

A medida que se amplíe el monitoreo de parcelas permanentes de medición forestal en edades próximas a la cosecha y que puedan describirse los perfiles de manejo aplicados, se podrá conocer con mayor certeza una edad de turno aproximada para los índices de sitio excelente, ajustar las categorías de sitios y actualizar los modelos de crecimiento, contemplando el comportamiento del crecimiento natural de los rodales monitoreados en mayor rango de edades.

11. Existencias

Herramientas

No se encontró ecuaciones volumétricas desarrolladas en Guatemala específicamente para palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* y los estudios usan para la especie funciones generales.

El inventario forestal nacional de Guatemala 2002-03 (FAO 2004) usó para el palo blanco las siguientes ecuaciones generales para especies latifoliadas, elaboradas en Quintana Roo, México, por la Dirección General del Inventario Nacional Forestal de México y citada en el Manual Técnico Forestal del INAB (1999a):

Ecuaciones volumétricas generales para latifoliadas del Manual Técnico Forestal (INAB 1999a)

a) para árboles hasta 90 cm DAP

$$V = 0.108337266 + 0.000046499 * d^2 * h_c$$

Dónde:

V = volumen bruto sin corteza desde la altura del tocón o encima de las gambas, en m³.

d = diámetro a la altura del pecho (DAP) o diámetro por encima de las gambas, en cm.

h_c = largo del fuste desde el tocón (o encima de las gambas) hasta la base de la copa en m.

b) para árboles mayores a 90 cm DAP

$$V = g * h_c * f_{1.3}$$

Dónde:

V = volumen bruto sin corteza desde la altura del tocón o encima de las gambas, en m³.

g = área basal de la sección normal del individuo (altura del pecho o por encima de las gambas), en m².

h_c = largo del fuste desde el tocón (o encima de las gambas) hasta la base de la copa, en m.

f_{1.3} = factor de forma, igual a 0.65 para todas las latifoliadas.

Para fines de monitoreo del crecimiento del palo blanco en plantaciones forestales, el Departamento de Investigación Forestal del INAB usa en su sistema de "Manejo de información sobre recursos arbóreos en el componente de silvicultura" (MIRA-SILV), la siguiente ecuación, válida para todas las especies seguidas (latifoliadas y coníferas):

Ecuación volumétrica general para latifoliadas y coníferas usada por el departamento de Investigación del INAB en MIRA-SILV (Hurtado 2016¹¹):

$$V = 0,7854 * d^2 * h_t * f_{1.3}$$

Dónde: V = volumen total con corteza, en m³; d = diámetro a la altura del pecho (DAP), en m; h_t = altura total del árbol en pie, en m; y f_{1.3} = factor de forma, igual a 0.45 para todas las especies (latifoliadas y coníferas).

¹¹ Hurtado Domingo L. 5-14 set. 2016. Cálculo del volumen en MIRA-SILV (correos electrónicos). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Departamento de Investigación Forestal.

Superficies de plantaciones e inventario de producción actual de palo blanco

Tabla 10. Áreas plantadas con palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* incentivadas por PINFOR (Programa de incentivos forestales), PROBOSQUE y PINPEP (Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) en Guatemala.

Departamento /Municipio	Área de proyectos PINFOR-PROBOSQUE		Área de proyectos PINPEP		Área Total	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Alta Verapaz	2,730.98	41.29%		0%	2,730.98	41.29%
Chahal	62.90	0.95%		0%	62.90	0.95%
Chisec	62.52	0.95%		0%	62.52	0.95%
Cobán	804.99	12.17%		0%	804.99	12.17%
Fray Bartolomé De Las Casas	62.38	0.94%		0%	62.38	0.94%
Lanquín	26.25	0.40%		0%	26.25	0.40%
Panzós	162.28	2.45%		0%	162.28	2.45%
San Cristóbal Verapaz	28.73	0.43%		0%	28.73	0.43%
San Miguel Tucurú	233.18	3.53%		0%	233.18	3.53%
San Pedro Carchá	279.19	4.22%		0%	279.19	4.22%
Santa María Cahabón	293.40	4.44%		0%	293.40	4.44%
Senahú	715.15	10.81%		0%	715.15	10.81%
Baja Verapaz	52.37	0.79%	0.76	0.01%	53.13	0.80%
Cubulco	2.13	0.03%		0%	2.13	0.03%
Purulhá	50.24	0.76%		0%	50.24	0.76%
San Miguel Chicaj		0.00%	0.76	0.01%	0.76	0.01%
Chimaltenango	48.00	0.73%		0%	48.00	0.73%
San Miguel Pochuta	48.00	0.73%		0%	48.00	0.73%
El Progreso	6.25	0.09%		0%	6.25	0.09%
Sanarate	6.25	0.09%		0%	6.25	0.09%
Escuintla	941.38	14.23%	15.00	0.23%	956.38	14.46%
Escuintla	314.69	4.76%		0%	314.69	4.76%
Guanagazapa	195.76	2.96%	15.00	0.23%	210.76	3.19%
La Gomera	4.70	0.07%		0%	4.70	0.07%
Masagua	89.70	1.36%		0%	89.70	1.36%
Nueva Concepción	19.17	0.29%		0%	19.17	0.29%
Palín	3.34	0.05%		0%	3.34	0.05%
San Vicente Pacaya	275.76	4.17%		0%	275.76	4.17%
Santa Lucía Cotzumalguapa	5.90	0.09%		0%	5.90	0.09%
Siquinalá	10.69	0.16%		0%	10.69	0.16%
Tiquisate	21.67	0.33%		0%	21.67	0.33%
Guatemala	29.36	0.44%		0%	29.36	0.44%
Amatitlán	26.04	0.39%		0%	26.04	0.39%
Villa Canales	3.32	0.05%		0%	3.32	0.05%
Huehuetenango	5.37	0.08%		0%	5.37	0.08%
Jacaltenango	2.50	0.04%		0%	2.50	0.04%
Santa Cruz Barillas	2.87	0.04%		0%	2.87	0.04%
Izabal	240.97	3.64%		0%	240.97	3.64%

