



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

Paquete Tecnológico Forestal

Sanjuán
Vochysia guatemalensis Donn. Sm.

Serie Técnica
DT-027 (2019)

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

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

Departamento de Investigación Forestal
7a avenida 6-80 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
Teléfono: 2321-4608 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 Sanjuán *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. versión 1.0. Guatemala, Departamento de Investigación Forestal. 51 p. (Serie técnica DT-27-2019).

ELABORADO POR:

Departamento de Investigación Forestal del Instituto Nacional de Bosques (INAB), con la asesoría y redacción principal del Dr. Daniel Marmillod (consultor), e 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 al Ing. William Randolph Melgar Salguero (Director de Normativa y Fiscalización 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



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 Sanjuán *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., en el cual, as 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 de la especie 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

- Edwin 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	iii
2.	Junta directiva del Instituto Nacional de Bosques	iv
4.	Introducción	1
	Nombre científico	1
	Nombres comunes.....	1
	Descripción morfológica	1
	Distribución geográfica de la especie.....	2
	Importancia de la especie en el país	3
	Aptitud forestal – agroforestal.....	4
	Usos.....	5
	Estado de protección legal de la especie en el país	6
5.	Selección de sitio	6
	Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie	6
	Clima	6
	Fisiografía.....	7
	Suelo	7
	Distribución potencial de la especie en Guatemala	7
	Modelos de crecimiento f (variables ambientales)	9
	Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie	9
6.	Producción de plántulas y genética	10
	Diversidad genética y procedencia	10
	Rodales semilleros	11
	Semilla.....	11
	Descripción	11
	Recolecta.....	12
	Acondicionamiento	13
	Conservación y viabilidad	14
	Tratamientos pre-germinativos	14
	Producción de plantas	14
	Métodos de propagación sexual	14
	Métodos de propagación asexual	15
	Sustratos en vivero	16
7.	Establecimiento de plantaciones.....	17
	Comportamiento ecológico de la especie	17
	Instalación.....	17

Introducción en sistemas agroforestales	18
8. Silvicultura de plantaciones	19
Control de malezas	19
Poda.....	19
Raleo	20
Aprovechamiento final.....	24
Esquema silvicultural y rendimientos.....	26
9. Manejo de plagas y enfermedades.....	27
Plagas y enfermedades en vivero	28
Plagas y enfermedades en plantaciones	28
Longicornio o cerambícido <i>Lagocheirus araneiformis</i> Linné 1767.....	28
10. Manejo de bosques naturales	28
11. Crecimiento y productividad de plantaciones	29
Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala.....	29
Crecimiento e incrementos	30
12. Existencias.....	37
Herramientas	37
Superficies de plantaciones e inventario de producción actual de Sanjuan.	39
Análisis y proyección del inventario de producción de Sanjuan	44
13. Conclusiones	48
14. Recomendaciones.....	49
15. Bibliografía	51

Lista de tablas

Tabla 1. Registro de la inscripción de fuentes semilleras del <i>Vochysia guatemalensis</i> (Sanjuán) en Guatemala.	11
Tabla 2. Esquema silvicultural preliminar para <i>Vochysia guatemalensis</i> en la zona norte de Costa Rica.	26
Tabla 3. Agentes dañinos del Sanjuán <i>Vochysia guatemalensis</i> reportados en Guatemala.....	27
Tabla 4. Número de parcelas permanentes de medición Forestal (PPMF) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> , por edad de las plantaciones y número de mediciones.....	29

Tabla 5. Número de parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> , por grado de mezcla inicial, con especies asociadas en plantaciones.....	30
Tabla 6. Familia de modelos de crecimiento para la especie Sanjuán <i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm., en Guatemala.....	31
Tabla 7. Rangos de categorías de sitio para la especie Sanjuán <i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm., en Guatemala.....	31
Tabla 8. Aptitud para el crecimiento de <i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm., en municipios con PPMF de la especie en Guatemala	32
Tabla 9. Incremento medio anual (IMA) de variables de crecimiento para <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala, según categorías de sitio	33
Tabla 10. Crecimiento de <i>Vochysia guatemalensis</i> en la zona norte de Costa Rica.	36
Tabla 11. Áreas plantadas con Sanjuan, incentivadas por PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP en Guatemala.....	39
Tabla 12. Áreas plantadas con <i>Sanjuan</i> beneficiaria con los programas de incentivos forestales, por año de plantación para el periodo 2000 al 2018.	41
Tabla 13. Detalle de productividad actual (inventario de producción) de proyectos de Sanjuán incentivados en Guatemala, para el periodo 2000 al 2018.....	42
Tabla 14. Detalle de productividad actual de volumen del primer, segundo y tercer raleo en plantaciones de Sanjuan incentivados en Guatemala.....	43
Tabla 15. Proyección de principales variables dasométricas y volumen de corta final para las plantaciones de Sanjuan establecidas en los programas de incentivos PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP en el periodo 2020-2038	45
Tabla 16. Proyección del volumen de raleo para Sanjuán según la ocurrencia de raleos, periodo 2019-2025.....	46

Lista de figuras

Figura 1. Tendencia de las reforestaciones con Sanjuán mediante los programas de incentivos PINFOR-PROBOSQUE en Guatemala.	3
Figura 2. Plantación forestal pura de Sanjuán <i>Vochysia guatemalensis</i> en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.	4

Figura 3. Mapa de distribución potencial del Sanjuán <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala.....	8
Figura 4. Árboles de Sanjuán de 17 años de edad, con podas realizadas a partir del tercer año, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.....	20
Figura 5. Estructura y composición de plantación forestal de Sanjuán de 17 años de edad, sin intervenciones de raleo, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.....	21
Figura 6. Comportamiento de la proyección del volumen hasta 20 años, utilizando tres intervenciones de raleo (perfil de manejo teórico para Sanjuán) en una hectárea.....	22
Figura 7. Tendencia del comportamiento del DAP (cm) proyectado en 20 años en plantaciones de Sanjuán, con la aplicación de raleos (perfil de manejo teórico).	23
Figura 8. Tendencia del comportamiento del DAP (cm) proyectado en 20 años sin la aplicación de raleos para plantaciones de Sanjuán en Guatemala.....	23
Figura 9. Transporte de trozas con bueyes dentro del área de aprovechamiento forestal hacia la bacadilla, en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.	24
Figura 10. Trozas de diámetros menores y diámetros mayores apilados en la bacadilla, en aprovechamiento final de plantación forestal sin intervenciones de raleo, realizado en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.....	25
Figura 11. Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala.....	34
Figura 12. Familia de curvas de crecimiento en diámetro [cm] para plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala.....	35
Figura 13. Familia de curvas de crecimiento en área basal [m ² /ha] para plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala.....	35
Figura 14. Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m ³ /ha] para plantaciones de <i>Vochysia guatemalensis</i> en Guatemala.....	36
Figura 15. Grafica de distribución del volumen total (%) de producción actual de proyectos de incentivos forestales resumido por departamento, para la especie Sanjuán en Guatemala.	40
Figura 16. Grafica de distribución de área de proyectos de incentivos forestales por año de plantación, para la especie de Sanjuan en Guatemala.	41
Figura 17. Distribución del volumen total de producción actual de proyectos de incentivos forestales (%) por departamento, para la especie de <i>Sanjuan</i> en Guatemala.....	42

Figura 18. Distribución del volumen total de producción actual de raleos en proyectos de incentivos forestales, para la especie de *Sanjuan* en Guatemala.44

Figura 19. Distribución del volumen total proyectado en proyectos de incentivos forestales, para la especie de *Sanjuan* en Guatemala.45

Figura 20. Distribución del volumen total de raleos, proveniente de proyectos de incentivos forestales, para la especie de *Sanjuan* en Guatemala.46

4. Introducción

Nombre científico¹

Vochysia guatemalensis Donn. Sm.

SINÓNIMOS: *Vochya guatemalensis* (Donn. Sm.) Standl., *Vochya hondurensis* (Sprague) Standl., *Vochysia aurea* Stafleu, *Vochysia hondurensis* Sprague, *Vochysia hondurensis* var., *parvifolia* Stafleu, *Vochysia macrophylla* Stafleu.

Nombres comunes

Basado en Andrino et al. (1992), Soto (2002), Cordero y Boshier (2003)

En Guatemala, esta especie es conocida como Sanjuán, o bien como palo de Sanjuán, sampedrano, palo bayo, sayuc o robanchab.

En Oaxaca, México recibe el nombre de corpo, en Belice de emeri o yemení, en Honduras de flor de mayo, san juan de pozo o san juan peludo, en Nicaragua de barba chele y en Costa Rica de cebo o chancho.

Descripción morfológica

Basado en Cordero y Boshier (2003), Salazar et al. (2000), Andrino et al. (1992), López (2008), Solís y Moya (2003), Flórmula Digital de la Estación Biológica La Selva²

PORTE DEL ÁRBOL. Árbol grande, de hasta 40 (50) m de altura y entre 0.4 y 1.8 m de diámetro, de crecimiento rápido. Tronco recto, cilíndrico, libre de ramas hasta dos tercios de la altura y con base cónica o alargada, que no llega a formar raíces tablares³. Copa estratificada, densa, redondeada o deprimida, con ramas angulares y ramitas glabras, frecuentemente anguladas a ligeramente acostilladas; de follaje verde y brillante.

CORTEZA EXTERNA. Lisa o levemente escamosa-papirácea, de color gris claro a blanquecina con manchas rosáceas.

HOJAS. Simples, opuestas o verticiladas en grupos de (2) 3 (4) por nudo, de 6 a 18 cm de largo y 3-6 cm de ancho, oblongas a elíptico obovadas, coriáceas, con haz glabro y brillante y el envés pubescente; ápice obtuso a cortamente acuminado; base aguda a cuneada; margen entero; pecíolos delgados de 1 a 3 cm de largo.

FLORES. Inflorescencias racemiformes, alargadas y terminales, erectas en la copa, con muchas flores amarillas, muy vistosas, de suave y grato aroma. La flor cuenta con un cáliz de tres pétalos y un espolón característico, casi recto y glabro.

¹ Tropicicos.org. Missouri Botanical Garden. 19 may. 2016 <http://www.tropicicos.org>

² 22 may. 2016 <http://sura.ots.ac.cr/florula4/index.php>

³ Raíces tablares: son aquellas raíces que desarrollan en forma de tablas o aletas alrededor del tallo. Es una raíz comprimida lateralmente que se forma en la base del tronco a modo de contrafuerte.

La primera floración tiene lugar a los cinco o seis años. En época de floración, el árbol es hermoso y visible a larga distancia. La especie es monoica y sus polinizadores son mariposas, abejas y colibríes.

FRUTOS. Cápsulas triangulares y verrugosas, de 4-7 cm de largo y 1.5-2.5 cm de ancho, de color verde oscuro y brillante. Con tres lóculos carnosos que forman tres ángulos con una semilla alada cada uno. Los frutos empiezan a abrirse en su extremo distal cuando la semilla está madura. Las valvas persisten después de que cae la semilla; al secarse, queda descubierta la parte interna de color dorado. Las semillas alargadas y planas están provistas de un ala unilateral, con tricomas dispersos aplicados.

Distribución geográfica de la especie

Basado en Cordero y Boshier (2003), Salazar et al. (2000), Andriano et al. (1992), Solís y Moya (2003), Cruz (1982), Castañeda y Cabrera (2006)

DISTRIBUCIÓN NATURAL. El Sanjuán es nativo desde los 20°N, en el estado de Veracruz, golfo de México, hasta el paralelo 0° en la provincia de Esmeralda, Ecuador, en los bosques muy húmedos, lluviosos hasta semidecíduos, desde el nivel del mar hasta los 1000 (1200) msnm.

Es frecuente y abundante en las planicies costeras y valles, a lo largo de los bancos de los ríos. Forma rodales casi puros en áreas agrícolas abandonadas. En Costa Rica, se ha observado que la especie se comporta igual en suelos aluviales (llanos) y en suelos residuales (lomas). Puede tener presencia naturalmente en mezclas con *Vochysia ferruginea* y *V. allenii*.

En Guatemala, *Vochysia guatemalensis* tiene presencia en la parte norte del *bosque muy húmedo subtropical cálido*, donde Cruz (1982) la considera una especie indicadora de esta parte de la zona de vida en el país. Es muy abundante en las colinas de la región de Quiriguá, así como en todo el departamento de Izabal, donde sobresale de la mayoría de los árboles que la rodean; es muy común cerca de Puerto Barrios. También se encuentra en el sur de Petén, norte de Alta Verapaz, Quiché y parte de Huehuetenango.

En los bosques del Parque Nacional Laguna Lachuá; Alta Verapaz, Guatemala, *Vochysia guatemalensis* muestra una abundancia de 2.3 individuos mayor a 20 cm diámetro a la altura de pecho por ha. Presenta un IVI⁴ de 21, que la coloca en la cuarta posición de importancia dentro del conjunto de árboles del dosel superior, después de *Dialium guianense*, que domina, *Ledenbergia macrantha* y *Virola koschnyi*, y delante de *Calophyllum brasiliense* y *Terminalia amazonia*. En estos bosques, el Sanjuán tiene representación en todos los estratos verticales del rodal.

PLANTACIONES FORESTALES: En Guatemala, por medio de los programas de incentivos forestales, la especie ha sido introducida en los siguientes departamentos: Alta Verapaz (Chahal, Chisec, Cobán, Fray Bartolomé De Las Casas, Panzós, San Pedro Carchá y Santa María Cahabón); Izabal (Livingston, Los Amates, Morales y Puerto Barrios); Petén (La Libertad y San Luis); Quiché (Ixcán) y Zacapa (Gualán). De los municipios anteriormente descritos, Ixcán, Livingston y Puerto Barrios son los que mayores existencias de plantaciones forestales expresan.

⁴ El Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies; consiste en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia e indica la importancia ecológica relativa de las especies de plantas en una comunidad

Importancia de la especie en el país

Basado en Estadísticas PINFOR-PROBOSQUE 2000-2018⁵, Estadísticas PINPEP 2007-2017⁶, Cojóm (2015) y FAO (2004)

En Guatemala, el área de Sanjuán plantada con incentivos forestales PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP hasta finales del año 2018 sumaba aproximadamente 873.84 ha, lo que ubica la especie en el lugar 18 en cuanto a preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación. Su preferencia es casi exclusivamente en los departamentos de la Franja Transversal del Norte, su zona de distribución natural: Izabal, Alta Verapaz y Quiché. Ixcán es el municipio con mayor extensión de *Vochysia guatemalensis* (191.33 ha), seguido por Livingston, Puerto Barrios, Santa María Cahabón, Fray Bartolomé de las Casas y Cobán, con unas 100 ha de plantación aproximadamente cada uno.

Salvo en Izabal, donde un 70% del área plantada corresponde a plantaciones puras, la gran mayoría de las reforestaciones de Sanjuán se establecieron como mixtas. En Guatemala, la especie está poco integrada en sistemas agroforestales, a tal punto que solamente existe un proyecto de incentivo en la modalidad de asocio de árboles forestales con cultivos perennes de 0.38 hectáreas asociado con café *Coffea arabica*, ubicado en Izabal, Guatemala; así mismo, existen parches en terrenos agrícolas abandonados donde se maneja su regeneración natural.

Es una especie con un mercado potencialmente desarrollado, y el CONAP la clasifica como ACTCOM, una especie maderable actualmente comercial, pero con valor menor al grupo de las preciosas (FAO 2004, Zac 2013⁷).

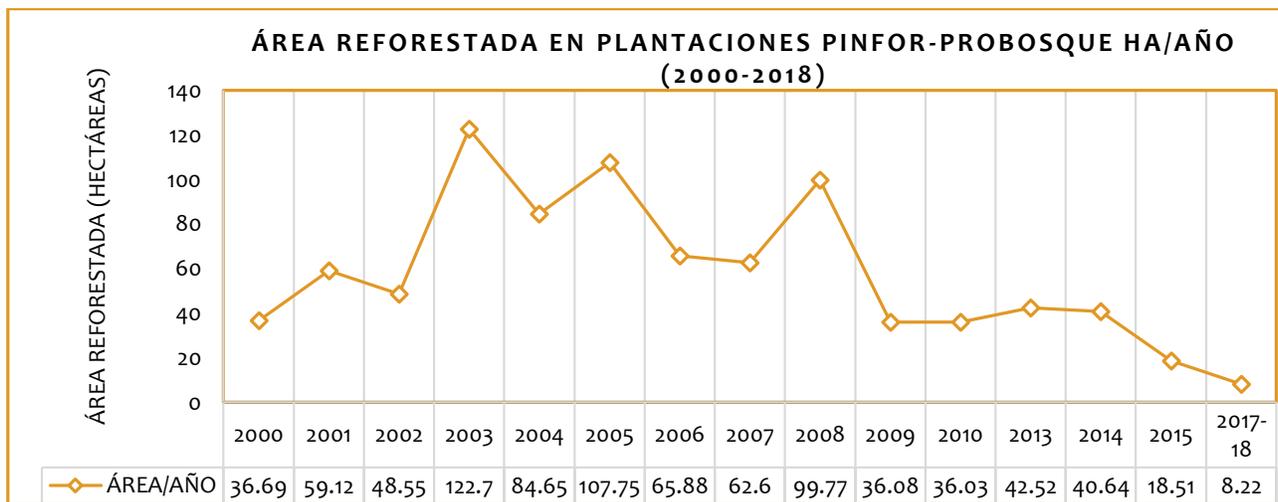


Figura 1. Tendencia de las reforestaciones con Sanjuán mediante los programas de incentivos PINFOR-PROBOSQUE en Guatemala.