El Estor	194.39	2.94%		0%	194.39	2.94%
Livingston	26.34	0.40%		0%	26.34	0.40%
Los Amates	16.67	0.25%		0%	16.67	0.25%
Morales	3.57	0.05%		0%	3.57	0.05%
Jutiapa	100.76	1.52%	0.17	0%	100.93	1.53%
Asunción Mita	9.00	0.14%		0%	9.00	0.14%
Comapa	7.09	0.11%		0%	7.09	0.11%
Conguaco	15.45	0.23%		0%	15.45	0.23%
Moyuta	61.82	0.93%		0%	61.82	0.93%
Pasaco	7.40	0.11%		0%	7.40	0.11%
Santa Catarina Mita		0.00%	0.17	0%	0.17	0.00%
Petén	136.72	2.07%		0%	136.72	2.07%
Dolores	30.74	0.46%		0%	30.74	0.46%
El Chal	14.31	0.22%		0%	14.31	0.22%
Flores	1.00	0.02%		0%	1.00	0.02%
La Libertad	7.31	0.11%		0%	7.31	0.11%
Poptún	13.40	0.20%		0%	13.40	0.20%
San Francisco	38.25	0.58%		0%	38.25	0.58%
San Luis	22.24	0.34%		0%	22.24	0.34%
Sayaxché	9.47	0.14%		0%	9.47	0.14%
Quezaltenango	380.69	5.76%		0%	380.69	5.76%
Coatepeque	75.02	1.13%		0%	75.02	1.13%
Colomba Costa Cuca	167.08	2.53%		0%	167.08	2.53%
El Palmar	96.93	1.47%		0%	96.93	1.47%
Génova	33.97	0.51%		0%	33.97	0.51%
Olintepeque	7.69	0.12%		0%	7.69	0.12%
Quiché	42.03	0.64%		0%	42.03	0.64%
Ixcán	42.03	0.64%		0%	42.03	0.64%
Retalhuleu	304.63	4.61%		0%	304.63	4.61%
El Asintal	16.30	0.25%		0%	16.30	0.25%
Nuevo San Carlos	165.96	2.51%		0%	165.96	2.51%
Retalhuleu	20.00	0.30%		0%	20.00	0.30%
San Andrés Villa Seca	50.65	0.77%		0%	50.65	0.77%
San Felipe	42.52	0.64%		0%	42.52	0.64%
San Martín Zapotitlán	9.20	0.14%		0%	9.20	0.14%
San Marcos	556.88	8.42%		0%	556.88	8.42%
Ayutla	73.26	1.11%		0%	73.26	1.11%
Catarina	12.72	0.19%		0%	12.72	0.19%
El Quetzal	25.56	0.39%		0%	25.56	0.39%
Malacatán	286.94	4.34%		0%	286.94	4.34%
Nuevo Progreso	10.62	0.16%		0%	10.62	0.16%
Ocós	3.27	0.05%		0%	3.27	0.05%
Pajapita	67.37	1.02%		0%	67.37	1.02%
San José El Rodeo	29.79	0.45%		0%	29.79	0.45%
San Lorenzo	25.35	0.38%		0%	25.35	0.38%
San Pablo	22.00	0.33%		0%	22.00	0.33%
Santa Rosa	446.48	6.75%	4.63	0.07%	451.11	6.82%
Barberena	25.60	0.39%		0%	25.60	0.39%
Chiquimulilla	66.54	1.01%	1.66	0.03%	68.20	1.03%

Cuilapa	33.81	0.51%	1.30	0.02%	35.11	0.53%
Guazacapán	15.83	0.24%		0%	15.83	0.24%
Oratorio	192.43	2.91%	1.38	0.02%	193.81	2.93%
Pueblo Nuevo Viñas	32.53	0.49%		0%	32.53	0.49%
San Juan Tecuaco	27.66	0.42%		0%	27.66	0.42%
Santa Rosa De Lima	2.00	0.03%	0.29	0.00%	2.29	0.03%
Taxisco	50.08	0.76%		0%	50.08	0.76%
Sololá		0.00%	0.52	0.01%	0.52	0.01%
Santa Catarina Ixtaguacán		0.00%	0.52	0.01%	0.52	0.01%
Suchitepéquez	553.38	8.37%		0%	553.38	8.37%
Chicacao	139.96	2.12%		0%	139.96	2.12%
Cuyotenango	2.68	0.04%		0%	2.68	0.04%
Mazatenango	70.77	1.07%		0%	70.77	1.07%
Patulul	98.21	1.48%		0%	98.21	1.48%
Río Bravo	8.35	0.13%		0%	8.35	0.13%
Samayac	19.07	0.29%		0%	19.07	0.29%
San Juan Bautista	3.68	0.06%		0%	3.68	0.06%
San Miguel Panán	90.13	1.36%		0%	90.13	1.36%
Santa Bárbara	24.85	0.38%		0%	24.85	0.38%
Santo Domingo Suchitepéquez	95.68	1.45%		0%	95.68	1.45%
Zacapa	17.01	0.26%		0%	17.01	0.26%
Gualán	12.94	0.20%		0%	12.94	0.20%
Zacapa	4.07	0.06%		0%	4.07	0.06%
Total	6,593.26	99.68%	21.08	0.32%	6,614.34	100.00%

Fuentes: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINFOR (Programa de Incentivos forestales) 1998-2015. Guatemala, Departamento de Incentivos forestales del INAB. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINPEP (Programa de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) 2007-2018. Guatemala, Departamento de Incentivos forestales del INAB.

En el cuadro 10 se observa una amplia distribución del área plantada con esta especie, ubicándose en 91 municipios en un total de 18 departamentos, es interesante notar que es el departamento de Alta Verapaz, Guatemala, que registra la mayor extensión plantada con palo blanco (2,730.98 ha o 41.29%) lo cual llama la atención debido a que no es el departamento que ofrece las mejores condiciones de sitio para el crecimiento, aun así, el municipio con las condiciones de sitio más favorables ha sido Senahú, clasificándose dentro de un índice de sitio buena, todos los demás se ubican en categoría media, mala o pésima. El segundo departamento con más plantaciones de palo blanco es Escuintla, Guatemala, con 956.8 hectáreas, equivalentes al 14.46 %, albergando por un lado la mejor plantación de palo blanco (en el municipio de Nueva Concepción), pero también una de las peores (en el municipio de La Democracia): la emulación puede conllevar a considerar todos los terrenos como aptos. El tercer departamento con mayor área plantada es Suchitepéquez, Guatemala, con un total de 553.38 hectáreas, equivalentes al 8.37%; al observar el cuadro 8, de las 8 PPMF establecidas en éste departamento (Suchitepéquez), de forma desglosada, existen 2 con sitios excelentes, 2 con sitios buenos, 2 con sitios medios y 2 con sitios malos.

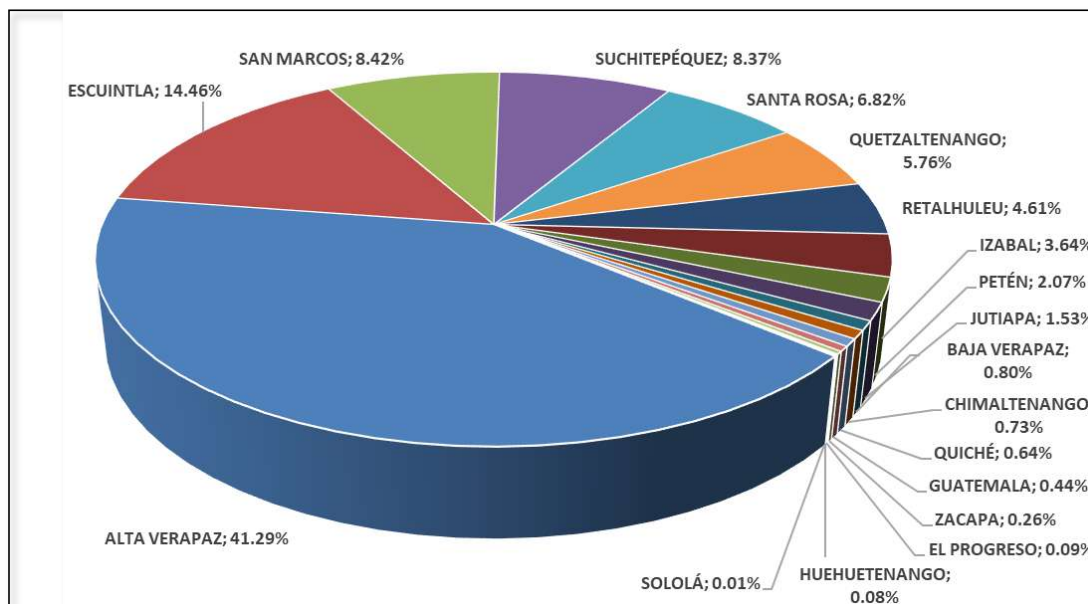


Figura 25. Distribución de área de proyectos de incentivos forestales por departamento (resumen), para la especie de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