⁵ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINFOR-PROBOSQUE (Programa de Incentivos forestales y Programa de Incentivos para el establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala) 2000-2018. Guatemala, Coordinación de PROBOSQUE del INAB.

⁶ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2017. Base de datos PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) 2007-2017. Guatemala, Coordinación de PINPEP del INAB.

⁷ Zac Cruz, W. 21 oct 2013. Archivo Excel *Listado de especies arbóreas inventario integrado de Petén 2*. San Benito, Guatemala, CONAP Región VIII.

Es interesante notar que en los años 2003 al 2008 las reforestaciones con Sanjuán superaban las 50 hectáreas anuales, aunque a partir del año 2008 las reforestaciones con esta especie han estado disminuyendo paulatinamente, al punto que los años 2011, 2012 y 2016 no se reportaron reforestaciones con Sanjuán en Guatemala por medio de los programas de incentivos. El valor de la madera pudiera ser un incentivo que explicara la preferencia de reforestación de esta especie en la región. Pero a la vez, sorprende que *Vochysia guatemalensis*, nativa de los departamentos de la Franja Transversal del Norte, no tenga nombre común en idioma maya, lo que indica un poco uso tradicional de la especie.

Aptitud forestal – agroforestal

Basado en Brito (2009), Cordero y Boshier (2003), Solís y Moya (2003), sistematización de experiencias INAB (2018)

PLANTACIONES PURAS: Sanjuán ha demostrado gran aptitud para colonizar rápidamente terrenos agrícolas abandonados, donde forma pequeños rodales casi puros, ofrece opciones realistas de manejo de regeneración del bosque natural, sin los costos de establecimiento para plantaciones.

Dentro de estas características es importante resaltar la agresividad de la especie para la producción de semilla y de esta, para producir nuevas plantas; como es común observar en rodales o plantaciones de esta especie. Este comportamiento también es un factor importante dentro del manejo en plantaciones puras, debiendo dar mantenimiento frecuente con actividades de control de malezas si se desea mantener la densidad (arb/ha) y distanciamientos originales.



Figura 2. Plantación forestal pura de Sanjuán *Vochysia guatemalensis* en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

El comportamiento agresivo de Sanjuán ha provocado que algunos proyectos de reforestación pierdan su distanciamiento y edad proporcionada durante el establecimiento, y aunque puede ser efecto de falta de manejo, esta dinámica ha sugerido potenciales ventajas como la posibilidad de realizar raleos por lo alto⁸ y selectivos, aprovechando los árboles en las clases diamétricas mayores, concentrando la densidad en las clases intermedias de mayor abundancia, considerando que estos corresponden a árboles de menor edad con vigor, que responderán positivamente a la liberación del dosel, es decir, sin comprometer el éxito de la plantación en futuras intervenciones como la corta final, al planificarse adecuadamente. Este tratamiento implica hacer el debido énfasis en el espaciamiento entre árboles, debiendo extraer árboles en grupos muy densos para evitar la competencia extrema entre individuos.

En Costa Rica, la buena forma y el crecimiento rápido de *Vochysia guatemalensis* conllevaron a considerar la especie muy apta para plantaciones comerciales en zonas lluviosas del país. En Guatemala ha recibido el nombre de pino de las latifoliadas por su rápido crecimiento y su único fuste alto, cilíndrico y sin ramas, los programas de reforestación PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP promueven el uso del Sanjuán, especie considerada prioritaria institucionalmente, para establecer plantaciones forestales para la producción de madera.

Esta modalidad de plantación ha sido una de las opciones preferidas para el silvicultor, debido a que simplifica la toma de decisiones respecto al manejo silvicultural y la especie ha demostrado plena aptitud al favorecerse por la competencia intraespecífica, pero, además, la dominancia del dosel por la constante incorporación de nuevos individuos.

En Guatemala, el área de distribución en la Franja Transversal Del Norte, principalmente en el municipio de Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, se observan rodales de Sanjuán que han presentado resultados muy positivos como en el caso del proyecto de Jairo Medina, que luego de 14 años logra observar beneficios del aprovechamiento, que le hacen estar satisfecho con el desempeño de la especie e inclusive considerar ampliar el área de cultivo.

SISTEMAS AGROFORESTALES: *Vochysia guatemalensis* también es utilizada para enriquecer barbechos en las áreas donde crece en forma natural, y como cortinas rompevientos en bajuras. En la zona de Sarapiquí, Costa Rica, es frecuente en combinaciones con pasto-ganado y en huertos caseros mixtos.

Es una especie muy útil para mejorar suelos degradados en zonas lluviosas, porque acumula altos niveles de aluminio en las hojas, y con su alta producción de hojarasca, puede aumentar los niveles de materia orgánica y de nutrientes en el suelo.

Usos

Basado en Cordero y Boshier (2003), Flores-Vindas y Obando-Vargas (2003), López (2008), Solís y Moya (2003), Andrino et al. (1992)

El Sanjuán es una especie del bosque natural utilizada por las características de su madera.

⁸ Este tipo de raleo se le denomina "aclareo descendente" en el cual se cortan los árboles de las clases dominantes y codominantes para favorecer el crecimiento de la clase de árboles intermedios y de árboles oprimidos vigorosos

La madera del Sanjuán es de color gris amarillenta, la albura y el duramen pardo claro hasta anaranjado. Textura media, grano recto a ligeramente entrecruzado; presenta un brillo regular con reflejos dorados. Seca bien y sin defectos. Es fácil de trabajar, suave y de baja densidad (0.34-0.47 g/cm³ secado al aire). El contenido de sílice es muy alto y afecta las sierras y herramientas de corte. Es poco resistente al ataque de hongos e insectos y se pudre fácilmente si se expone a la intemperie.

La madera clasifica como semipreciosa en Guatemala, liviana pero fuerte una vez seca. Se utiliza en construcción de casas rurales y carpintería, así como en ebanistería, construcción de interiores y muebles. También se emplea en la elaboración de barriles y cajas de uso permanente, paletas y abatelenguas, mangos para herramientas, juguetes y artesanía. No se recomienda para la tornería, en algunas partes se usa como leña; en la región del lago Izabal se emplea para construir canoas.

Su potencial radica para producir pulpa para papel, de acuerdo con el factor Runkel⁹, la calidad de sus fibras supera la de la melina y otras especies exóticas utilizadas para este fin. Las hojas secas y molidas se utilizan como mordiente para fijar colorantes naturales en fibras naturales (p.e. algodón).

Estado de protección legal de la especie en el país

Si bien la especie es nativa, no es endémica y ninguna institución la considera amenazada (Ramírez et al. 2012).

5. Selección de sitio

Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en Coseforma (2001), Solís y Moya (2003), Cordero y Boshier (2003), Silvestre (2010), Castañeda (2013), Cruz (1982), Alvarado (2012)

Clima

TEMPERATURA: La temperatura media anual de los lugares donde mejor crece *Vochysia guatemalensis* oscila entre 23 y 30°C. En la Franja Transversal del Norte de Guatemala, la especie se desarrolla mejor en sitios con temperatura media anual entre 21 y 25°C, con un óptimo alrededor de 25°C. Luego, a medida que la temperatura aumenta, la productividad y el crecimiento tienden a disminuir.

PLUVIOMETRÍA: La especie requiere una precipitación media anual entre 2000-5000 mm, sin época seca marcada (o no mayor de tres meses) ni periodos de inundación. En la Franja Transversal del Norte, los sitios más favorables cuentan con precipitación media anual entre 3000 y 4300 mm según Silvestre (2010), aunque Castañeda (2013) considera como aptos sitios con una pluviosidad marcadamente menor (1600-2100 mm/año).

ZONA DE VIDA: El Sanjuán es un morador de los bosques húmedos y muy húmedos tropicales. En Guatemala, es especie indicadora de la parte norte del bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c)). Esta zona 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.

⁹ Factor Runkel: es un índice para evaluar la calidad de la pulpa de la madera, donde se relaciona el grosor de la pared de la fibra con el diámetro del lumen.

Fisiografía

ALTITUD: El Sanjuán presenta buen crecimiento y productividad en sitios localizados entre 0-1200 msnm, pero alcanza su mejor desarrollo en los sitios bajos. Así, en la Franja Transversal del Norte, los mejores crecimientos se presentan en altitudes entre 175-210 msnm.

POSICIÓN EN EL PAISAJE: El Sanjuán es frecuente y abundante en las planicies costeras o valles, y a lo largo de los bancos de los ríos. Su crecimiento en lomas es aceptable.

ASPECTO/EXPOSICIÓN: Las orientaciones norte, noreste o sureste son las que más favorecen el desarrollo de la especie. Según Silvestre (2010), esta es una de las variables fisiográficas que más se correlaciona con el crecimiento y la productividad en plantaciones de *V. guatemalensis* en Guatemala.

Suelo

Vochysia guatemalensis crece bien en suelos aluviales o arenosos de las cercanías de ríos. En Costa Rica, se ha observado que la especie se desarrolla bien también en suelos rojos degradados, caracterizados por pH ácido con alta proporción de hierro y bauxita (ultisoles), textura limosa a arcillosa y fertilidad de media a baja. Tiene una alta capacidad de concentrar aluminio en las hojas, demostrando su adaptación a suelos ácidos, además de acumular cantidades apreciables de manganeso en su biomasa.

Ante todo, el Sanjuán necesita para un buen desarrollo suelos con buena aireación, bien drenados y libres de inundaciones: deficiencias en estas condiciones limitan el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes y favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas. Como regla general vale: "Donde nunca hay inundaciones, el crecimiento y la productividad de *V. guatemalensis* serán mejores que en los lugares donde raras veces ocurren".

El pH del suelo es la variable edáfica que más influye en el crecimiento y productividad de *V. guatemalensis*, dado que esta especie prefiere suelos fuertemente ácidos (rango entre 4.4 a 5.3) (Silvestre 2010).

La presencia de cationes (Ca, Mg, K, la capacidad de intercambio catiónico efectiva [CICe]), y las relaciones entre ellos (Ca/K y (Ca + Mg)/K) constituyen otros factores edáficos que influyen en el crecimiento y productividad del Sanjuán. Sin embargo, debido al concepto generalizado de que *V. guatemalensis* crece en cualquier sitio, y en especial en aquellas áreas degradadas y sobrepastoreadas, se requieren mayores investigaciones para determinar rangos realmente favorables y valores realmente críticos.

FACTORES LIMITANTES: El Sanjuán no tolera suelos saturados por periodos prolongados, ni tampoco épocas secas prolongadas.

Distribución potencial de la especie en Guatemala

El departamento de Investigación Forestal del INAB, en coordinación con el departamento de Sistemas de Información Forestal de la misma institución, ha elaborado el mapa de la distribución potencial del Sanjuán.

El mapa de distribución potencial, es generado a partir de información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica (Standley y Steyermark 1949, Cordero y Boshier 2003, INAB 1999b), y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía nacional (Cojóm 2015, Hurtado 2016¹⁰). Este mapa no toma en consideración la variable suelo, por lo que es todavía preliminar.

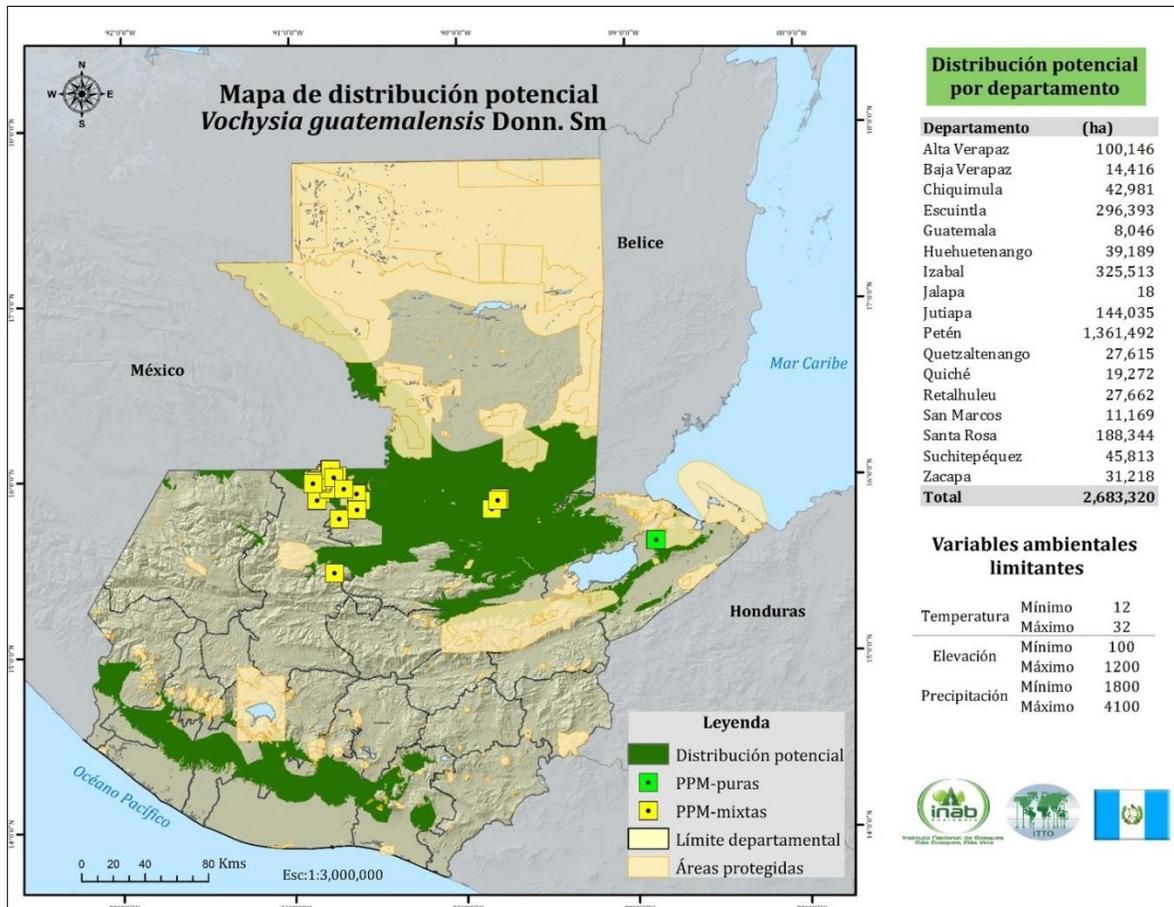


Figura 3. Mapa de distribución potencial del Sanjuán *Vochysia guatemalensis* en Guatemala.

El mapa muestra además la ubicación de las parcelas permanentes de medición Forestal (PPMF) establecidas en plantaciones de Sanjuán, tema que será tratado más adelante en el acápite “Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala”.

Una comparación de las áreas de distribución potencial con las áreas realmente plantadas enseña particularidades. A nivel nacional, menos del ½ por mil del área potencial ha sido aprovechado para introducir la especie. En particular, ninguno de los departamentos de la costa sur ha mostrado interés en *Vochysia guatemalensis*. En el norte, Quiché es el departamento con mayor uso del área potencial (0.99%), seguido por Alta Verapaz (0.31%), mientras que Petén no tiene ningún interés real en el Sanjuán, a pesar de presentar la mayor área potencial (solamente 61.58 ha plantadas, para un potencial de 1,361,492 ha).

¹⁰ 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.

Modelos de crecimiento f (variables ambientales)

En su tesis de grado, Silvestre (2010) evaluó las características de sitio que influyen el crecimiento y productividad de *V. guatemalensis*, en plantaciones forestales mixtas de tres a nueve años de edad en la Franja Transversal del Norte de Guatemala (Las Verapaces e Ixcán).

Para ajustar los dos modelos, se trabajó con los datos de las 34 parcelas medidas (57 variables cuantitativas: 49 de ellas eran variables edáficas, dos climáticas, tres silvícolas y tres fisiográficas). El mejor modelo de crecimiento obtenido presentó un coeficiente de determinación (r^2) igual a 0.36, en el que intervienen tres variables:

Ca = calcio en Cmol/l a una profundidad de muestreo de 0 – 20 cm

Mg = magnesio en Cmol/l a una profundidad de muestre de 0 – 20 cm

Pp= precipitación total anual en milímetros.