La Figura 25 complementa de forma gráfica el contenido del cuadro 10, donde se expresa la distribución de las reforestaciones de palo blanco por departamento a nivel de Guatemala, donde se observa que Alta Verapaz, Escuintla, San Marcos, Suchitepéquez y Santa Rosa son los departamentos con mayor cobertura de plantaciones forestales establecidas con palo blanco.

Con relación a la preferencia por el palo blanco, parece haber un descenso significativo en los últimos años. Mientras que entre el año 2002 y el año 2010 se estableció, en promedio, 646 hectáreas anualmente, con un área máxima de 877.8 ha en el 2004, esta superficie bajó a 100 ha/año desde el 2012. Es imprescindible identificar las razones de esta caída de interés mientras el Estado considere la especie como prioritaria.

Tabla 11. Áreas plantadas con *Tabebuia donnell-smithii* beneficiaria con los programas de incentivos forestales, por año de plantación y edad (año 2000 al 2018) en Guatemala.

Año de plantación	Edad (años)	Área de proyectos PINFOR-PROBOSQUE (ha)	Área de proyectos PINPEP (ha)	Áreas Total	
				Hectáreas	Porcentaje
2000	19	138.8		138.8	138.8
2001	18	152.1		152.1	152.1
2002	17	435.4		435.4	435.4
2003	16	819.3		819.3	819.3
2004	15	877.7		877.7	877.7
2005	14	680.6		680.6	680.6
2006	13	582.5		582.5	582.5
2007	12	754.7		754.7	754.7
2008	11	667.5		667.5	667.5

2009	10	506.3		506.3	506.3
2010	9	494.7		494.7	494.7
2011	8	199.6		199.6	199.6
2012	7	90.3		90.3	90.3
2013	6	28.4	0.8	29.2	28.4
2014	5	125.4	1.3	126.7	125.4
2015	4	36.4	16.7	53.1	36.4
2016	3		0.4	0.4	
2017	2		1.9	1.9	
2018	1	3.5		3.5	3.5
Total		6,593.2	21.08	6,614.3	100.00%
Porcentaje		99.7	0.3	100	

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT), 2018.

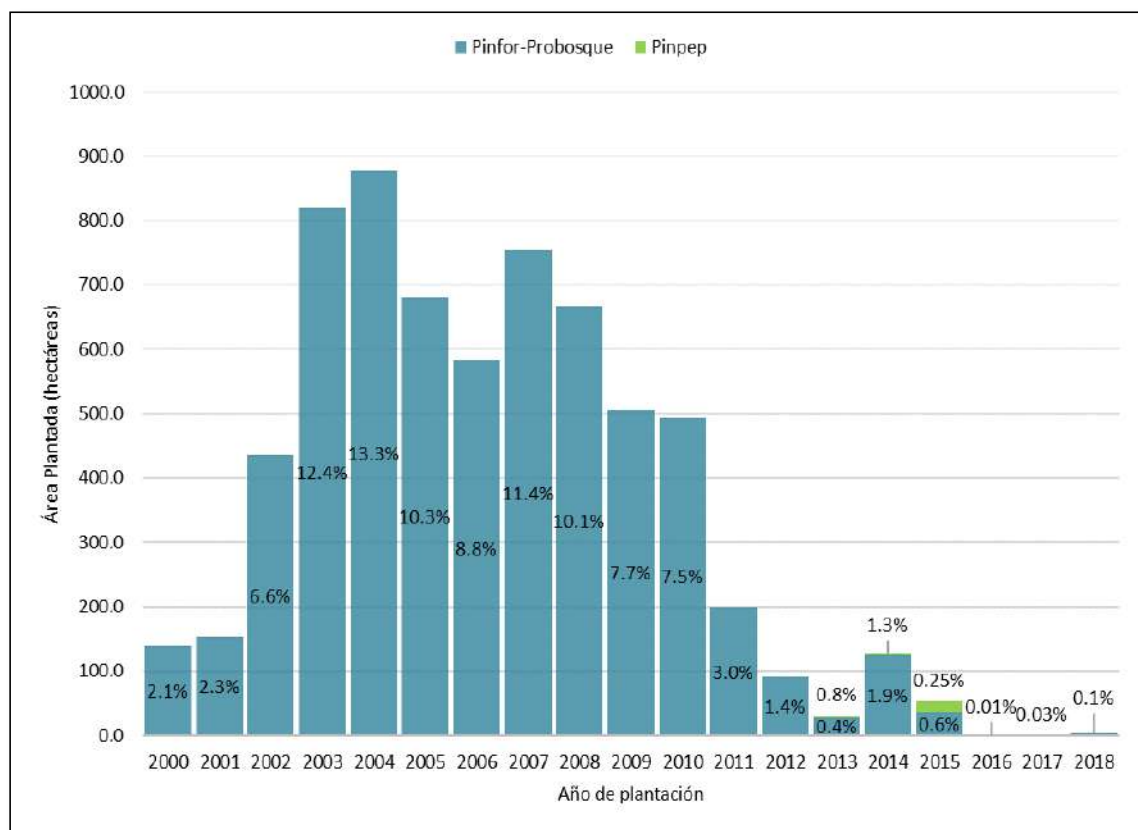


Figura 26. Distribución de área de proyectos de incentivos forestales por departamento, para la especie de palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

Como se discutió anteriormente y según se aprecia en la figura 26, se ha reducido considerablemente el área plantada con palo blanco en los últimos años. En el periodo de 2016 al 2018 (3 años), la suma dichas áreas solamente conforma el 0.5% del total del área plantada, dicho porcentaje (0.5 %) se ha establecido en las localidades de los municipios de San Miguel Chicaj en Baja Verapaz, Santa Catarina Mita en Jutiapa, Oratorio y Chiquimulilla en Santa Rosa y, Chahal y San Cristóbal Verapaz en Alta Verapaz.

Tabla 12. Detalle de productividad (inventario forestal) actual de proyectos de palo blanco incentivados en Guatemala.

Departamento	No. proyectos	Área Total (ha)	Promedio de DAP (cm)	Promedio de Altura (m)	Promedios de Área basal (m ² /ha)	**Promedios de Volumen Total (m ³ /ha)	Volumen Total (m ³)
Alta Verapaz	101	2,730.98	13.53	13.82	5.08	28.40	96,114.28
Baja Verapaz	11	53.13	9.64	9.59	3.55	15.11	1,265.25
Chimaltenango	1	48.00	13.34	13.75	4.21	21.96	1,054.03
El Progreso	1	6.25	14.29	15.21	4.80	27.56	172.28
Escuintla	50	956.38	13.88	13.97	5.48	32.62	28,098.97
Guatemala	4	29.36	12.20	12.56	4.51	21.02	598.32
Huehuetenango	3	5.37	13.02	13.56	4.57	23.24	125.11
Izabal	9	240.97	11.54	12.02	3.91	17.56	4,238.09
Jutiapa	13	100.93	12.06	12.58	3.92	18.67	1,986.64
Petén	20	136.72	14.00	14.80	4.66	26.13	3,470.98
Quetzaltenango	19	380.69	14.27	14.72	5.10	28.98	11,290.23
Quiché	5	42.03	14.03	14.81	4.63	25.96	1,128.17
Retalhuleu	17	304.63	15.21	15.52	5.72	36.35	13,296.70
San Marcos	29	556.88	14.16	14.18	5.95	35.72	19,980.22
Santa Rosa	41	451.11	12.54	12.58	5.00	26.79	15,783.57
Sololá	3	0.52	10.16	10.17	4.48	16.62	8.64
Suchitepéquez	31	553.38	15.17	15.16	6.15	39.39	19,670.38
Zacapa	4	17.01	13.49	14.11	4.52	24.07	399.16
Total	362	6,614.34	13.54	13.78	5.15	29.26	218,681.01

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. (** Los valores de volumen total son valores de referencia, en efecto, los datos concretos de la proyección del volumen de las plantaciones se detalla en la columna de "volumen total (m³), ya que, para cada municipio se sustituyó distinto índice de sitio en la ecuación de proyección de volumen del cuadro 6)

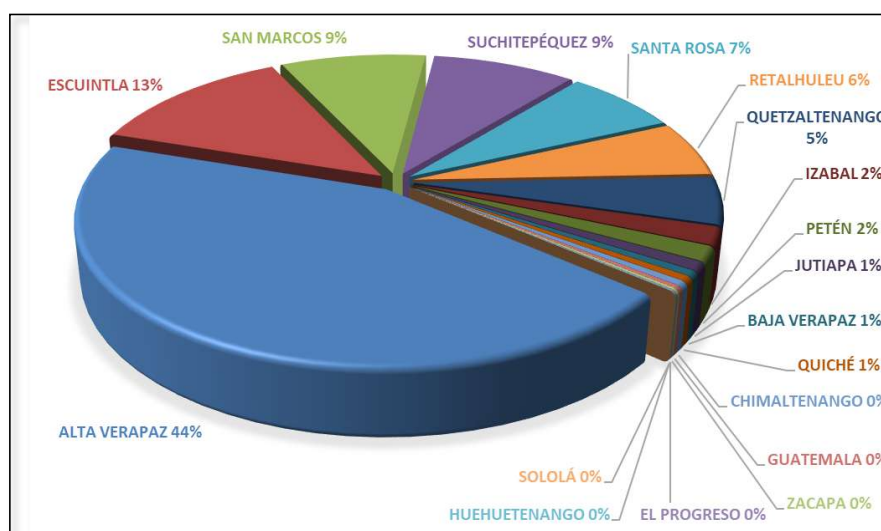


Figura 27. Distribución del Volumen total de producción actual de proyectos de incentivos forestales en porcentaje por departamento, para la especie palo blanco *Tabebuia donnell-smithii* en Guatemala.

El volumen actual de los 362 proyectos de reforestación con palo blanco suma un total del 218681.01 m³ distribuidos en 6614.34 hectáreas a nivel de Guatemala, distribución que corresponde a la abundancia de proyectos por departamento; sin embargo, aunque Alta Verapaz le corresponde el 44% del volumen, Escuintla, San Marcos y Suchitepéquez y Santa Rosa comparten un 38%, con lo que se ubican los primeros 5 departamentos con el mayor volumen total, representando el 82% del total nacional. Esta dinámica es el resultado de las distintas variables y condiciones, tales como el sitio y la edad de la plantación (entre 1 y 19 años respectivamente).

Es importante considerar en la oferta actual que la tendencia observada en las unidades de muestreo indica que el turno, principalmente en buenos sitios, se encuentra alrededor de los 20 años, en ese sentido, es muy posible que las plantaciones con mayor edad referidas en el presente documento (19 años) presenten características deseables para el mercado e inclusive, puedan encontrarse en producción. Esta dinámica sugiere que las actividades de silvicultura sean más intensas para aprovechar el potencial de crecimiento de la especie, entre estas los raleos o aclareos como comenta a continuación.

Las estimaciones del inventario de producción utilizando modelos de crecimiento, permiten estimar un volumen proveniente de los raleos, basado en un perfil teórico simulado a partir del análisis de unidades de muestreo evaluadas en campo. Dicho perfil de manejo considera una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que, aunque se ve afectado por efecto de la mortalidad en los primeros años, el primer raleo se aplica en el cuarto año (4) con una intensidad de aproximadamente 30 %, del cual se obtienen volúmenes muy bajos por las dimensiones de los árboles, además que es orientado a extraer los árboles enfermos y con los mayores defectos físicos tales como torceduras del fuste como ha sido común para esta especie. El perfil continúa con la aplicación de otro 30% en el séptimo año (7) y un tercero y último raleo en el año once (11), del cual se extraen alrededor del 50%, quedando como resultado un promedio de 150 árboles por hectárea. Ese segundo y tercer raleo pueden considerarse como deseables para el mercado, principalmente en sitios excelentes donde además se hubieran cumplido las principales recomendaciones de manejo y mantenimiento, por el contrario, en sitios malos es posible que el periodo entre raleo sea mayor, pero tomar en cuenta que esto no debe comprometer el éxito del proyecto.

Tabla 13. Detalle de la estimación del inventario de productividad actual de volumen del primer raleo, segundo raleo y tercer raleo en plantaciones de palo blanco en edades comprendidas en los 4, 7 y 11 años, beneficiarias de proyectos de incentivos en Guatemala.