Por su parte, el mejor modelo de productividad presentó un coeficiente de determinación de 0.22, con la participación de una sola variable: T= temperatura media anual en grados Celsius.

Dado que los coeficientes de determinación fueron muy bajos, tanto para el crecimiento como para la productividad, no es conveniente utilizar estos modelos para predecir el crecimiento y productividad de *V. guatemalensis* en un sitio dado.

Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie

Basado en Silvestre (2010), Solís y Moya (2003), Coseforma (2001)

Para elegir sitios con potencial de crecimiento y/o productividad alta, se recomienda usar las variables que influyen más en el crecimiento y productividad de *Vochysia guatemalensis*. El "proceso de rechazo/selección" debe empezar por aquellas variables que no se pueden modificar como la elevación, la posición topográfica, la precipitación, la temperatura y el riesgo de inundaciones. Si todavía no fue rechazada la especie, se consideran luego aquellas variables que pueden manipularse y modificarse como el drenaje superficial, el pH, la presencia y concentración de cationes y la acidez intercambiable, aunque estas modificaciones incrementan los costos de producción de la plantación.

En Guatemala, en la Franja Transversal del Norte, el Sanjuán desarrolla mejor en altitudes entre 175 y 210 msnm, en terrenos que no presentan problemas de inundación, drenaje libre, con orientación noreste o sureste, temperaturas medias anuales cercanas a 25°C y precipitación anual entre 3,000 y 4,300 mm. Los suelos deben tener pH fuertemente ácido entre 4.4 a 5.3, con calcio entre 0 y 18 Cmol/l, magnesio 0.1 a 2.0 Cmol/l, potasio entre 0.08 a 0.23 Cmol/l, y relaciones catiónicas como Ca/K entre 5 y 165, con preferencia para valores altos.

Recuerde que las condiciones de sitio están dadas y generalmente éstas no se pueden o es (muy) costoso alterarlas. Si hay dudas del sitio para la especie, es mejor no plantar o cambiar de especie. Además, los conocimientos actuales sobre la especie enseñan que las diferencias en crecimiento y productividad de *Vochysia guatemalensis* no obedecen exclusivamente a condiciones de suelo y sitio.

6. Producción de plántulas y genética

Diversidad genética y procedencia

Basado en Mesén y Vásquez (2009)

No hay un estudio acerca de la diversidad genética de las poblaciones de Sanjuán en Guatemala. Pero material guatemalteco forma parte de un estudio centroamericano.

En Costa Rica, el Sanjuán ha sobresalido desde finales de la década de los 80 entre las especies nativas por su rápido crecimiento, buena forma del fuste y la amplia aceptación de su madera en el mercado local. Por estas razones, en 1990 el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con apoyo de la Cooperativa Internacional para la Conservación y Domesticación de los Recursos Forestales (CAMCORE), inició un proceso de selección y recolección de semilla a nivel de árbol individual en diversas localidades de América Central, con el fin de estudiar la variabilidad genética de esta especie y desarrollar fuentes de semilla mejoradas. Como resultado de este trabajo, fueron seleccionados 57 árboles plus en 6 procedencias: Izabal, Guatemala; La Ceiba, Honduras, y Florencia de San Carlos, Guápiles, Sarapiquí y Siquirres, estas 4 últimas de Costa Rica. La semilla fue utilizada para el establecimiento de ensayos de procedencias/familias en 3 sitios de Costa Rica: 2 en Sarapiquí y 1 en Turrialba.

El ensayo establecido en terrenos de la Organización para Estudios Tropicales (OET) en la Estación Biológica La Selva, en Sarapiquí, Costa Rica, recibió un raleo silvicultural del 20% a los 5 años, y desde entonces no se volvió a intervenir de ninguna manera. A la edad de 18 años de la plantación, Mesén y Vásquez (2009) realizaron una evaluación de esta parcela, para identificar materiales promisorios y definir acciones para su conservación y aprovechamiento. Estos autores describen detalladamente el historial de la parcela, el diseño experimental adoptado y dan precisiones sobre el material usado. Analizan el desempeño en altura total, DAP y rectitud del fuste. Para obtener estimados válidos de una procedencia, consideran que esta debe estar representada por un mínimo de 5 familias. Identifican las siguientes enseñanzas:

- 1) El promedio general del ensayo en cuanto a parámetros de crecimiento fue de 29.6 m para altura y 41.3 cm para dap, lo que equivale a incrementos medios anuales (IMA) de 1.64 m y 2.29 cm, respectivamente. La mejor familia mostró IMA de 1.83 m en altura y 2.49 cm en dap, mientras que los 25 árboles identificados como superiores mostraron IMA de 1.79 m en altura y 2.66 cm en dap. La sobrevivencia fue muy baja, cercana al 10%, quizás un reflejo del pobre mantenimiento que recibió el ensayo durante los últimos 15 años.

Los altos valores de crecimiento encontrados en el ensayo, así como la buena forma del fuste en general, a pesar del pobre mantenimiento recibido, confirman el potencial de *V. guatemalensis* como una especie para reforestación en condiciones de bosque tropical húmedo. Sería lógico esperar un desempeño superior con buen mantenimiento y raleos oportunos.

- 2) Entre procedencias, se encontró diferencias significativas únicamente para el diámetro a la altura del pecho (DAP), no así para altura total ni para la forma del fuste.

- 3) Entre familias, se encontró diferencias altamente significativas únicamente para dap, y diferencias poco significativas en cuanto a forma del fuste. No se observan agrupamientos definidos por procedencia, sino que todas las procedencias presentan familias tanto en las primeras como en las últimas posiciones. Los 25 árboles sobresalientes para las 3 variables evaluadas tampoco indican una tendencia de superioridad por dap.

Esto indica la enorme variabilidad existente dentro de las poblaciones de *Vochysia guatemalensis* y el potencial de mejoramiento mediante selección y utilización de los mejores individuos.

Rodales semilleros

Basado en el Registro Nacional Forestal de Guatemala, Castañeda y Cabrera (2006), Hernández (2004)

Las fuentes semilleras de Sanjuán inscritas en el Registro Nacional Forestal (bajo el nombre científico *Vochysia guatemalensis*) son las siguientes:

Tabla 1. Registro de la inscripción de fuentes semilleras del *Vochysia guatemalensis* (Sanjuán) en Guatemala.

Registro	Departamento	Municipio	Finca	Bosque	Área [ha]
FS-1108	Alta Verapaz	Cobán	Parque Nacional Laguna Lachuá	Natural	15
FS-1136	Izabal	Puerto Barrios	Amatique Bay	Natural	1

Fuente: Registro Forestal Nacional, del INAB (fecha de consulta: 21/01/2019)

En Lachuá, Castañeda y Cabrera (2006) caracterizaron la composición florística arbórea del bosque natural fuente, seleccionaron, marcaron y georeferenciaron 38 árboles de Sanjuán como árboles semilleros, que midieron y observaron para describir el calendario fenológico de la especie.

A la fecha de consulta, las dos fuentes semilleras eran activas; además de las dos mencionadas con anterioridad, el BANSEFOR (Banco de Semillas Forestales del INAB) maneja una fuente semillera de Sanjuán en la aldea Tenedores, municipio de Morales, departamento de Izabal.

Semilla

Descripción

Basado en Salazar et al. (2000), Solís y Moya (2003), Coseforma (2001), Hernández (2004), Castañeda y Cabrera (2006)

Las semillas aladas son alargadas, planas a los lados y rígidas, de hasta 7 cm de largo (promedio 4.5 cm); su tamaño varía entre poblaciones y entre árboles. Estas semillas tienen alas unilaterales, con numerosos pelos insertados sobre la cabeza de la semilla y con cotiledones en su mayoría enroscados.

Según Salazar et al. (2000), cada kilogramo contiene de 3,500 a 4,800 semillas en condición fresca (45% a 55% de humedad), o 7,000 a 8,000 semillas en condición seca (8% a 10% de humedad). Sin embargo, en condición fresca, Castañeda y Cabrera (2006) reportan 11,388 semillas puras por kg (34% de humedad), Coseforma (2001) 4,225 a 10,303 (promedio 7,130) y Hernández (2004) 6,000 a 7,000.

Presenta un porcentaje de pureza del 85-98%. En condición fresca, las semillas recién recolectadas germinan entre 80-92-100%, pero pierden rápidamente su viabilidad si no son manejadas adecuadamente.

En su tesis de grado, Ramírez (1989) determinó la composición química de las semillas de dos proveniencias del Sanjuán (Entre Ríos, Izabal y Fray Bartolomé de las Casas).

Recolecta

Basado en Hernández (2004), Coseforma (2001), Teni (2007), Salazar et al. (2000), Corea (1993), Castañeda y Cabrera (2006)

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN (EN GUATEMALA). En la ecorregión Lachuá la floración inicia cada año a principios de mayo, y la fructificación dos meses después (Castañeda y Cabrera 2006), pero la mejor época de recolección corresponde a la segunda quincena de septiembre y el mes de octubre (Castañeda y Cabrera 2006, Hernández 2004, Utrera 2010). Sin indicación de lugar, entre octubre y noviembre según Andrino et al. (1992).

Observaciones en Costa Rica muestran que el Sanjuán adopta ritmos fenológicos diferentes según las diferentes zonas bioclimáticas de la zona norte donde se desarrolla. Es de esperar también diferencias rítmicas dentro del área de distribución de la especie en Guatemala.

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

El punto óptimo de cosecha se alcanza cuando cambia la coloración de los frutos de verde a café, pierden brillo y oscurecen las suturas en los vértices de la cápsula, que se ven como líneas longitudinales negras. Indicador de la madurez para la mayoría de frutos que aún no han abierto: algunos frutos dispersos en el árbol empiezan a abrirse, observándose lóculos abiertos de un color café oscuro. Es importante colectar en este preciso punto de madurez, ya que, si se recolectan antes, las semillas no germinarán, y si se espera a que todos los frutos abran completamente, ¡la semilla "vuela" y se pierde gran cantidad!

La floración es irregular, y consecuentemente, la producción de semillas puede variar fuertemente dentro de un árbol y de un árbol a otro, por lo que podrá verse necesario visitas repetidas a una misma fuente semillera hasta lograr recoger la cantidad necesaria de semillas.

Por otro lado, la depredación en los árboles de los frutos inmaduros por pericos y loras puede causar la pérdida completa de la cosecha de muchos semilleros (esta observación, hecha inicialmente por Coseforma (2001) en la zona norte de Costa Rica, está totalmente corroborada por Castañeda y Cabrera (2006) para la Ecoregión Lachua).

PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN. Debido a que los frutos maduros se abren en el árbol, es necesario escalar los árboles para cosechar los frutos antes de que se dispersen las semillas. Además, no se deben recolectar los frutos ni las semillas del suelo, pues son vulnerables al ataque por hongos que reducen fuertemente su capacidad de germinar.

Se recolectan los frutos directamente del árbol cuando están de color verde amarillentos o tonalidades cafés, mediante la corta de las ramitas terminales donde se concentran, con ayuda de la vara de extensión, la cuchilla tipo "S" o el corta ramas. Esta actividad la debe ejecutar personal debidamente entrenado, ya que es peligrosa; además requiere de criterios técnicos para no causar daños permanentes al árbol. Para recoger los frutos se coloca sarán plástico debajo del árbol; las ramillas cortadas se sacuden fuertemente dentro del sarán para desprender los frutos, los cuales se depositan en sacos de yute para el transporte.

RENDIMIENTO. Un escalador experimentado puede cosechar un saco de frutos por día (unos 26 kg) con el apoyo de otra persona (Hernández 2004). Sin embargo, este rendimiento puede verse fuertemente influenciado por la variabilidad en la producción de semillas por árbol dentro del rodal semillero: Castañeda y Cabrera (2006) usan rendimientos marcadamente menores en su análisis del beneficio económico por la venta de semilla forestal del Sanjuán.

Acondicionamiento

Basado en Hernández (2004), Coseforma (2001), Salazar et al. (2000), Salazar et al. (2004)

POSTMADURACIÓN DE LA FRUTA. La limpieza se hace en un sitio a la sombra y bien ventilado, eliminando hojas, ramas y basura. Los frutos se colocan luego en cajas de madera con malla metálica de fondo, o bien sobre lonas, dispersos para favorecer el secado y abertura de las cápsulas. No es conveniente asolear los frutos, pues las semillas pierden muy rápido su poder germinativo.

SECADO DE LA FRUTA. Se mantienen las cajas o lonas bajo sombra y con buena ventilación durante 2-4 días hasta que las cápsulas se abran y se pueda extraer las semillas manualmente.

El clima cálido es ideal para el secado y abertura de los frutos; en climas templados (como Ciudad Guatemala), las bajas temperaturas hacen que los frutos se mantengan cerrados por más tiempo y, en consecuencia, se deshidratan y la semilla pierde viabilidad.

Por tratarse de una especie intermedia entre ortodoxa y recalcitrante, si el contenido de humedad baja drásticamente, o se dan cambios bruscos de temperatura, la viabilidad de la semilla y el porcentaje de germinación se reducen fuertemente.

EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA. Al abrirse los frutos, se extrae la semilla a mano. Cuando el punto de maduración es óptimo, los frutos abren fácilmente, y la simple remoción de las cajas permite que las semillas se liberen sin dificultad. Este proceso dura normalmente entre uno y dos días.

No todos los frutos maduran simultáneamente en el árbol y en promedio, cerca del 20% de los frutos colectados no se abren y deben ser descartados en condiciones de clima cálido. Pero en condiciones climáticas adversas (por ejemplo, Ciudad Guatemala), más frutos se quedan cerrados y deshidratados, llegando a perder un 53 % del total transportado.

Las semillas contienen en promedio un 5-15% de impurezas, entre ellas semillas rudimentarias y alas. En el proceso de extracción, es esencial velar por "no asolear" la semilla, pues pierde muy rápido su poder germinativo.

SECADO DE LA SEMILLA. Normalmente, la semilla de Sanjuán no debe someterse a secado.

Müller y Rodríguez (1996), Rodríguez (1997) y Salazar et al. (2004) estudiaron la germinación de *Vochysia guatemalensis* después de distintos tiempos de almacenamiento bajo diferentes condiciones de temperatura y contenido de humedad. Determinaron que, a pesar del alto contenido de humedad de las semillas frescas (44%), es posible secarlas a un 5%: después de seis meses de almacenaje con este contenido de humedad, pueden mantener un alto porcentaje de viabilidad, presentando un 80-90% de germinación.

Conclusión: sí se puede, PERO el comportamiento de la semilla es muy variable entre árboles padres, o en un mismo árbol, de un año al otro.

RENDIMIENTO. El tamaño y peso de las semillas es muy variable entre árboles individuales, y depende del peso de los frutos, el cual varía entre unos 98 a 506 frutos/kg, con un promedio de 177 frutos/kg.

Dependiendo de las condiciones climáticas imperantes durante la postmaduración de la fruta, y por lo tanto del número de frutos que abrirán, un saco con frutos rendirá entre 0.5 y 1.0 kg de semillas.

Conservación y viabilidad

Basado en Coseforma (2001), Teni (2007), Salazar et al. (2004)

En la actualidad, la mejor opción para mantener las semillas del Sanjuán, es almacenarlas a una temperatura de 15°C a 20°C y con buena aireación sin someterlas a secado previo. Bajo estas condiciones, se logra un porcentaje de germinación del 90% después de tres meses de almacenado. A los cuatro meses, el porcentaje baja al 75%. Este tiempo de almacenaje corto es lo suficiente para cubrir el desfase entre la producción de semillas (octubre) y el inicio de la producción en vivero (febrero).

Aunque es posible mantener las semillas en almacenamiento por un año, no es recomendable, ya que el porcentaje de germinación que se obtiene es muy variable entre diferentes árboles, y la viabilidad de las semillas puede perderse por completo.

Tratamientos pre-germinativos

Basado en Coseforma (2001)

La semilla de Sanjuán no necesita tratamiento pregerminativo. Bajo condiciones naturales la germinación es muy rápida y alta.

Producción de plantas

El Sanjuán puede reproducirse por semilla y por propagación vegetativa.

Métodos de propagación sexual

Basado en Coseforma (2001), Teni (2007), Corea (1993), Román et al. (2012), Solís y Moya (2003)

El almacenamiento de las semillas por algunos meses permite una siembra más oportuna en el vivero, reduciendo de esta manera el tiempo que las plántulas permanecen en las bolsas antes de su trasplante a campo definitivo.

En la ecorregión Lachuá, Guatemala, Teni (2007) recomienda poner las semillas a germinar a partir del mes de febrero para un trasplante a campo definitivo en agosto.