Perfil de manejo	No. Proyectos	Área total (ha)	**Promedio de Vol. de raleo (m³/ha)	Volumen Total de raleo (m³)
Primer raleo (4 años)	11	53.06	3.12	195.10
Segundo raleo (7 años)	9	90.34	7.83	855.28
Tercer raleo (11 años)	35	667.52	7.77	5,294.27
Total	55	810.92	18.72	6,344.65

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. (** Los valores de promedio de Vol. De raleo (m³/ha) son valores de referencia, en efecto, los datos concretos de la proyección del volumen para el raleo de las plantaciones se detalla en la columna de "volumen total de raleo (m³)", ya que, para cada municipio se sustituyó distinto índice de sitio en la ecuación de proyección de volumen del cuadro 6)

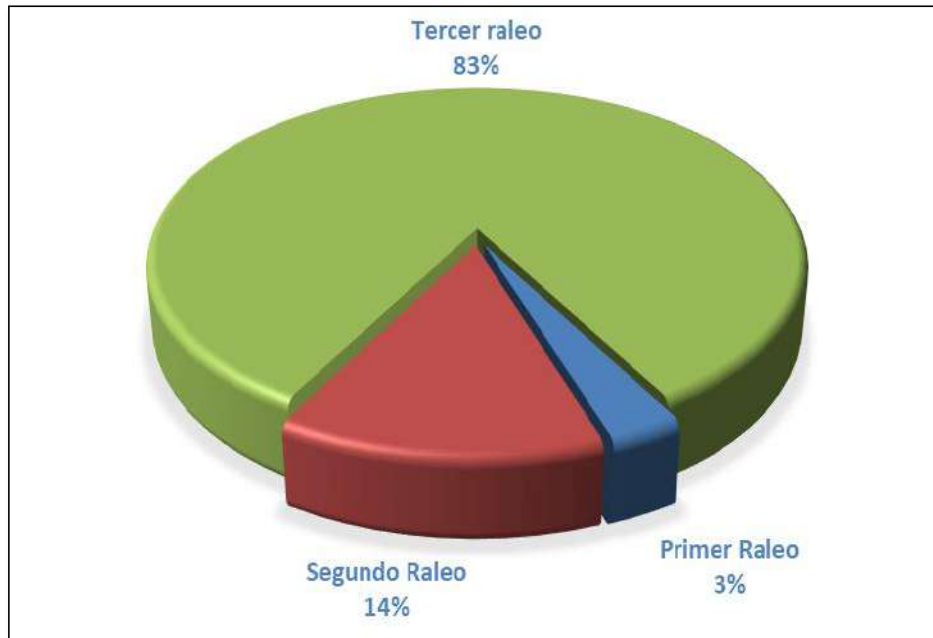


Figura 28. Distribución del volumen total de producción actual de raleo en proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.

Los resultados del Cuadro 13 presentan una estimación total de volumen de raleos de 6344.65 m³, de los cuales es importante destacar que la mayoría del volumen disponible corresponde al tercer raleo con 5294.27 m³, equivalentes al 83 % del volumen disponible para el año 2019, importante porcentaje si su destino logra comercializarse apropiadamente. Únicamente 855.28 m³, equivalentes al 14%, corresponde a un segundo raleo y, el 3% del volumen se obtendrá de un primer raleo, el cual aunque no es comercial; el potencial productivo del rodal se verá afectado significativamente si no se realizan adecuadamente los raleos.

Análisis y proyección del inventario de producción de Palo Blanco

VOLUMEN DE EXISTENCIAS FUTURAS: Al utilizar edades futuras (turno) y densidades finales de las plantaciones de palo blanco, se obtienen proyecciones de las principales variables y con ello, la estimación de las existencias o producción futura. Para el presente documento, el supuesto teórico de turno o corta final de cada plantación se estableció en 22 años, mientras que la densidad final utilizada fue de 150 árboles/ha; nuevamente se aclara que estos valores reflejan el promedio observado en campo, mientras que pueden variar según la calidad de sitio y el manejo proporcionado, pudiéndose reducir entre otros, el turno o edad para la corta final.

A continuación, los resultados expresados en el cuadro 14, se observa el número de plantaciones que están próximas a su turno; considerando que los datos utilizados para elaborar la oferta maderable datan del año 2000 hasta el año 2018, y utilizando un turno teórico de 22 años para la especie, se puede observar que a partir del año 2022 hasta el año 2040 se completa la cosecha de los 362 proyectos de reforestación de palo blanco, con un total 482744.63 m³ producidos, estimación que se constituye en la oferta futura para la especie; el año en que se proyecta mayor oferta maderable es el 2026, con un volumen aproximado de 70922.85 m³.

Tabla 14. Proyección de principales variables dasométricas y de productividad de corta final para las plantaciones de palo blanco, periodo 2022-2040 en Guatemala.

Año	No. Proyectos	Área (ha)	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Área Basal promedio (m ² /ha)	Vol. Total promedio (m ³ /ha)	Volumen Total (m ³)
2022	12	138.76	16.54	17.12	6.79	50.98	11,147.07
2023	14	152.13	16.29	16.95	6.55	48.06	8,617.17
2024	24	435.37	16.04	16.70	6.39	46.79	31,429.57
2025	31	819.30	17.12	17.54	7.32	57.23	55,254.83
2026	37	877.74	16.89	17.37	7.12	54.90	70,922.85
2027	34	680.56	16.88	17.35	7.12	55.07	34,443.98
2028	34	582.54	17.23	17.62	7.44	58.81	50,524.68
2029	27	754.74	18.86	18.83	8.88	75.51	57,989.96
2030	35	667.52	17.67	17.92	7.85	63.55	46,972.38
2031	29	506.29	16.79	17.31	7.01	53.43	33,817.65
2032	21	494.69	17.59	17.80	7.84	64.43	40,552.28
2033	18	199.57	17.30	17.70	7.46	58.66	14,662.41
2034	9	90.34	19.35	19.14	9.42	82.92	10,175.72
2035	7	29.20	17.41	17.75	7.63	61.82	2,615.78
2036	9	126.74	19.28	19.19	9.22	78.91	10,031.34
2037	11	53.06	15.80	16.53	6.16	44.00	3,305.49
2038	3	0.43	14.65	15.78	5.03	29.94	12.87
2039	4	1.88	16.73	17.31	6.91	51.98	177.94
2040	3	3.49	13.98	15.11	4.60	26.33	90.66
Total	362	6,614.34	17.18	17.57	7.39	58.17	482,744.63

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT), 2018. (** Los valores de la columna de "Vol. Total promedio (m³/ha)" son valores de referencia, en efecto, los datos concretos de la proyección del volumen para el raleo de las plantaciones se detalla en la columna de "volumen Total (m³)", ya que, para cada municipio se sustituyó distinto índice de sitio en la ecuación de proyección de volumen del cuadro 6)

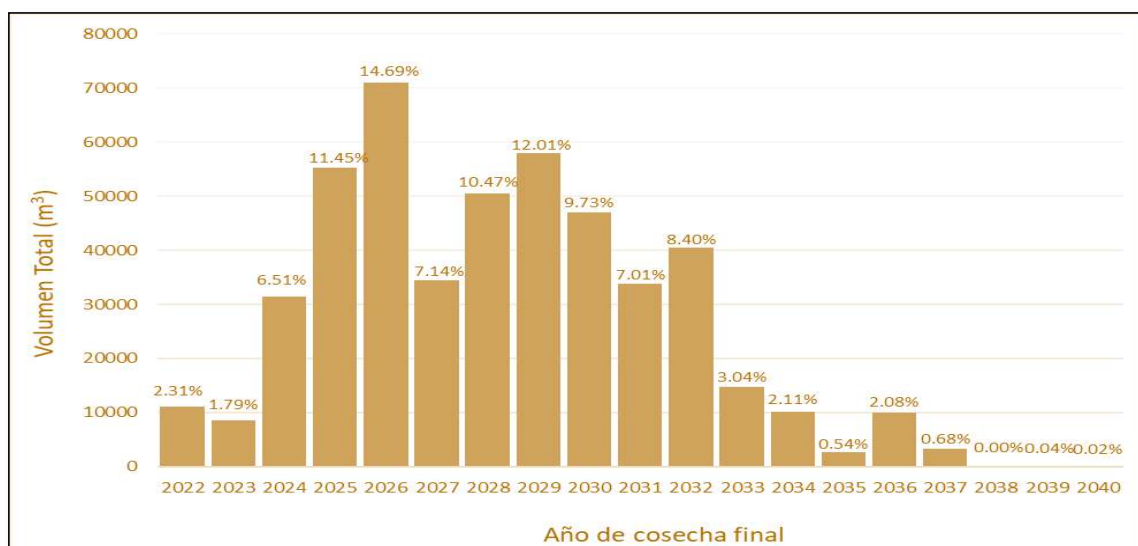


Figura 29. Distribución del volumen total proyectado en proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.

En la Figura 29 se observa que el mayor volumen del aprovechamiento final de las plantaciones de palo blanco se realizará en año 2026, con un valor de 70922.85 m³, equivalente al 14.69% del volumen total de la oferta maderable del periodo analizado, al contrario, la menos disponibilidad será en los años 2035 al 2040. Como se comentó anteriormente, esta dinámica refleja que la preferencia por plantar esta especie ha reducido considerablemente en los últimos años.

PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE RALEO: con la información de dinámica de crecimiento que evidencia la aplicación de raleos y el registro de las plantaciones, este perfil teórico definido se utilizó para proyectar el volumen de raleo para el periodo del 2019 al 2025 (7 años), con el cual se proyectaron las principales variables de crecimiento, entre ellas un volumen de raleos en las edades de 4, 7 y 11 años; durante el análisis se procede a diferenciar el volumen de las plantaciones que en el mismo año lleguen a la edad para un primer, segundo o tercer raleo.

Tabla 15. Proyección del volumen (m³) de raleos para palo blanco en Guatemala, periodo 2019-2025

Perfil de raleo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Primer raleo (4 años)	318.51	1.11	17.57	9.02	0.00	0.00	0.00
Segundo raleo (7 años)	1721.02	376.11	1799.15	585.09	2.04	32.28	16.57
Tercer raleo (15 años)	10448.02	7448.34	8846.58	3260.49	2147.34	469.28	2244.82
Total (m³)	12487.56	7825.56	10663.30	3854.61	2149.38	501.56	2261.40

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018.

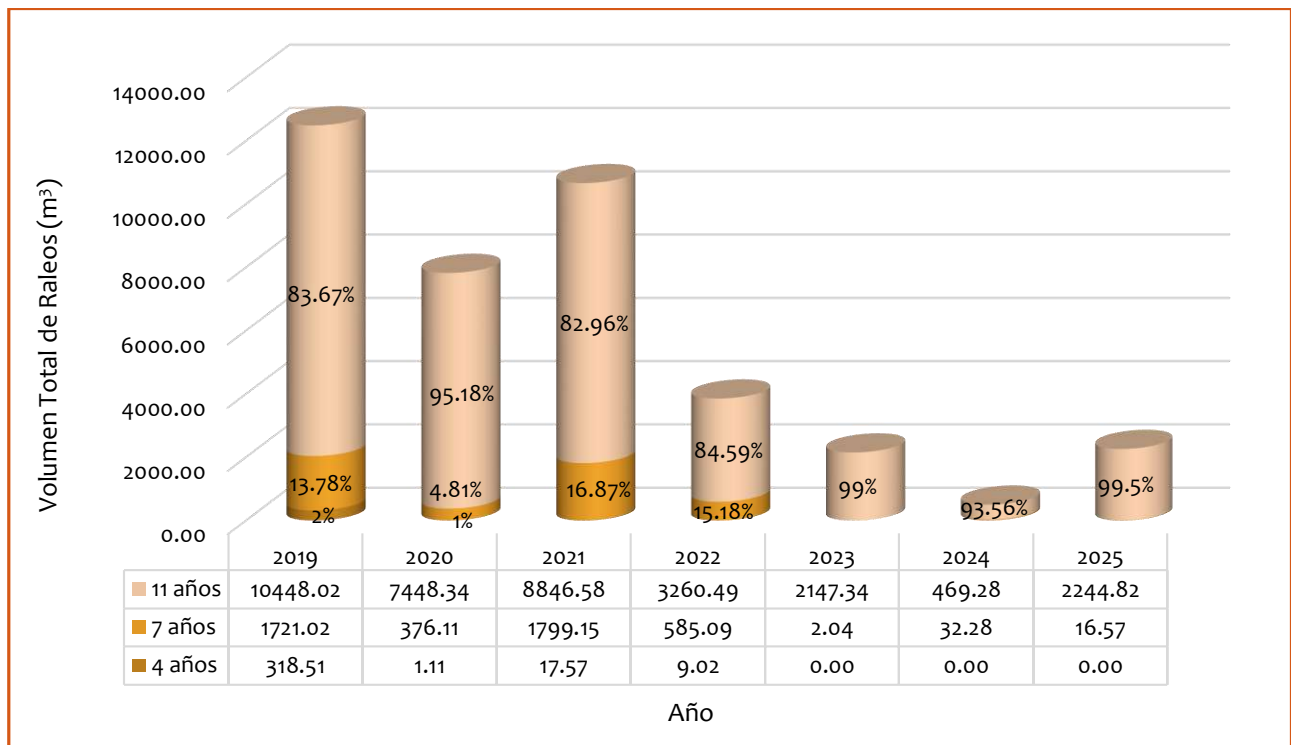


Figura 30. Distribución del Volumen total de raleos (m³), proveniente de proyectos de incentivos forestales, para la especie de palo blanco en Guatemala.

El volumen total de raleos obtenido durante el periodo del 2019 al 2025 asciende a 39743.37 m³ entre el primer, segundo y tercer raleo que se proyecta en los 362 proyectos durante el periodo 2019 al 2025. En el Cuadro 15 y Figura 30 se observa que el volumen del primer raleo no es significativo (inferior al 1% del total general), ya que en promedio a esta edad (4 años), los árboles de Palo Blanco son muy pequeños, aun cuando la intensidad de raleo es cercana al 30%, extrayendo aproximadamente 300 árboles; aunque la cifra podría ser mejor, no suele ser de la preferencia para el mercado y por ello suele no hacerse y comprometerse la calidad maderable y por ende beneficios futuros. Esta conducta debe mejorarse, empezando desde una adecuada planificación dentro plan de reforestación, así como la asignación de fondos para financiar dicha actividad de forma oportuna.