La especie no necesita un sustrato mejorado para dar buenos resultados en el vivero. En la siembra se utilizan eras o camellones con una mezcla de tierra con arena para la germinación de las semillas, lo que facilita el trasplante posterior. Para controlar la densidad de siembra se recomienda colocar las semillas en forma ordenada en posición horizontal, en vez de regarlas al voleo; luego cubrirlas con una pequeña capa del sustrato. La germinación de la semilla fresca comienza una semana después de la siembra en el vivero y completa a los 15 a 22 días aproximadamente, obteniéndose porcentajes de germinación de un 90%. El porcentaje de germinación en vivero de semillas previamente almacenadas por tres meses oscila alrededor de un 80%.

PLANTAS A RAÍZ DESNUDA. Los árboles plantados a raíz desnuda casi siempre mueren, por lo que no se recomienda producir este tipo de planta para fines de reforestación.

PLANTAS EN BOLSAS. Lo más común es la producción de plantas en bolsa. El repique se realiza cuando comienzan a aparecer las dos primeras hojas verdaderas (plúmula). Las plántulas requieren sombra ligera por unos diez días después del repique.

El crecimiento en vivero es rápido. Las plántulas pueden alcanzar 25-30 cm de altura en un tiempo de 4-6 meses. Con fertilización y siembra directa en la bolsa (colocar la semilla en posición vertical con el ala enterrada) se reduce este período a tres meses.

El uso de bandejas de contenedores delgados de plástico (1.5") y de contenedores tipo "pellet" (p.e. "Jiffys") no se recomienda por el crecimiento agresivo de la raíz pivotante. En cambio, contenedores en conos con un diámetro de 4-5 cm del lado arriba y con 15 cm de largo, han dado buenos resultados usando tierra como sustrato.

Existen experiencias en la región Caribe de Costa Rica con plántulas recolectadas en el campo y trasplantadas en bolsas. Antes de la recolecta, es necesario evaluar los posibles árboles padres para garantizar que el material procede de árboles con características adecuadas. Las plántulas deben ser transportadas en un medio húmedo (papel periódico, aserrín o una hielera) y trasplantadas el mismo día para garantizar una alta tasa de supervivencia.

PSEUDOESTACAS. La plantación en pseudoestacas ha producido resultados poco exitosos: cuando se planta a campo definitivo, el porcentaje de sobrevivencia es generalmente inferior al 60%, por lo que no se recomienda este método para reforestar con el Sanjuán.

Métodos de propagación asexual

Basado en Corea (1993), Mesén y Trejos (1997), Mesén y Vásquez (2009)

ESTACAS. El Sanjuán presenta un alto potencial para la silvicultura clonal debido a que puede reproducirse vegetativamente y tiene muy buena capacidad de rebrote. Considerando los problemas inherentes a la conservación de sus semillas, la propagación vegetativa representa una buena alternativa.

El enraizado de estacas juveniles suculentas¹¹ resulta muy fácil usando propagadores con sub-irrigación. Estos propagadores son baratos, no necesitan agua de cañería ni electricidad y pueden ser instalados en cualquier vivero rústico.

La especie puede ser enraizada fácilmente en grava o arena, utilizando estacas de 6 cm de longitud con áreas foliares de 30 o 50 centímetros cuadrados. Es necesaria la utilización de sombra sobre los propagadores para reducir la irradiación, las temperaturas aéreas y del sustrato dentro de los propagadores, así como para mantener la alta humedad relativa.

El porcentaje de estacas enraizadas con este método es de 80-85%, sin usar hormonas. El uso de la hormona AIB –ácido indol butírico- (en dosis de 0.2%) reduce ligeramente el porcentaje de estacas enraizadas, pero aumenta el número de raíces producidas en cada estaca, lo que favorece el desarrollo de un sistema radicular adecuado.

INJERTOS. Aunque hay poca experiencia en injertación de *Vochysia*, algunos trabajos en el CATIE – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) inducen Mesén y Vásquez (2009) a considerar que la injertación es sencilla y exitosa, en particular con la técnica de púa terminal. El proceso de producción de injertos requiere el acceso a la copa varias (o muchas) veces, ya que no hay garantía de que una sola cosecha de varetas pueda rendir la cantidad de ramillas necesarias para el huerto, además de que no existe mucha experiencia sobre el mejor estado fenológico del material para injertación en esta especie.

Sustratos en vivero

Basado en Salazar et al. (2000), Coseforma (2001), Alvarado (2012), Román et al. (2012)

CAJAS GERMINADORAS: arena fina lavada o mezcla de tierra desinfectada con arena.

BOLSAS Y CAMAS DE VIVERO. El Sanjuán no requiere un sustrato mejorado en el vivero, y no responde mucho a la adición de nutrimentos. Más bien, la adición de gallinaza al sustrato disminuye la sobrevivencia de las plántulas. Los sustratos con más de 40% de saturación de acidez afectan negativamente el crecimiento de la especie en vivero. Según Román et al. (2012), las plántulas requieren la inoculación de suelo de bosque en su sistema de raíces.

Para concluir con las referencias genéticas para el establecimiento de plantaciones forestales con esta especie, se expone la experiencia de la plantación de don Jairo Medina¹², ubicado en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, quien atribuye el éxito de la plantación a material genético utilizado en la víspera del establecimiento, que en ese entonces (año 2000) provino de árboles ya existentes dentro de la finca, los cuales fueron dejados debido a sus características excepcionales, pensando en la utilidad para repoblar el área. La semilla germinada fue trasladada del área de cobertura del árbol padre () para su propagación directamente a campo definitivo.

¹¹ Se refiere a rebrotes de setos manejados

¹² Sr. Jairo Medina. 06 feb 2019. Método de establecimiento de plantación forestal de Sanjuán y selección de árboles semilleros. (entrevista). Propietario del proyecto, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

7. Establecimiento de plantaciones

Comportamiento ecológico de la especie

Basado en Solís y Moya (2003), Corea (1993), Coseforma (2001)

NATURALEZA DE LA ESPECIE. El Sanjuán es una especie heliófita, pionera y de rápido crecimiento del bosque húmedo y muy húmedo tropical. En el bosque natural, sobresale de la mayoría de los árboles que lo rodean, en donde se le puede encontrar como individuo solitario o en pequeños grupos. Regenera en claros medianos o grandes causados por la caída de árboles. También coloniza claros mayores causados por deslizamientos de tierra o abandono de tierras agrícolas o potreros. En estos sitios forma pequeños rodales puros, frecuentemente menores de tres hectáreas.

El Sanjuán se adapta bien a una amplia gama de sitios y crece bien en suelos infértiles y ácidos, con alta saturación de aluminio.

COMPORTAMIENTO RADICULAR. Las plantas desarrollan una raíz pivotante profunda.

Instalación

Basado en Solís y Moya (2003), Coseforma (2001), Alvarado (2012)

PREPARACIÓN DEL TERRENO. El Sanjuán no requiere de una preparación especial del suelo para su establecimiento. Básicamente, se debe limpiar el terreno, alinear, estaquillar, marcar la ubicación de donde se va a colocarse cada plántula, un plateo y hacer los hoyos con pala angosta, palín o barreno.

Si se hace el plateo mediante la aplicación de un herbicida, es recomendable esperar por lo menos tres días antes de abrir los hoyos.

Un ensayo de preparación mecanizada del terreno (arado y rastra) en la zona norte de Costa Rica demostró que, cinco años después, no se tenían diferencias significativas en diámetro y altura entre las áreas preparadas con máquina (crecimiento de 2.6 m/año y 3.6 cm/año) y aquellas preparadas a mano (2.8 m/año y 4.1 cm/año). ¡De hecho, los resultados fueron más favorables a la preparación tradicional!

Por otro lado, la experiencia en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, corresponde al establecimiento bajo sombra, es decir, bajo árboles remanentes o dispersos que proporcionan protección a los árboles durante los primeros años, debido a que dichos árboles son de Sanjuán que promueven la aparición de árboles de regeneración natural que puede brindar ventajas al inicio de la plantación, pero también puede significar una mayor labor de limpiezas y deshijes. Sin embargo, los resultados de crecimiento en altura de dicha experiencia han sido muy buenos, pudiéndose confirmar con otros casos similares. La sombra (dosel superior vertical) se retiró por completo de la plantación en el décimo año.

DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA. Por lo general, *Vochysia guatemalensis* se establece a 3 m x 3 m (densidad de 1111 árboles por hectárea). Este distanciamiento permite hacer una buena selección durante el primer raleo, ya que el dosel se cierra alrededor del año 3.

En comparación, el distanciamiento de 4 m * 4 m (625 árboles por hectárea) produce árboles de mayor grosor y altura, pero también de mayor conicidad, así como mayor cantidad de ramas gruesas, lo cual podría ser una desventaja porque se reduce el rendimiento durante el procesamiento o transformación primaria de la madera; por ello, este distanciamiento puede ser una buena opción para la especie, siempre y cuando se den podas oportunas. Por otro lado, se recomienda “no” establecer plantaciones a densidades inferiores a 625 árboles/ha.

En el otro extremo de distanciamiento inicial, reforestaciones con 2500 árboles/ha (2x2 m) estancaron su crecimiento a partir del segundo año. Con un dosel cerrado antes de los dos años por el crecimiento inicial agresivo de la especie, y por lo tanto la necesidad de una primera intervención de raleo al año de instalación de la plantación, debe analizarse bien donde están las ventajas económicas: mayores costos de instalación y raleos versus menores costos de chapeas y podas.

MEZCLA CON OTRAS ESPECIES. A pesar de que la gran mayoría de las plantaciones de Sanjuán se establecieron como mixtas en Guatemala, no existe curiosamente información documentada sobre el comportamiento de *Vochysia guatemalensis* asociado con otras especies en plantación.

FERTILIZACIÓN INICIAL. Cuando el establecimiento de la plantación se hace adecuadamente con plantas producidas en bolsas, se puede esperar una sobrevivencia mayor al 90%. En estas condiciones, sólo se recomienda la fertilización inicial con fórmula completa en sitios muy degradados y pesados con el objetivo de estabilizar el patrón de crecimiento (cuidado, la aplicación de solo superfosfato puede afectar negativamente el crecimiento de los arbolitos); también es conveniente cuando los análisis de suelo indiquen una deficiencia severa de algunos de los elementos esenciales para el desarrollo de la especie.

Algunos técnicos recomiendan una fertilización sistemática al momento del establecimiento de la plantación, pero el conocimiento sobre la nutrición de la especie es todavía inadecuado, y aún no existe información validada acerca del efecto y ventaja de esta práctica en los árboles de Sanjuán.

Introducción en sistemas agroforestales

Basado en Andrino et al. (1992), Solís y Moya (2003), Cordero y Boshier (2003), Coseforma (2001)

No es aconsejable el uso de *Vochysia guatemalensis* junto con cultivos intercalados, porque su sombra es densa y produce abundante hojarasca. Es así como no se encontraron ejemplos documentados sobre su uso en sistemas agroforestales en un sentido estrecho.

Sin embargo, se recomienda en barreras rompevientos y es una de las especies forestales nativas que frecuentemente se encuentran en los potreros de la zona norte de Costa Rica.

Es por otro lado una especie que se usa para la recuperación de suelos degradados en zonas lluviosas. El Sanjuán acumula altos niveles de aluminio en sus hojas, y con su alta producción de hojarasca puede aumentar los niveles de materia orgánica y de nutrientes en el suelo.

8. Silvicultura de plantaciones

Control de malezas

Basado en Solís y Moya (2003)

Para controlar las malezas, se puede utilizar control químico (Gramoxone, Diurón, Round up), siguiendo las indicaciones de la etiqueta (por lo general, de 4 a 6 onzas de herbicida por bomba de espalda). También son acertados los controles manuales (manual con machete, chapia mecánica con tractor agrícola, motoguadaña), o la combinación de controles químicos y manuales.

“El control de malezas frecuente y oportuno es indispensable durante los primeros dos años de la plantación”. Después, tiene que ser oportuno, pero no tan frecuente. Se recomienda realizar al menos dos limpiezas por año, teniendo especial atención en eliminar posible regeneración natural de Sanjuán, a menos que se quieran aprovechar algunos individuos para lograr una adecuada densidad inicial.

Si se realiza control químico se debe tener cuidado de no aplicar el producto sobre los árboles. Para ello es importante establecer una barrera al frente de la boquilla de la bomba. Esto se logra cortando un galón plástico e insertándolo por la varilla de la misma, de tal forma que no se deslice y se caiga. Se puede amarrar cualquier objeto que obstaculice la caída del herbicida sobre los árboles que se les da mantenimiento mediante limpiezas.

Poda

Basado en Coseforma (2001), Cordero y Boshier (2003), Solís y Moya (2003)

Vochysia guatemalensis requiere podas como respuesta a su manera de desarrollo. A pesar de que la especie se autopoda en plantaciones cerradas, las podas deben realizarse en forma oportuna, dado que la autopoda produce nudos muertos que disminuyen considerablemente la calidad de la madera.

Durante los dos o tres primeros años de establecida la plantación se deben efectuar podas de formación, debido a la forma inicial de crecimiento del Sanjuán, que es muy similar a la de un arbusto con abundante ramificación. La primera poda formal a toda la plantación debe hacerse aproximadamente a comienzos del segundo año, dependiendo de la calidad del sitio (2-3 m de altura de los árboles). La altura de poda no debe exceder el 50% de la altura total que presenta el árbol. Una segunda poda se debe aplicar antes que los árboles desarrollen ramas indeseables con un diámetro mayor a los 5 cm, generalmente un año más tarde. Para evitar daños severos en la corteza se recomienda utilizar herramientas livianas como serruchos, machetes o tijeras.

En plantaciones establecidas con baja densidad (816 o 625 árboles por hectárea), las podas deben efectuarse con más regularidad debido a la cantidad de ramas que desarrolla la especie.

Durante los primeros años de la plantación, se debe garantizar que la primera troza de 5 o 6 metros esté libre de ramas. No obstante, una mayor longitud de fuste limpio dependerá de los recursos del propietario y de las demandas del mercado.

La recomendación del señor Jairo Medina¹³ es la realización de podas anuales, después del tercer año, cuando la base de las ramas son delgadas y por consiguiente, las marcas de la poda en el fuste no son agresivas; realiza la poda de dos o tres ramas de cada árbol, con lo cual se logra un estímulo en los árboles para que desarrollen en altura, ya que la especie experimenta autopoda.



Figura 4. Árboles de Sanjuán de 17 años de edad, con podas realizadas a partir del tercer año, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

En la figura 4 se observan árboles de Sanjuán con fustes limpios (sin ramas) que fueron podados a partir del tercer año, con lo cual se observan beneficios significativos de poder extraer trozas (tracillas o diámetros menores) hasta de 40 pies de largo (12.20 m de longitud), de cada árbol.

Raleo

Basado en Coseforma (2001), Solís y Moya (2003)

Por la agresividad del crecimiento inicial, es recomendable hacer un primer raleo con intensidad no inferior al 33% de la densidad inicial (1111 árboles por hectárea), cuando el diámetro promedio esté alrededor de los 15 cm y la altura promedio sea de unos 14 metros (generalmente entre los años 4-5). La intensidad en los siguientes raleos oscila entre 33 y 50%, dependiendo del desarrollo de los árboles.

¹³ Señor: Jairo Medina. 06 de Febrero de 2019. Lecciones en el manejo silvicultural de plantaciones de Sanjuán. (Entrevista). Propietario de proyecto forestal. Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

Cuando el dosel se cierra, el crecimiento de las copas se detiene, es por lo tanto, importante hacer cada raleo en el momento oportuno, para no estancar el desarrollo de las copas, lo que se traducirá en menores rendimientos.

Cuando las plantaciones están establecidas a distanciamientos diferentes a 1111 árboles por hectárea, las intervenciones de poda y raleo silvicultural dependen del comportamiento en el sitio. Entre los factores a considerar están la evidencia de una disminución excesiva de la cobertura del suelo, una marcada diferencia entre los árboles dominantes y codominantes, dosel principal cerrado y altura promedio de la plantación sobre los 8 a 9 metros. A mayor densidad de plantación, se requieren raleos más frecuentes.

En Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, en una plantación de Sanjuán, con espaciamento de 3 m * 3 m (densidad de 1111 árboles/hectárea) con edad de 17 años, se pudo observar que no se llevaron a cabo actividades de raleo, este aspecto ha provocado que a sus 17 años, la plantación tenga una densidad de 788 árboles por hectárea (pérdida del 29.1% de la densidad por competencia, no por raleo), su estructura y composición actual puede observarse en la figura 5; este escenario ha permitido que dentro del mismo rodal coetáneo existan árboles con diámetros de 22 cm y en otro extremo, árboles con diámetros de hasta 70 cm; si se hubiera realizado la actividad de raleos en forma oportuna, se tuviera menor diferencia entre rangos de diámetros en un mismo rodal y con diámetros promedio bastante aceptables para la industria de aserrío.

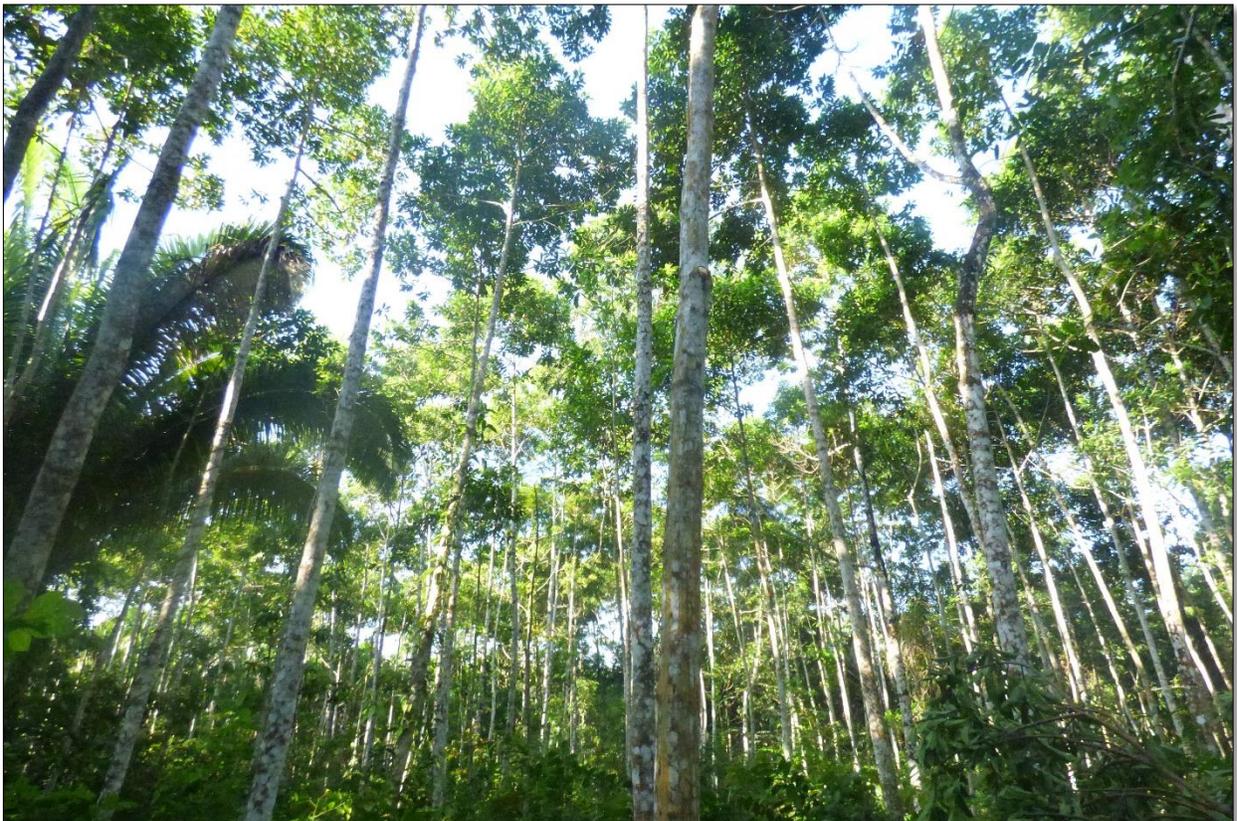


Figura 5. Estructura y composición de plantación forestal de Sanjuán de 17 años de edad, sin intervenciones de raleo, Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

Por ejemplo, tal como lo expresa el perfil teórico de raleo anteriormente descrito, si consideramos una plantación cuyo porcentaje de sobrevivencia es de 90% (1000 arb/ha) sobre la densidad inicial, pretendiendo realizar el primer raleo a los 5 años (33%), a los 9 años el segundo raleo (33%) y a los 13 años el tercer raleo (50%); a continuación, con fines de ejemplificación, se analiza el comportamiento del volumen proyectado en 20 años y el comportamiento del diámetro proyectado en 20 años en un área con índice de sitio de excelente (24.30 m), utilizando los modelos de crecimiento, cuyo tema se amplía en la sección "crecimiento e incrementos".

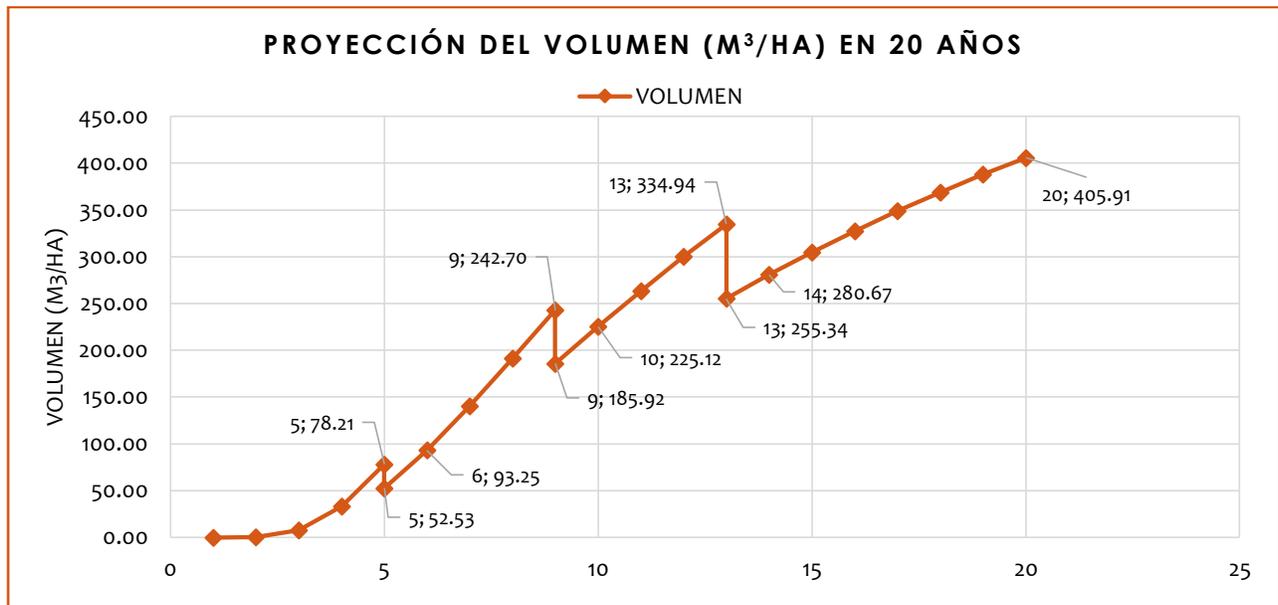


Figura 6. Comportamiento de la proyección del volumen hasta 20 años, utilizando tres intervenciones de raleo (perfil de manejo teórico para Sanjuán) en una hectárea.

Se observa en la figura 6, que en una categoría de índice de sitio excelente (24.30 m), se proyecta a los 20 años de edad, la obtención de 405.91 m³ de volumen por hectárea; así mismo, puede observarse el efecto de la reducción del volumen derivado de las intervenciones del raleo, es ese contexto, puede suponerse que el último raleo (equivalente a un volumen de 79.6 m³/ha) probablemente ya se cotiza a precio favorable en el mercado.

En la siguiente figura (No. 7), se observa que las actividades de raleo tienden a mejorar el diámetro promedio de la plantación, ya que, la apertura del dosel permite el incremento del diámetro de los árboles que quedan en pie y así mismo, se eliminan los árboles con menor diámetro; pretendiendo concentrar el crecimiento y la disponibilidad de luz y nutrientes en los árboles con mejores atributos y de esa cuenta mejorar la calidad de individuos para la cosecha final. En la misma gráfica, puede observarse como el atributo DAP (cm) expresa un incremento significativo después de un año de haber realizado el raleo, en este caso, el perfil de raleo teórico establece que los raleos se realizan a los 5, 9 y 13 años. Caso totalmente contrario al que se observa en la figura 8, en donde, se utilizan los mismos datos de densidad inicial y sitio, con la variante de no utilizar el perfil de manejo teórico (sin raleos), y de esa cuenta poder ejemplificar cómo se comporta el rodal coetáneo sin ningún tratamiento de corta intermedio.

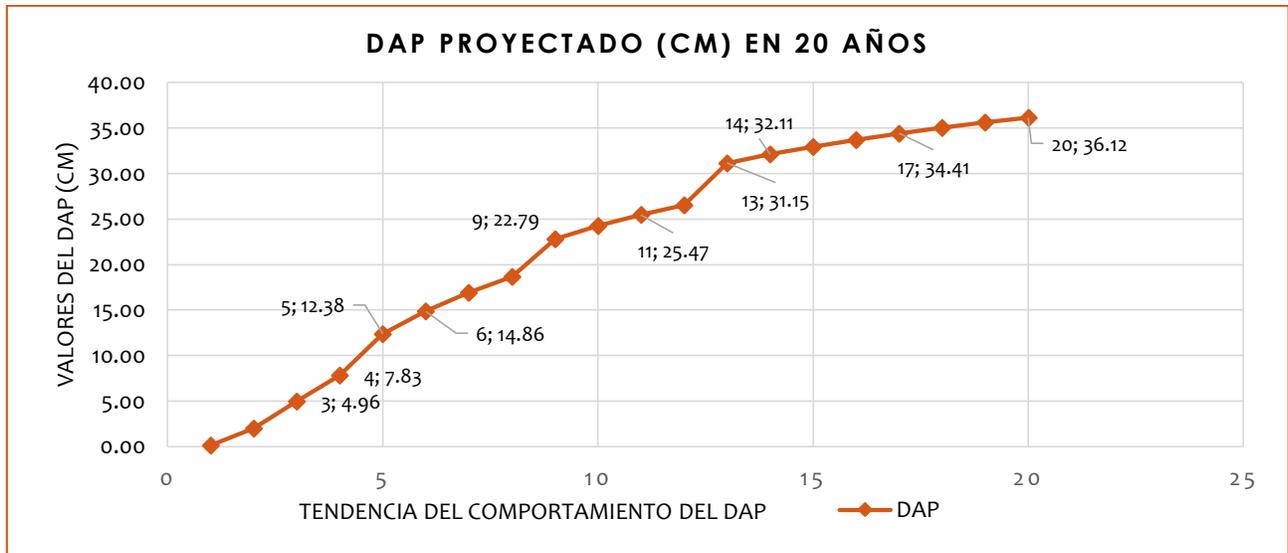


Figura 7. Tendencia del comportamiento del DAP (cm) proyectado en 20 años en plantaciones de Sanjuán, con la aplicación de raleos (perfil de manejo teórico).

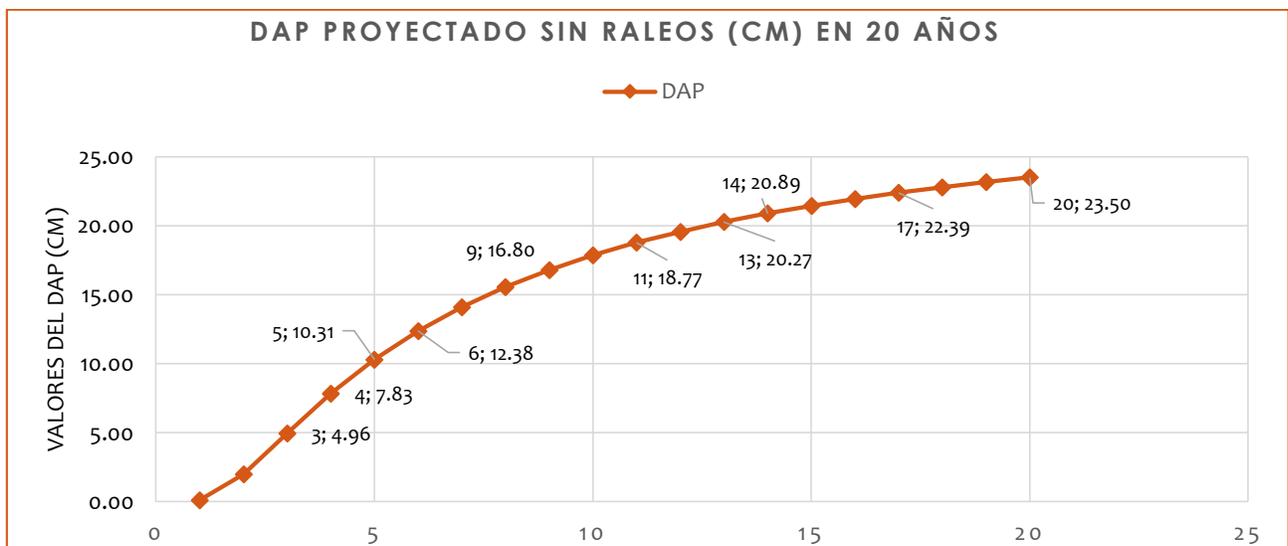


Figura 8. Tendencia del comportamiento del DAP (cm) proyectado en 20 años sin la aplicación de raleos para plantaciones de Sanjuán en Guatemala.

Tal como se observa en la figura 8, si no llevamos a cabo los raleos, no estimulamos la apertura del dosel y por ende, no estimulamos el incremento del DAP en los árboles, bajo este escenario obtenemos alta densidad (> No. de arb/ha) con individuos con un DAP que no será comercial y no tendrá demanda con precios favorables en la industria. Si comparamos el valor del DAP proyectado a los 20 años (con raleo) de la figura 7 (36.12 cm) versus el DAP proyectado a los 20 años (sin raleo) de la figura 8 (23.50 cm) se puede observar que aplicando raleos se obtiene una ganancia de 12.62 cm de DAP; se puede confirmar que, si no raleamos, obtendremos una mayor cantidad de árboles con diámetros no aptos para su comercialización con fines industriales.

Aprovechamiento final

Basado en Coseforma (2001), Solís y Moya (2003)

En Costa Rica, el Sanjuán puede tener turnos entre 15 y 25 años, dependiendo del diámetro mínimo aceptado por la industria y los precios de mercado (Chinchilla y Mora 2002, citados por Solís y Moya 2003)). Pero según Coseforma (2001), la especie se cosecha alrededor del año 16, aunque Solís (2001, citado por Solís y Moya 2003) asegura que en sitios donde el desarrollo es bueno, el turno de corta no debe exceder los 15 años. Plantaciones de 17 años de edad en la zona norte de Costa Rica presentaban diámetros entre 60 y 70 cm, pero la primera troza estaba hueca en buena parte de los árboles. Las plantaciones de Sanjuán con diámetros de 50 cm deberían ser cortadas como medida preventiva para evitar pérdidas de materia prima.

En plantaciones forestales de Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, a los 17 años de edad, se expresan diámetros en rangos de 22 cm (23 m de altura) y en otro extremo, árboles con diámetros de hasta 70 cm (27.5 m de altura); este escenario de diámetros con rangos muy amplios se debe a la falta de manejo (raleos) a las plantaciones forestales, a tal punto que la densidad final en dicha plantación es de 788 árboles/ha; lo importante es resaltar la capacidad de respuesta de los árboles dominantes de Sanjuán a las condiciones de sitio de la región de la Franja Transversal del Norte de Guatemala, donde los mejores individuos expresan un incremento medio anual (IMA) en DAP de 4.11 cm y un IMA en altura de 1.61 metros.



Figura 9. Transporte de trozas con bueyes dentro del área de aprovechamiento forestal hacia la bacadilla, en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

Tal como se observa en la figura 9, en los aprovechamientos forestales que se realizan en Guatemala es muy común que el transporte dentro de las áreas de aprovechamiento forestal hacia las bacadillas se realice con bueyes, no es la excepción en las áreas de aprovechamiento forestal de Sanjuán.

A manera de referencia, se mencionan algunos registros de edad, DAP y altura de árboles en edades con rangos de 15 a 20 años, con el ánimo de dar a conocer la diversidad de sitios y la respuesta de Sanjuán bajo esas condiciones, todas en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala. En Finca El Encanto, se reportan árboles de 16.9 años de edad con DAP de 29.4 cm y alturas de 22.6 m; en la propiedad de don Silvio Raquel Rabanal, se reportan árboles de 19.2 años con DAP de 30.7 y alturas de 22.3 m; en el sitio denominado "cruce calle 4" se reportan árboles de 16.2 años de edad con DAP de 28.4 cm y 17.8 m de altura. Los datos dasométricos anteriores, reflejan que no todos los escenarios generan excelentes resultados, aun así, las prácticas de manejo oportunas durante el ciclo de la plantación, pueden mejorar los atributos de los árboles destinados a cosecha final.



Figura 10. Trozas de diámetros menores y diámetros mayores apilados en la bacadilla, en aprovechamiento final de plantación forestal sin intervenciones de raleo, realizado en Fray Bartolomé De Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala.