El segundo raleo con un volumen total estimado de 4532.26 m³ representa el 11.4% del volumen total de raleo en el período, que puede proporcionársele algún uso, pero si el raleo es aplicado dando prioridad a los mejores árboles para la corta final, el beneficio no es significativo.

Finalmente, es interesante observar que la mayor cantidad de volumen total de raleo corresponde al tercer raleo, cuando los árboles tienen 11 años y alcanzan un promedio mayor a 15 centímetros de diámetro (DAP), dimensiones con las que suele ser comercializado. Este raleo suma un total de 34864.88 m³ correspondientes al 87.7 % del total general del periodo; aunque la dinámica es constante en el periodo evaluado, se observa una mayor proporción en el año 2019 al 2021, respectivamente.

Con la generación de nueva información de campo se espera realizar actualizaciones del presente documento, principalmente sobre los modelos de crecimientos y estadísticas como por ejemplo la incorporación de registros sobre la producción final, siempre y cuando se obtenga las experiencias de las observaciones en campo.

12. Conclusiones

1. Las principales características climáticas a considerar para la selección de palo blanco como especie a reforestar son: sitios en rangos de temperatura de 23 a 27 °C (según su distribución natural), bajo cultivo, los mejores crecimientos en la región Sur de Guatemala se registran en rangos de 18 a 26 °C como promedio anual y en la región Norte de Guatemala se registran en rangos de 23 a 25.5 °C de temperatura media anual. En su rango de distribución natural, la precipitación oscila entre 1000 a 3000 mm anuales; bajo cultivo, los mejores sitios registran precipitaciones promedio anuales de 2000 mm por año. Tolera periodos de dos a tres meses secos.
2. Las principales características fisiográficas a considerar para la selección de palo blanco como especie a reforestar son: sitios con altitudes desde 200 a 1000 msnm (según su distribución natural); bajo cultivo, los mejores crecimientos para la Región sur de Guatemala se registran en altitudes de 250 a 600 msnm y en la región Norte de Guatemala se registran en altitudes de 32 a 450 msnm; la especie se desarrolla mejor en terrenos ondulados con pendientes < a 15%.
3. Las principales características edáficas a considerar para la selección de la especie para su plantación es que se adapta a suelos arenosos hasta suelos franco arcillosos (contenidos de arcilla menores a 35%), mejora su rendimiento en suelos con buen drenaje y profundos; desarrolla mejor en rangos de pH < de 5.9 (en la región sur de Guatemala) y en rangos de 5.2 hasta 8.1 en la región norte de Guatemala; la pedregosidad superficial no afecta el desarrollo de las plantaciones, requiere contenidos de materia orgánica entre 7% y 12%.
4. De acuerdo a su comportamiento ecológico, el palo blanco es muy exigente en cuanto a la cantidad de luz, aun así, en sus primeros años de crecimiento toleran sombra parcial (según lo observado en bosques naturales), sin embargo, alta mortalidad, crecimiento lento, inclinación hacia la luz y abundante ramificación baja, son los principales efectos que ocurren en plantaciones cuando el estrato superior (árboles remanentes o estrato superior temporal) no es removido por completo o si los rebrotes y las malezas no son controlados de manera adecuada después del establecimiento de la planta; a tal punto que el establecimiento de plantaciones bajo dosel protector no se recomienda y si se establece, debe realizarse con suficiente planificación y precaución. La ecología de la especie se constituye importante para analizarlo a conciencia, para la planificación adecuada de la instalación de reforestaciones y selección de especies acompañantes en arreglos mixtos.
5. Es importante aplicar las cortas intermedias de podas y raleos de forma oportuna, de no hacerlo, se tendrán árboles de mala forma, con crecimiento lento, propiciando demasiada competencia por luz y aumentando el número de árboles enfermos; sin embargo, un aspecto fundamental para la expresión del crecimiento potencial del palo blanco lo constituyen las actividades dedicadas al control de malezas, ya que, es común que en el área de distribución potencial de palo blanco existan altos niveles de precipitación que promueven el desarrollo de malezas y plantas trepadoras, las actividades bien planificadas de manejo de malezas garantizan el éxito de la plantación en los primeros 4 años.

6. Las distintas categorías de sitio constituyen criterios de evaluación del estado actual y de la productividad de las plantaciones forestales instaladas a nivel nacional, con base a la altura dominante de la especie (cuadro 7) o con base al incremento medio anual de las principales variables dasométricas de un rodal (cuadro 9). De forma complementaria, los modelos de crecimiento (cuadro 6) son herramientas que permiten simular el comportamiento de las plantaciones a través de distintos perfiles de raleo, y así conocer la mejoría de los atributos de los árboles derivados de un adecuado manejo.

13. Recomendaciones

1. Establecer plantaciones forestales de Sanjuán 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 (tolera sombra parcial en los primeros años de crecimiento) 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 para reforestar palo blanco, existen factores limitantes que comprometen la productividad de los rodales, tales como la intolerancia de la especie a los suelos anegados (suelos con presencia de capas impermeables), son desfavorables los suelos con poca profundidad efectiva y el crecimiento de la especie es limitado por el pH alcalino
3. Palo blanco es muy sensible a la competencia de malezas y plantas trepadoras, lo que conlleva a recomendar que debe hacerse el esfuerzo para realizar por lo menos tres limpiezas (incluyendo un plateo) durante los primeros cuatro años de la plantación, de esa forma, la especie podrá expresar su verdadera aptitud de crecimiento; el asocio con arreglos agroforestales de árboles asociados con cultivos anuales y árboles forestales con cultivos perennes ha resultado exitoso para el palo blanco, además de verse favorecido por las fertilizaciones al cultivo agrícola. La especie también se ha visto favorecida en expresar su máximo potencial de crecimiento por el adecuado control de malezas que se garantiza en un sistema agroforestal, en tal sentido, un factor común registrado en las plantaciones forestales descritas en el tema "ejemplos de buena elección" han gozado (o gozan actualmente) de socios agroforestales, lo que ha influenciado para que sus atributos dasométricos expresen valores que permitan que tales plantaciones se clasifiquen como sitios "Excelentes".
4. Si bien la especie palo blanco registra la tolerancia de sombra parcial en sus primeras fases de crecimiento, la reforestación de la especie bajo dosel protector disperso (natural, plantado o inducido mediante especies acompañantes) debe realizarse con precaución, debido al requerimiento de luz plena de la especie después de su fase de establecimiento en campo, de no realizar una pronta liberación, los efectos negativos condicionan el éxito de la plantación desde los primeros años. Así mismo, es necesario considerar que al establecer arreglos mixtos puedan seleccionarse especies acompañantes con igual o muy similar tasa de crecimiento en altura, a manera que palo blanco no quede suprimido y esto evite que la especie pueda expresar su máxima aptitud de crecimiento.

5. Realizar de forma oportuna las podas, estas deben planificarse iniciando en los primeros años de la plantación, con el objeto de garantizar la calidad de la madera en la troza principal, para manejar árboles bifurcados y que estos crezcan con un solo eje, el más recto, vertical y vigoroso; además, se reitera la importancia de esta práctica durante los primeros años de la plantación, cuando las ramas son delgadas y su eliminación no dejará cicatrices significativas que comprometan la oferta maderable. En sus siguientes etapas de desarrollo, la especie presenta la característica de "autopoda natural", la autopoda natural se ve favorecida mediante una adecuada regulación del rodal.
6. El raleo es una actividad silvícola de importancia para todas las especies forestales, en el caso de palo blanco, los raleos oportunos promueven las condiciones de autopoda natural de las ramas de los árboles, reduce la competencia de luz y nutrientes, fortalece el vigor de los individuos seleccionados para la cosecha final reduciendo su vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades, y genera espacios dentro del dosel para la incorporación de cultivos agrícolas permanentes. Para la selección de árboles para el raleo, pueden seguirse los siguientes criterios, en orden de prioridad: por su estado fitosanitario, por la rectitud del tronco, por el diámetro de los individuos, y por la altura de los individuos.
7. 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.

14. Bibliografía

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Turrialba, Costa Rica. v. 2. (Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple CATIE-ROCAP. Serie Técnica, Informe Técnico no. 79)
- Cojóm Pac, JI. 2015. Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies en plantaciones forestales de Guatemala. Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. 212 p. [Serie técnica DT-006(2015)].
- Cordero, J; Boshier, DH (eds.). 2003. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, UK / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR. p. 915-916
- Cruz, JR de la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. Inventario forestal nacional de Guatemala 2002-03. Guatemala. 129 p. (FAO, Programa de Evaluación de los Recursos Forestales: Documento de trabajo 92).
- Francis, JK. 2000. *Tabebuia donnell-smithii* Rose Primavera, cortés. In: Francis, JK; Lowe, CA; Trabanino, S. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, PR, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. p. 510-513. (General Technical Report IITF-15)
- García Contreras, BE. 2006. Informe final de diagnóstico, investigación y servicios desarrollados en la Unidad de Plagas forestales del Proyecto de Protección forestal / Investigación: Caracterización de enfermedades fungosas de especies forestales en plantaciones PINFOR ubicadas en Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 136 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, Universidad de San Carlos de Guatemala. 112 p.
- Hernández Paz, M; Sandoval, CH; Ramírez, JA; Álvarez, RR; Cálix, JO. 1999. San Juan guayapeño, *Tabebuia donnell-smithii*. Lancetilla, HN, ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales). 7 p. (Estudio de crecimiento de especies nativas de interés comercial en Honduras PROECEN, Colección Maderas Tropicales de Honduras, Ficha Técnica no. 13)
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999a. Manual técnico forestal. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB). 110 p.

- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999b. Palo blanco. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB). 1 p. (Ficha técnica de especies no. 8)
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2012. Manual de manejo integrado de plagas y enfermedades: *Tabebuia donnell-smithii* (Rose) Seibert. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB). 22 p. (Proyecto Protección Forestal).
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2015. Identificación y sistematización de experiencias exitosas de manejo forestal en Guatemala, con fines demostrativos: informe final + ficha resumen El Parraxé + ficha resumen El Gudiela y Los Abanicos. Guatemala, INAB, Proyecto INAB/UICN/ITTO "Fortalecimiento de las capacidades institucionales para mejorar la observancia de la ley y la gobernanza forestal en Guatemala". Documentos internos.
- Mazariegos Romero, AM. 1993. Evaluación de la respuesta de 3 especies forestales palo blanco (*Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Seibert), laurel (*Cordia alliodora* (R&P) Oken) y pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a la aplicación de los fitoreguladores: biozyme y cytozyme. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 49 p.
- Pereira Barrientos, EG. 2002. Efecto de la temperatura y fotoperiodo en la germinación de semillas forestales de palo blanco (*Cyristax donnell-smithii* (Rose) Seibert), pino de Petén (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Seneclausse) W.H. Barrett & Golfari), falso pinabete (*Pinus chiapensis* (Mart.) Andersen) y cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) en condiciones controladas. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 74 p.
- Pérez Irungaray, GE. 1999. Evaluación de la propagación vegetativa de teca (*Tectona grandis* L.), chíchique (*Aspidosperma megalocarpon* Müll. Arg.), palo blanco (*Cyristax donnell-smithii* (Rose) Seibert), y matilisguate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC.). Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 55 p.
- Pilones de Antigua SA. 2009. Conservación de material genético superior del palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) para su propagación y desarrollo comercial: Informe de resultados. Guatemala, Pilones de Antigua / Gremial Forestal / Instituto Nacional de Bosques / Asociación Nacional del Café / Cooperativa Internacional para la Conservación y Domesticación de Recursos Forestales. 39 p.
- Ramírez Anleu, C; Szejner Sigal, M; Maselli de Sánchez, S; Rojas Prado, NE. 2012. Primer informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Guatemala, INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT) / IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 186 p.
- Ramírez, C. 2009. El mejoramiento genético del palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose). Revista Somos un clúster forestal (GT) 6(16):10-11.
- Salazar, R; Soihet, C. (comps). 2001. *Cyristax donnell-smithii* (Rose) Seibert (Nota técnica no. 141). In: Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Turrialba, CR. Centro

Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 81-82. (Serie técnica, Manual técnico (CATIE) no. 48)

- Sánchez Prera, MA. 2008. Características de sitio que determinan crecimiento y productividad de palo blanco (*Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda) en el norte de Guatemala. Tesis Lic. Ing. agr. Cobán, GT, Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. 142 p.
- Santizo Soller, GF. 2007. Clave demonológica para madera aserrada de seis especies forestales de importancia económica en el departamento de Retalhuleu. Tesis Lic. Ing. agr. Quetzaltenango, GT, Universidad Rafael Landívar. 180 p.
- Solano Garrido, AL. 2007. Respuesta del palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) al establecimiento in vitro con fines de propagación. Tesis Lic. Ing. for. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 55 p.
- Teni Choc, MF. 2007. Plan de manejo para la producción de plantas (vivero forestal) de la eco-región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Informe de práctica agroforestal supervisada. San Juan Chamelco, GT, Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. 39 p.
- Tut Si, MO. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz. Tesis Lic. Ing. for. San Juan Chamelco, GT, Universidad Rafael Landívar. 68 p.
- Valdéz Aguilar, DH. 2011. Efectos de raleos aplicados durante el periodo 2005 a 2008 a una plantación de la especie palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), en finca Masaya, El Palmar, Quetzaltenango. Tesis Lic. Ing. for. San Juan Chamelco, GT, Universidad Rafael Landívar. 57 p.
- Vanegas Chacón, EA. 2011. Evaluación del efecto del sitio y aplicación de prácticas silviculturales en el crecimiento de rodales y calidad de la madera proveniente de plantaciones de palo blanco (*Roseodendron donnell-smithii*) y matiliguete (*Tabebuia rosea*) en Guatemala. Guatemala, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología. 94 p. (Proyecto FODECYT no. 015-2008)
- Vela Herrera, LA. 2006. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii*) en plantaciones forestales de la región forestal IX, costa sur de Guatemala. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 101 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