Esquema silvicultural y rendimientos

Basado en Coseforma (2001), Fuentes (2014)

Tomando como base escenarios de crecimiento en la zona norte de Costa Rica, Coseforma (2001) elaboró en forma preliminar tres esquemas de tratamiento silvícola. Estos esquemas parten de una densidad inicial de 1088 árboles por hectárea (3.03x3.03 m) y se aplican intensidades de raleo fáciles como son 1:4, 1:3 o 1 de 2. La propuesta se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 2. Esquema silvicultural preliminar para *Vochysia guatemalensis* en la zona norte de Costa Rica.

Edad [años]	Densidad [arb/ha]	DAP [cm]	IMA DAP [cm]	ICA DAP [cm]	Área Basal [m ² /ha]	Altura [m]	DAP raleado [cm]	Área Basal raleado [m ² /ha]	Volumen raleado [m ³ /ha]
Esquema para escenario I (mejor crecimiento)									
0	1088	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0			
1.5	1088	7.6	5.1	5.8	4.94	3.6	4.7	0.47	
2	816	10.1	5.1	5.4	6.54	5.5			
3	816	15.4	5.1	5.3	15.20	9.3	10.1	3.27	0.85
4	408	20.2	5.1	4.8	13.08	14.2			
6	408	27.3	4.6	3.1	23.88	19.1	24.2	9.38	64.16
7	204	30.2	4.3	2.9	14.61	20.6			
9	204	34.9	3.9	2.2	19.52	22.2	32.7	4.28	34.16
10	153	37.0	3.7	2.1	16.45	22.9			
16	153	44.5	2.8	0.7	23.80	26.3	44.5	23.80	218.85
Esquema para escenario II (crecimiento medio)									
0	1088	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0			
2	1088	6.1	3.0	3.3	3.13	4.3	5	0.53	
3	816	10.1	3.4	4.1	6.54	7.5			
5	816	17.2	3.4	3.4	18.96	15.1	14	6.28	28.66
6	408	20.7	3.5	3.5	13.73	17.1			
8	408	25.8	3.2	2.3	21.33	19.6	24	9.23	65.49
9	204	28.0	3.1	2.2	12.56	20.3			
16	204	36.0	2.3	0.6	20.76	23.9	36.0	20.76	177.45
Esquema para escenario III (peor crecimiento)									
0	1088	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0			
3	1088	4.8	1.6	2.6	1.97	5.6	4	0.34	
4	816	8.2	2.1	3.4	4.31	10.0			
7	816	17.0	2.4	2.9	18.52	16.4	14	4.19	23.12
8	544	19.3	2.4	2.3	15.91	17.6			
10	544	22.7	2.3	1.8	22.02	19.1	20	8.55	60.37
11	272	24.2	2.2	1.5	12.51	19.7			
16	272	27.5	1.7	0.5	16.16	21.4	27.5	16.16	127.02

Fuente: Adaptado de Coseforma (2001)

El problema es el mercado para el producto de las primeras intervenciones. En su estudio de los productos de raleos en plantaciones de 7-9 años de *Vochysia guatemalensis* en Alta Verapaz, Guatemala, Fuentes (2014) constató que, a pesar de dimensiones que califican la totalidad de los productos como trocillas (diámetros entre 10 y 25 cm), todos los raleos tuvieron que ser vendidos como leña por ausencia de un mejor mercado.

Sin embargo, es importante volver en recordar que “el manejo oportuno es un aspecto que influye fuertemente en el crecimiento y desarrollo del Sanjuán”. En plantaciones que no han tenido podas ni raleos, el incremento medio anual (IMA) en diámetro no sobrepasan los 2.5 cm por año para los primeros cuatro años. Con un manejo adecuado y oportuno, la especie presenta para diferentes sitios de la zona norte de Costa Rica un IMA en diámetro de 3.8 cm y en altura de 2.9 m por año en promedio a los cinco años.

9. Manejo de plagas y enfermedades

No se han reportado enfermedades o problemas serios con plagas de insectos en el Sanjuán; en particular, la especie no aparece en ninguno de los informes anuales de plagas 2006-2015 del SIFGUA¹⁴. Sin embargo, esto no significa que la especie no tenga enemigos naturales. En el cuadro siguiente se detallan los agentes dañinos que afectan a *Vochysia guatemalensis* en Guatemala.

Tabla 3. Agentes dañinos del Sanjuán *Vochysia guatemalensis* reportados en Guatemala.

Nombre común del agente dañino	Nombre científico del agente dañino	Tipo de agente dañino	Estructura atacada	Ataques / peligrosidad	Más información en...
Mancha foliar	<i>Pestalotia</i> sp.	Patógeno	Follaje	A pesar de estar presente en todas las plantaciones y bosques naturales de <i>V. guatemalensis</i> en Livingston, no se considera una enfermedad, sino que forma parte del complejo biótico del Sanjuán, sin consecuencias para el árbol	Soto (2002)
Antracnosis o mancha foliar	<i>Sphaeropsis</i> sp.	Patógeno	Follaje	Caso aislado encontrado de manera fortuita	Soto (2002)
Grillo	<i>Gryllus assimilis</i>	Insecto Orthoptera	plántula	Corte del tallo de las plántulas en vivero	Andrino et al. (1992)

Fuente: elaborado con base en Soto (2002), Andrino et al. (1992)

El bajo número de agentes dañinos reportados en Guatemala no debe engañar: existen enemigos naturales del Sanjuán. En Costa Rica, Arguedas (2007) reporta 20 insectos que atacan a *Vochysia guatemalensis* (13 el follaje, 3 las ramitas y brotes, 2 el fuste y 2 la semilla) y 5 microorganismos (2 el follaje, 1 el fuste, 1 la semilla y 1 las plántulas).

¹⁴ Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA). 13 Jun 2016 <<http://www.sifgua.org.gt/Plaga.aspx>>

A continuación, se describen los síntomas y prácticas para el control de aquellos agentes considerados los más dañinos potencialmente en Guatemala.

Plagas y enfermedades en vivero

La especie no es particularmente susceptible a plagas o enfermedades en vivero. Cuidado durante el proceso de secado de los frutos: una humedad relativa del ambiente muy alta puede favorecer el ataque del hongo *Colletotrichum* sp., a la testa de la semilla, que llevará a la pudrición de esta última (Coseforma 2001).

Plagas y enfermedades en plantaciones

Arguedas (2006) y Solís y Moya (2003) reportan daños provocados por defoliadores *Naprepa cyllota*, *Rifargia* sp., *Caviria vinasia*, todas del orden Lepidoptera) y barrenadores de brotes (*Cosmopterix* sp., otra Lepidoptera) en plantaciones de Sanjuán establecidas en la zona norte de Costa Rica, pero sin detallar síntomas, impacto ni tampoco indicar prácticas de control.

Longicornio o cerambícido *Lagocheirus araneiformis* Linné 1767

Tomado de Coseforma 2001

SÍNTOMAS. Se presenta una exudación en algún lugar del fuste que, al presionarse, expulsa una sustancia líquida y se detecta una galería profunda que corresponde a los canales preparados por las larvas del insecto.

Los ataques se dan en lugares con excesiva humedad, principalmente a nivel del fuste. Una vez que el adulto abandona el árbol hospedero la cicatriz comienza su recuperación. Un año después del ataque, el árbol se ha recuperado y difícilmente vuelve a ser atacado. Sin embargo, el daño afecta la calidad de la madera, por las galerías internas. Por lo general, el ataque de *Lagocheirus araneiformis* no daña la plantación, pero sí afecta la calidad de la madera, y podría convertirse en un serio problema.

PRÁCTICAS DE CONTROL. Como medio de prevención, se recomienda eliminar de la base del árbol a otras especies hospederas como bejucos y arbustos, que crean en toda la plantación un ambiente propicio para la deposición de larvas. Además, algunas especies de cerambícidos pueden desarrollarse en otros hospederos preferenciales vecinos, por lo que se debe observar la vegetación cercana a la plantación para detectar una posible incidencia.

10. Manejo de bosques naturales

Ya se mencionó en el capítulo introductorio la aptitud del Sanjuán para colonizar muy rápidamente terrenos agrícolas abandonados, donde forma pequeños rodales casi puros. Además, Cordero y Boshier (2003) indican que *Vochysia guatemalensis* ha sido utilizado para enriquecer charrales. Estas apreciaciones técnicas reciben confirmación en Guatemala por el hecho que el Programa de Incentivos forestales del INAB subvencionaba, a finales del 2015, el manejo de regeneración natural de 123 ha de Sanjuán. Se debería por lo tanto desarrollar en este capítulo la esencia de la silvicultura de bosques secundarios aplicada al Sanjuán en condiciones de Guatemala. Lastimosamente, no existe información documentada.

11. Crecimiento y productividad de plantaciones

Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala

Para apoyar la planificación y ejecución del manejo silvicultural por parte de los usuarios del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y/o propietarios de los proyectos de reforestación, el Instituto Nacional de Bosques decidió evaluar el crecimiento en plantaciones forestales del Sanjuán. 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, apoyado por personal de las Subregiones del INAB, instaló paulatinamente desde el año 2004 un total de 43 PPMF (Parcelas Permanentes de Medición Forestal) en plantaciones PINFOR de Sanjuán, distribuidas de manera poco equilibrada entre las regiones con existencias de la especie: una concentración fuerte en Ixcán (departamento de Quiché, Guatemala), algunas parcelas en Alta Verapaz, Guatemala, y extremadamente pocas en Izabal, Guatemala (ver mapa con la ubicación de las PPMF en el acápite "Distribución potencial de la especie en Guatemala"). Las 2 primeras PPMF se instalaron en Livingstón, seguidas 2 años más tarde por 3 otras en Playa Grande –Ixcán (departamento de Quiché). Actualmente, el crecimiento del Sanjuán está monitoreado en 4 municipios ubicados en 3 departamentos del país.

Tabla 4. Número de parcelas permanentes de medición Forestal (PPMF) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de *Vochysia guatemalensis*, por edad de las plantaciones y número de mediciones.

Edad de las plantaciones Número de mediciones	Número de parcelas	Número de individuos inicial	Número de individuos a Dic. de 2015
Edad de 5.1-10.0 años	7	388	388
Una sola medición	7	388	388
Edad de 10.1-15.0 años	29	945	921
Una sola medición	22	799	799
2-5 mediciones	7	146	122
Edad de 15.1 y más años	7	303	260
Una sola medición	5	207	207
6 mediciones y más	2	96	53
Total, general	43	1636	1569

Fuente: Departamento de Investigación Forestal del INAB (2016)

La mayoría de las PPMF ha sido instalada en plantaciones mixtas: solo 1 de 10 fue establecida en una plantación pura. Lastimosamente, estas PPM mixtas no recibieron hasta la fecha el mismo monitoreo que las puras, lo que imposibilita estudiar la estabilidad de las mezclas, y sacar enseñanzas silviculturales; el detalle de los distintos grados de mezcla (proporción de Sanjuán versus otras especies acompañantes) se detalla en el cuadro 5.

Tabla 5. Número de parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de *Vochysia guatemalensis*, por grado de mezcla inicial, con especies asociadas en plantaciones

Grado de mezcla inicial del Sanjuán	Número de parcelas	Especies asociadas [con n>5 en la parcela] (número de parcelas de ocurrencia)
$G_{mezcla} < 50\%$	19	<i>Tectona grandis</i> (1); <i>Swietenia macrophylla</i> (5); <i>Calophyllum brasiliense</i> (17); <i>Astronium graveolens</i> (2); <i>Cordia alliodora</i> (2); <i>Dalbergia stevensonii</i> (3); <i>Guarea glabra</i> (1); <i>Pithecellobium arboreum</i> (4); <i>Pithecellobium saman</i> (1); <i>Terminalia oblonga</i> (3); <i>Virola koschnyi</i> (2)
$50 \leq G_{mezcla} < 85\%$	16	<i>Calophyllum brasiliense</i> (7); <i>Dalbergia stevensonii</i> (2); <i>Pachira aquatica</i> (1); <i>Tabebuia rosea</i> (2); <i>Terminalia amazonia</i> (1)
$G_{mezcla} \geq 85\%$	8	Varios...
Total	43	

De las 43 PPM que reciben monitoreo actualmente, 34 son de instalación reciente y cuentan solamente con la medición de instalación de la parcela.

Será esencial para poder aprovechar llanamente la información de esta base de datos dasométricos completar la descripción real del sitio de cada parcela, 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 (un punto particularmente importante para el Sanjuán), disturbios que hayan modificado el desarrollo del rodal, ya sean naturales (huracanes, ...) o provocados por el hombre (incendios, ...)).

Crecimiento e incrementos

La información generada a través la red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- a nivel nacional, constituye una importante y concreta contribución al sector forestal del país, 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 ofrece 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 (PP, Tº, vientos, etc.); Internos: calidad de plantas, manejo, etc. Los modelos de crecimiento utilizados responden a factores agrupados en tres variables que son: i) Índice de Sitio (IS) 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 (parcelas permanentes de medición forestal de Sanjuán en plantaciones forestales puras, estado al 31 de diciembre 2015) permitió definir las siguientes funciones de crecimiento que se presentan a continuación, determinándose una ecuación para cada una de las principales variables de una plantación que son: i) Diámetro (cm), ii) Altura Dominante total (m) iii) Área basal (m²/ha) iv) Volumen total (m³/ha) y v) Índice de Sitio, que transcriben la dinámica de crecimiento de la especie en cada sitio, las cuales se presentan a continuación.

Tabla 6. Familia de modelos de crecimiento para la especie Sanjuán *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., en Guatemala

Variable	Modelo de crecimiento	r ²
Índice de sitio	=exp(ln(H _d)+5.694828*(1/T-0.1))	0.72
Altura total [m]	=exp(ln(S)-5.694828*(1/T-0.1))	0.73
Diámetro [cm]	=exp(3.256721-5.491817/T+0.02999*S-0.000554*N)	0.86
Área basal [m ² /ha]	=exp(1.464336-10.872847/T+0.07739*S+0.001581*N)	0.73
Volumen total [m ³ /ha]	=exp(2.97736-17.217166/T+0.14895*S+0.001206*N)	0.85
Volumen total [m ³ /ha]	=0.276518*H _d ^{1.21922} *G ^{0.907581}	0.99

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Dónde: H_d = altura dominante en metros [m]; T = edad en años; S = índice de sitio; N = árboles/ha; G = AB/ha (área basal por hectárea).

Un factor de gran influencia en los modelos es el de Índice de sitio, establecido a través de las alturas dominantes de un rodal. El análisis de la base de datos dasométrica (PPMF de Sanjuán en plantaciones forestales mixtas y 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, basado en la mayor y menor altura, y a partir de ellas, 3 intermedias; aunque es importante resaltar que cada plantación tiene su propio Índice de sitio que permite representar y ajustar cada modelo a realidades específicas.

Tabla 7. Rangos de categorías de sitio para la especie Sanjuán *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., en Guatemala

Categoría de sitio	Rangos de índice de sitio* por categoría [m]
Pésimo	<10.4
Malo	10.5-12.9
Medio	13.0-15.4
Bueno	15.5-18.4
Excelente	>18.5

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

Tabla 8. Aptitud para el crecimiento de *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., en municipios con PPMF de la especie en Guatemala

Departamento	Municipio	Finca	Índice de sitio* [m]	Categoría de sitio
Izabal	Livingston	Otawa	13.1	Medio
Alta Verapaz	Fray Bartolomé de las Casas	El Compa	19.3	Excelente
		Crucero Calle 4	14.3	Medio
	Cobán	Crucero Calle 4	13.9	
		Roberto Xol Ichich	19.0	Excelente
		Rolando Ovidio Guillén Enríquez	16.4	Bueno
		Rocja Puribal: Raúl Pop	16.0	
		Rene Xol	15.3	Medio
Quiche	Ixcán	Santos Martín	19.8	Excelente
		Abel Hernández Lucero	19.7	
		Marcos García Soc	19.1	
		Ernesto Moran Quej	17.1	Bueno
		Cari: Romualdo López Surap	16.6	
		Emilio Mejía Gonzales	16.0	
		Federación Integral de Comercialización de Cooperativas de Ixcán	15.2	Medio +
		María Guanche Lajuj	15.2	
		Cesario Cruz Gabriel	15.0	
		Abel Arnoldo Ríos Santizo	14.9	
		Nueva Jerusalén	14.6	
		Nueva Jerusalén	14.4	
		Domingo Luis Jiménez	14.2	Medio -
		Parcela no.49	13.8	
		Parcela no.7	13.7	
		Daniel Caal	13.1	Malo
		Manuel de Jesús Jiménez López	12.6	
		Teresa Tun Pirir	12.3	
		José Chooj	12.1	
		Santa Rita	11.9	
		Florentino Macz	11.4	
		Cari: Mauricio Mejía	11.3	
		Miguel Ángel Tecu Cuxum	11.1	
Teresa Tun Pirir	10.6	Pésimo		
Punto Chico	10.3			

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

Interesante notar que todos los municipios presentan a la vez sitios con condiciones excelentes y malas o pésimas. En la zona norte de Costa Rica, Solís y Moya (2003) observan que las diferencias en crecimiento y productividad del Sanjuán no obedecen a condiciones de fertilidad de suelo y sitio exclusivamente, y consideran que el manejo y mantenimiento de las plantaciones, sobre todo en los primeros años, juegan un papel determinante en el comportamiento de la especie. El crecimiento del Sanjuán observado en la Franja Transversal del Norte parece confirmar esta aseveración.

Lastimosamente, la falta de información sobre el historial de cada rodal monitoreado impide corroborar esta explicación. Es esencial incorporar cuando antes la generación del historial en el proceso de monitoreo.

Por otro lado, debe señalarse que el dispositivo de seguimiento (No. De PPMF) de *Vochysia guatemalensis* está sesgado en cuanto a las superficies plantadas en los departamentos de Guatemala: un número grande de PPMF en Quiché (31 dentro del 23% de las plantaciones establecidas a nivel nacional), un número bajo en Alta Verapaz (10 dentro del 39% del área plantada), un número ínfimo en Izabal (2 dentro del 28% del área plantada), ninguna en Petén ni Zacapa. En la medida que vaya equilibrándose el dispositivo, es posible que puedan aparecer tendencias geográficas hoy en día indetectables.

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

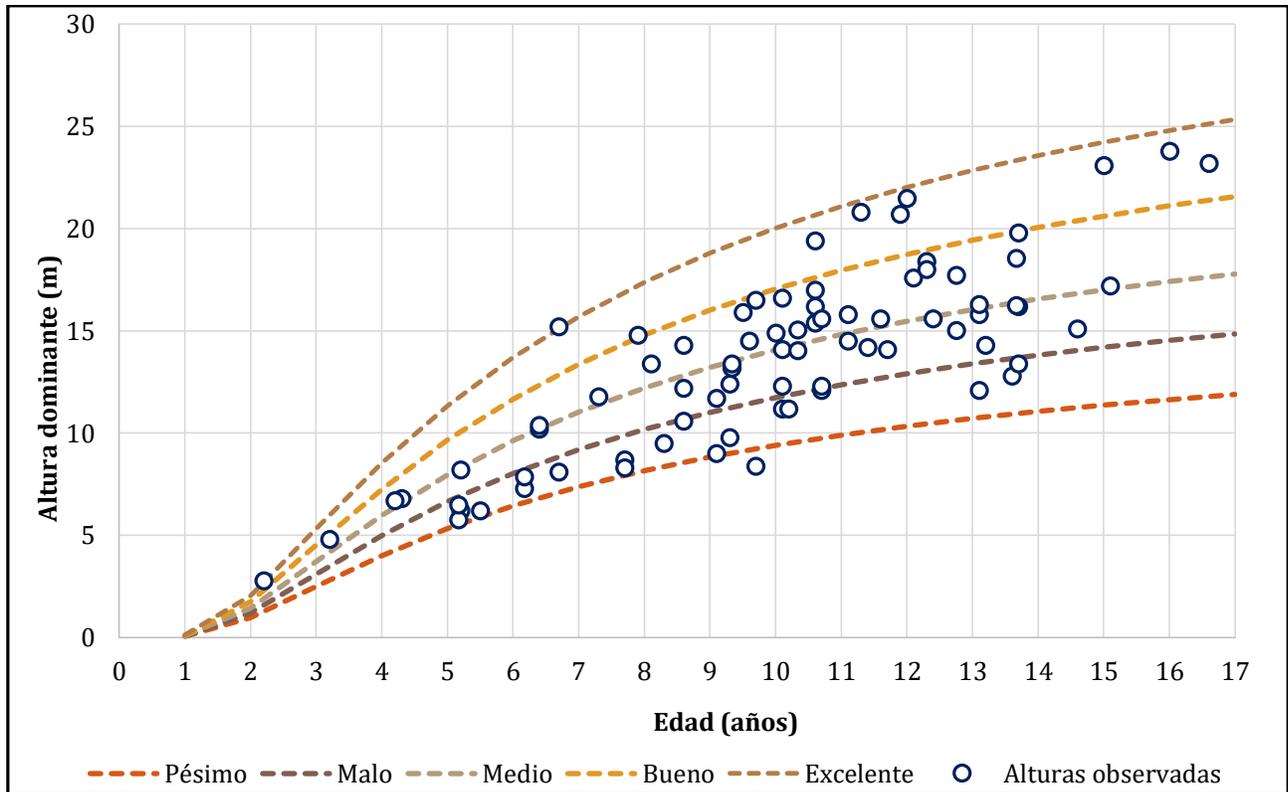
Tabla 9. Incremento medio anual (IMA) de variables de crecimiento para *Vochysia guatemalensis* en Guatemala, según categorías de sitio

Categoría de sitio*	IMA DAP [cm]	IMA altura total [m]	IMA área basal [m²/ha]	IMA volumen total** [m³/ha]
Pésimo	1.24	0.70	0.46	2.09
Malo	1.33	0.87	0.53	3.23
Medio	1.43	1.05	0.64	4.75
Bueno	1.56	1.27	0.81	7.40
Excelente	1.71	1.49	1.02	11.11

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016 (*estimaciones del IMA para el IS medio de cada categoría de 9, 12, 14, 17 y 20 m respectivamente; **para el volumen se utilizó la ecuación con mejor ajuste (0.99))

Con el objeto de ejemplificar la dinámica de crecimiento de Sanjuán *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., se ha definido un perfil de manejo teórico, que se describe a continuación: densidad inicial de 1111 árboles/ha, que se reduce a 600 árboles/ha al cuarto año producto de un primer raleo de aproximadamente un 45% de intensidad. Esta densidad permanece estable hasta el año siete, donde se realiza un segundo raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 400 árboles/ha. Este número de individuos se mantiene hasta el año once, momento en el que se realiza un tercer raleo del 25% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta el año 17 (¿cosecha final?).

A continuación, se presentan una serie de figuras que ilustran la dinámica de crecimiento de *Vochysia guatemalensis*, y se basan en las funciones de crecimiento definidas (descritas en el cuadro 6), y mediante la sustitución de variables definidas en el perfil teórico de manejo del rodal, se genera la gráfica de altura-edad, gráfica del crecimiento del diámetro, gráfica del comportamiento del área basal y gráfica del comportamiento del volumen.



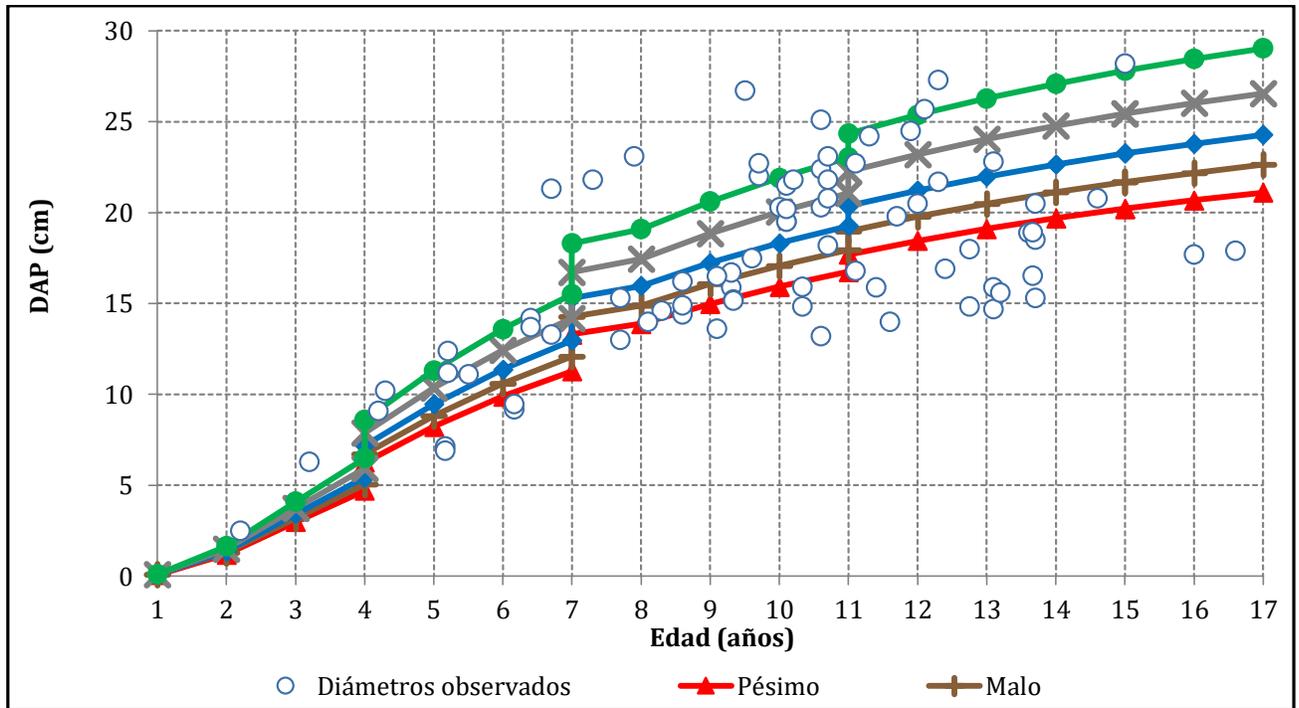
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 11. Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala.

La gráfica anterior representa la relación de la altura dominante y la edad de cada una de las mediciones de Parcelas Permanentes de Medición Forestal, clasificadas según las categorías de sitio reportados en Guatemala, además, nos permite visualizar la gama de escenarios buenos y malos de plantaciones forestales.

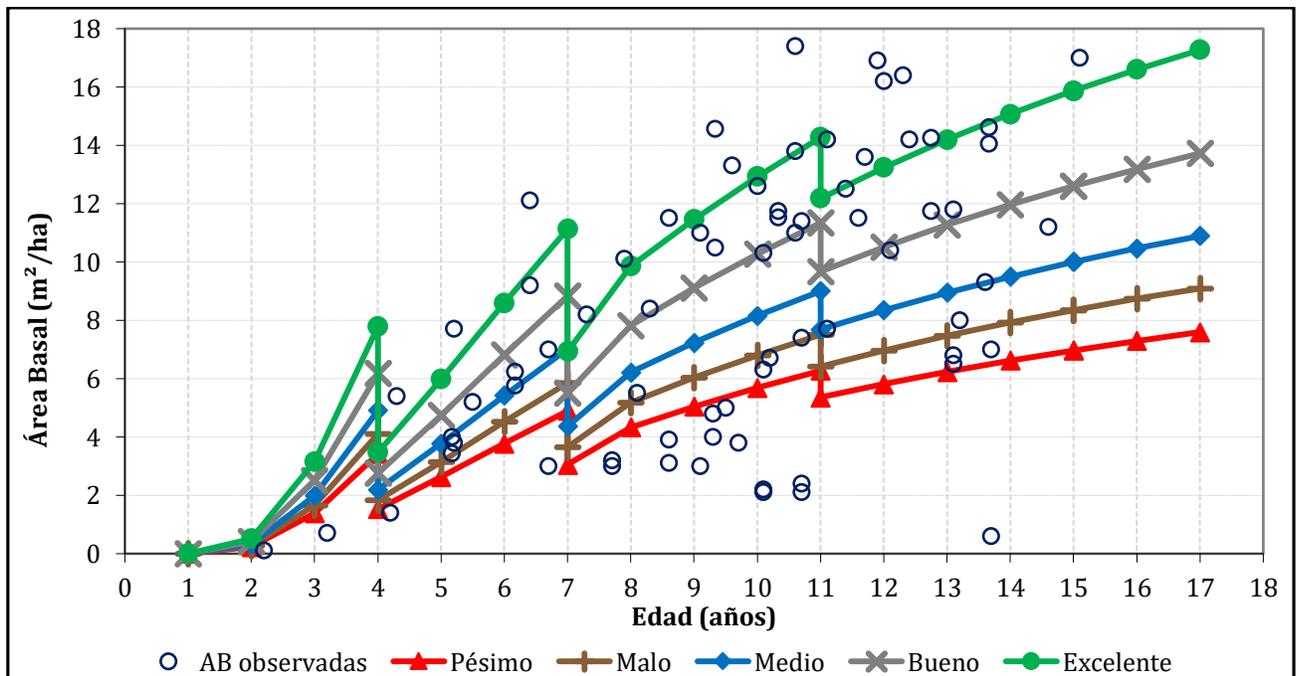
Es decir, realza la importancia de conocer acerca de las características de sitio que determinan el crecimiento de las especies forestales y conocer el comportamiento ecológico de las especies propuestas en un plan de reforestación, ya que, para Sanjúan, existen plantaciones que expresan un índice de sitio "pésimo" donde puede observarse en la curva que a una edad de 10 años los árboles alcanzan una altura dominante aproximada de 9 metros; por el contrario, existen plantaciones que expresan un índice de sitio "excelente" donde puede observarse en la curva que a la misma edad (10 años) los árboles alcanzan una altura dominante de 20 metros, es decir, la diferencia entre la altura dominante en sitios pésimos versus sitios excelentes es de 11 metros.

Es importante reflexionar en tomar decisiones más certeras para la correcta selección del sitio al momento de recomendar reforestaciones con Sanjúan, dado a que es una especie nativa de rápido crecimiento, aunque su potencial se ve limitado al establecer plantaciones en sitios inadecuados, donde quizá exista adaptabilidad de la especie, mas no son los mejores sitios para la producción industrial, tal como se observa en el cuadro 8, donde se describe la calidad del sitio de 33 PPMF y únicamente el 15% de ellas expresan un índice de sitio excelente.



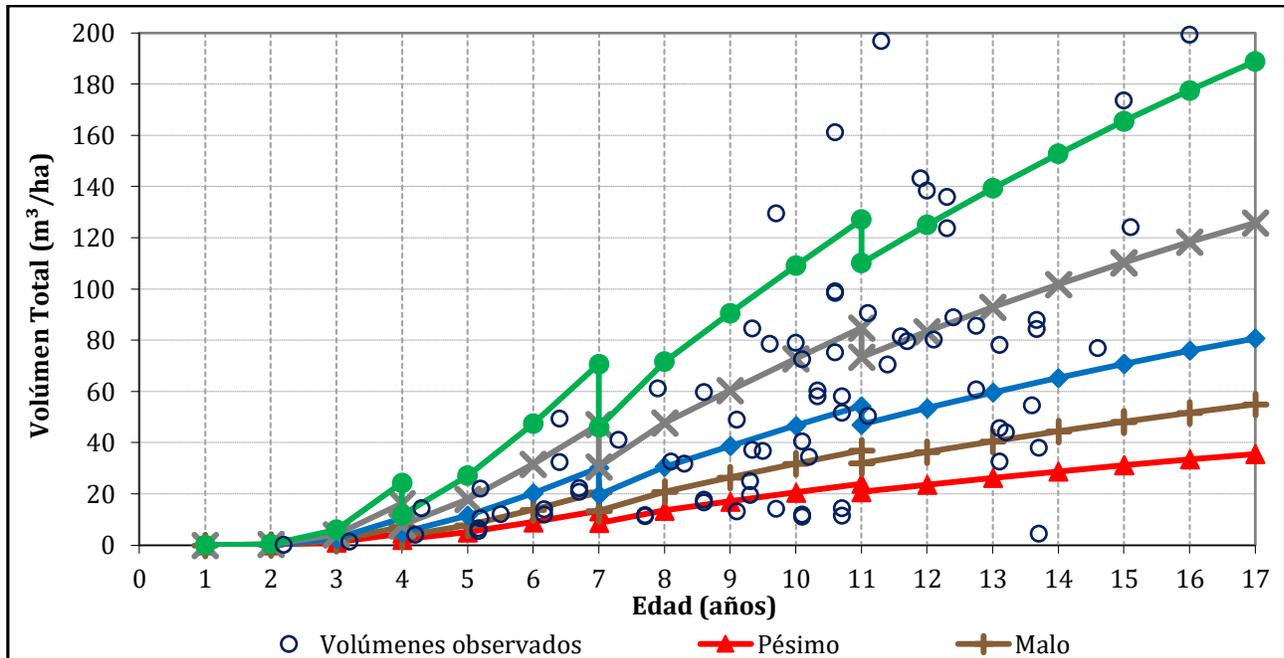
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 12. Familia de curvas de crecimiento en diámetro [cm] para plantaciones de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 13. Familia de curvas de crecimiento en área basal [m²/ha] para plantaciones de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Figura 14. Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m³/ha] para plantaciones de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala

Una comparación con los crecimientos alcanzados por el Sanjuán en la zona norte de Costa Rica induce a reflexión. El cuadro siguiente presenta los resultados de la evaluación del crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en 23 parcelas establecidas en 3 de las 4 zonas edafoclimáticas de mayor importancia de la zona norte de Costa Rica (Delgado et al. 2003).

Tabla 10. Crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en la zona norte de Costa Rica.

Zona edafoclimática	Edad [años]	Densidad [arb/ha]	Área Basal [m²/ha]	DAP [cm]	Altura Total [m]	Volumen Total [m³/ha]	IMA DAP [cm]	IMA Altura Total [m]	IMA Volumen [m³/ha]
Z1 Inceptisol húmedo	1	1103	0.0		0.9			0.9	
	3	1018	5.1	8.0	3.1	7.8	2.7	1.0	2.6
	5	1006	15.3	13.9	7.5	56.9	2.8	1.5	11.4
	9	519	21.9	23.2	13.8	151.3	2.3	1.4	15.1
Z3 Ultisol húmedo	1	976	0.7	3.1	1.9	0.6	3.1	1.9	0.6
	3	858	8.3	11.1	6.8	32.3	3.7	2.3	10.8
	5	750	17.2	17.1	12.0	96.9	3.4	2.4	19.4
	9	701	28.1	22.6	17.9	270.1	2.5	2.0	30.0
Z4 Ultisol muy húmedo	1	1079	0.0		1.5			1.5	
	3	1056	9.7	10.8	6.5	31.5	3.6	2.2	10.5
	5	754	19.4	18.1	12.6	122.7	3.6	2.5	24.5
	9	446	18.5	23.0	17.7	164.8	2.6	2.0	18.3

Fuente: Adaptado de Delgado et al. (2003)

La información reportada corresponde a valores promedios, donde Delgado et al. (2003) hacen notar que el Sanjuán no mostró ninguna relación preferencial estadísticamente significativa en cuanto a la zona edafo-climática, a pesar de diferencias visibles. Esta información es a comparar consecuentemente con los valores de la categoría de sitio "medio" de Guatemala.

A los 3 años, el DAP logra 8.0-11.1 cm en Costa Rica, pero solo 3.4 cm en Guatemala, mientras que la altura total alcanza 3.1-6.8 m en Costa Rica, y 3.7 m en Guatemala: la altura en ambas regiones está dentro de un mismo rango, pero el DAP está marcadamente rezagado en Guatemala con relación a Costa Rica. Concretamente, el Sanjuán no engrosa durante los primeros años posteriores a su plantación en Guatemala, como lo pudiera hacer potencialmente. Este menor crecimiento en diámetro inicial parece ser insuperable, se mantiene estable en el transcurso de los años (aproximadamente 4 cm menos en Guatemala que en Costa Rica a misma edad), y afecta negativamente el desarrollo de las variables de productividad.

El mantenerse estable la diferencia después de los 3 años indica que no se trata de un problema de sitio. Más bien, la razón de esta desventaja diamétrica inicial reside con muy alta probabilidad en el deficiente control de malezas durante los primeros dos años de plantación aludido anteriormente: dinero y esfuerzo ahorrados resultan en una pérdida económica sensible por la postergación de la corta final.

Delgado et al. (2003) hacen notar que los incrementos en altura total (ICA e IMA) alcanzan su valor máximo entre los 3 y 5 años. Con base en este resultado, consideran que el Sanjuán requiere de una fuerte intervención (33-50%) una vez superados los 3 años, con el fin de concentrar el crecimiento en el menor número de individuos de la mayor calidad posible. Pero también remarcan que ocurre una disminución brusca del ICA del dap entre los 3 y 5 años, lo que sugiere que es un árbol que logra llegar a un nivel alto de ocupación de sitio a temprana edad.

Por lo tanto, el manejo oportuno es un aspecto que influirá fuertemente en el crecimiento y desarrollo de la especie. En plantaciones de la zona norte de Costa Rica que no han tenido podas ni raleos, los incrementos medios anuales (IMA) en diámetro no sobrepasan los 2.5 cm por año para los primeros cuatro años. Con un manejo adecuado y oportuno, la especie presenta para la misma zona un IMA en diámetro de 3.8 cm y en altura de 2.9 m por año en promedio a los cinco años (Solís y Moya 2003).

12. Existencias

Herramientas

A pesar de existir en Guatemala ecuaciones volumétricas desarrolladas específicamente para *Vochysia guatemalensis*, muchos estudios usan para la especie funciones generales.

Así, para fines de censos, el inventario forestal nacional de Guatemala 2002-03 (FAO 2004) usó para el Sanjuán las siguientes ecuaciones generales para especies latifoliadas, elaborada en Quintana Roo por la Dirección General de Inventario Nacional Forestal de México y citada en el Manual técnico forestal del INAB (1999a):

Ecuación volumétrica general 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 Sanjuán 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 2016¹⁵)

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

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; f_{1.3} = factor de forma, igual a 0.45 para todas las especies (latifoliadas y coníferas).

El Manual técnico forestal del INAB (1999a) propone una fórmula específica para estimar el volumen bruto comercial de *Vochysia guatemalensis*, basada en un estudio mexicano realizado en Quintana Roo:

Ecuación volumétrica para *Vochysia guatemalensis* del Manual técnico forestal (INAB 1999a)

$$V = 0.0000560922 * (d^2 * h_c)^{0.977371702}$$

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.

¹⁵ Hurtado Domingo L. 5-14 set. 2016. Cálculo del volumen en MIRA-SILV (correos electrónicos). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, departamento de Investigación Forestal.

Por ende, con base en la cubicación de 30 árboles distribuidos uniformemente entre 20 y 100 cm dap, Padilla (2003) desarrolló la siguiente ecuación para estimar el volumen comercial o total de *Vochysia guatemalensis* bajo las condiciones del municipio de Ixcán:

$$V = 0.264638 + 0.000036672 * d^2 * h$$

Dónde: V = volumen (comercial o total con corteza), en m³; d = diámetro a la altura del pecho (DAP), en cm; h_c = altura (comercial o total) del árbol en pie, en m (si es total incluye ramas)

Superficies de plantaciones e inventario de producción actual de Sanjuan.

El área plantada con incentivos hasta finales del año 2015 sumaba un poco menos de 1000 ha. El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de la ubicación de las plantaciones, la cronología de su instalación y el tipo de plantaciones.

Tabla 11. Áreas plantadas con Sanjuan, incentivadas por PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP en Guatemala

Departamento/ Municipio	Área de proyectos PINFOR-PROBOSQUE		Área de proyectos PINPEP		Total	
	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje	Hectáreas	Porcentaje
Alta Verapaz	318.20	36.4%		0.0%	318.20	36.4%
Chahal	26.86	3.1%		0.0%	26.86	3.1%
Chisec	28.02	3.2%		0.0%	28.02	3.2%
Cobán	41.34	4.7%		0.0%	41.34	4.7%
Fray Bartolomé De Las Casas	97.12	11.1%		0.0%	97.12	11.1%
Panzós	46.55	5.3%		0.0%	46.55	5.3%
San Pedro Carchá	5.28	0.6%		0.0%	5.28	0.6%
Santa María Cahabón	73.02	8.4%		0.0%	73.02	8.4%
Izabal	265.39	30.4%	4.12	0.5%	269.51	30.8%
Livingston	125.27	14.3%	4.12	0.5%	129.39	14.8%
Los Amates	15.71	1.8%		0.0%	15.71	1.8%
Morales	22.74	2.6%		0.0%	22.74	2.6%
Puerto Barrios	101.67	11.6%		0.0%	101.67	11.6%
Quiché	191.33	21.9%		0.0%	191.33	21.9%
Ixcán	191.33	21.9%		0.0%	191.33	21.9%
Petén	61.58	7.0%		0.0%	61.58	7.0%
La Libertad	55.00	6.3%		0.0%	55.00	6.3%
San Luis	6.58	0.8%		0.0%	6.58	0.8%
Zacapa	33.23	3.8%		0.0%	33.23	3.8%
Gualán	33.23	3.8%		0.0%	33.23	3.8%
Total	869.72	99.5%	4.12	0.5%	873.84	100.0%

Fuentes: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. Base de datos PINFOR-PROBOSQUE (Programa de Incentivos forestales) y Programa de Incentivos para el Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala) 2000-2018. 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) 2007-2017. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB. B

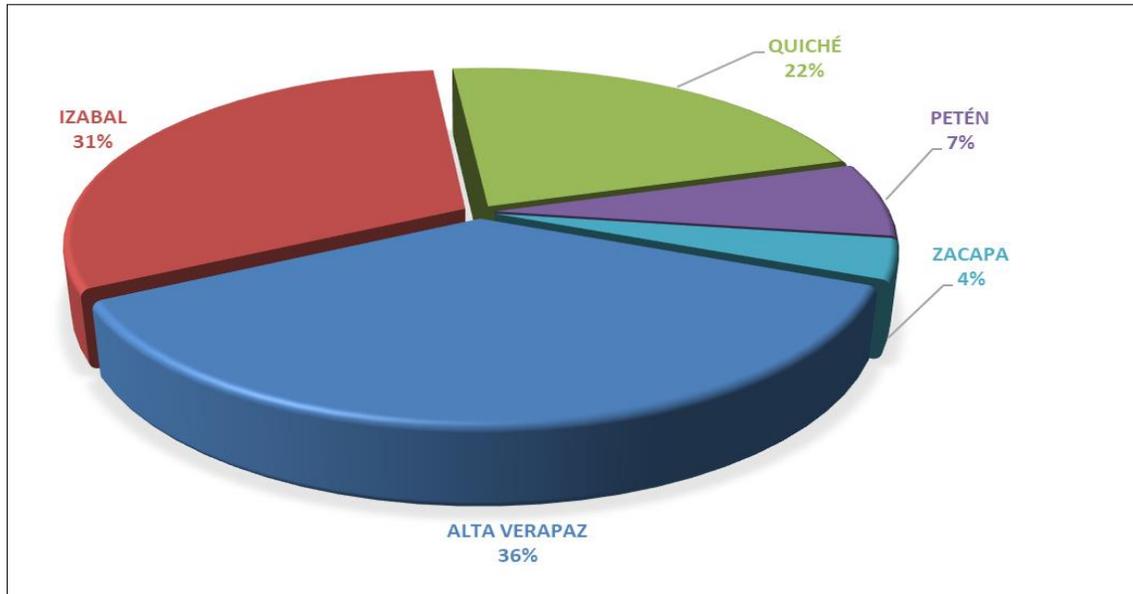


Figura 15. Grafica de distribución del volumen total (%) de producción actual de proyectos de incentivos forestales resumido por departamento, para la especie Sanjuán en Guatemala.

El 90% del área plantada se ubica en los departamentos de Izabal, Alta Verapaz y Quiché, en una zona continua que se extiende desde el municipio de Puerto Barrios (Izabal) hasta el municipio de Ixcán (Quiché), y corresponde a su área de distribución natural. Gualán en Zacapa es el municipio más al Sur de esta zona continua, y San Luís en Petén el municipio más al Norte. El municipio de La Libertad en Petén es el único lugar de introducción del Sanjuán francamente fuera de la zona continua de plantaciones dentro de la Franja Transversal del Norte y fuera de su área de distribución natural.

El municipio con mayor extensión de plantación del Sanjuán es Ixcán, con más de 191.33 ha, seguido por cinco municipios, Livingston, Puerto Barrios, Cahabón, Fray Bartolomé de las Casas y Cobán, todos un área aproximada de 75 ha.

La base de datos permite otros insumos para el análisis, tales como que el Sanjuán ha sido plantado mayormente en plantaciones mixtas (65% del área total). Existen plantaciones puras únicamente en Puerto Barrios (102 ha), Livingston (91 ha) y Chahal (22 ha), con superficies entre 20 y 40 ha cada proyecto, ejecutado mayormente por una empresa (5 de 9 proyectos). Pero el Sanjuán es único por la superficie de la especie manejada como regeneración natural, 123 ha, que representa un 13% del área total de *Vochysia guatemalensis* bajo cuidados silviculturales. Destacan dos parcelas grandes establecidas bajo esta modalidad, una de 60 ha en la Finca Saquichaj, Cobán, y otra de 25 en la Finca Chipajché, Cahabón; los demás proyectos de regeneración natural están todos en Ixcán, y promedian poco menos de 2 ha de superficie cada uno.

La diversidad en la modalidad de establecimiento de la especie refuerza la observación acerca del dispositivo de monitoreo (PPMF) del crecimiento del Sanjuán formulada en el capítulo Crecimiento: sería de inmenso provecho para el conocimiento de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala instalar PPMF en otro lugar que Ixcán y en otras modalidades que la reforestación mixta.

Salvo durante los años 2003, 2005 y 2008, donde fueron establecidos unos 100 ha anualmente, la especie ha sido plantada durante el periodo 2000-2018 a razón de 54 hectáreas anuales (promedio), a excepción de los años 2011, 2016 y 2017, en los que no se reporta ningún registro, es decir no se plantó dicha especie con el beneficio de incentivos.

Tabla 12. Áreas plantadas con *Sanjuan* beneficiaria con los programas de incentivos forestales, por año de plantación para el periodo 2000 al 2018.

Año de plantación	Edad (años)	Área de proyectos PINFOR-PROBOSQUE (ha)	Área de proyectos PINPEP (ha)	Áreas Total	
				Hectáreas	Porcentaje
2000	19	36.69		36.69	4.2%
2001	18	59.12		59.12	6.8%
2002	17	48.55		48.55	5.6%
2003	16	122.70		122.70	14.0%
2004	15	84.65		84.65	9.7%
2005	14	107.75		107.75	12.3%
2006	13	65.88		65.88	7.5%
2007	12	62.61		62.61	7.2%
2008	11	99.77		99.77	11.4%
2009	10	36.08		36.08	4.1%
2010	9	36.03		36.03	4.1%
2012	7		0.34	0.34	0.0%
2013	6	42.52		42.52	4.9%
2014	5	40.64	2.34	42.98	4.9%
2015	4	18.51	1.44	19.95	2.3%
2018	1	8.22		8.22	0.9%
Total		869.72	4.12	873.84	100%
Porcentaje		99.5%	0.5%		

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

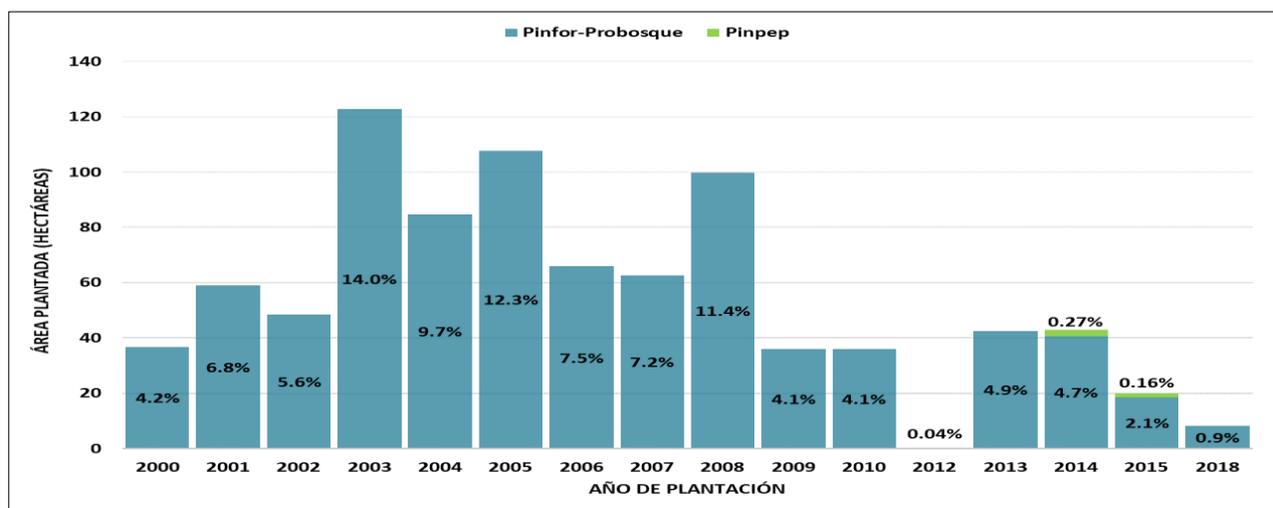


Figura 16. Grafica de distribución de área de proyectos de incentivos forestales por año de plantación, para la especie de Sanjuan en Guatemala.

La información del Cuadro 12 y figura 16 sugieren que la preferencia por Sanjuan presenta un descenso significativo en los últimos años. Mientras que en el periodo del 2003 al 2008, se estableció en promedio más de 80 hectáreas anualmente, con plantaciones máximas de 122 ha en el 2003. Es imprescindible identificar las razones a esta caída de interés mientras el Estado considere la especie como prioritaria.

Tabla 13. Detalle de productividad actual (inventario de producción) de proyectos de Sanjuán incentivados en Guatemala, para el periodo 2000 al 2018.

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	38	318.20	17.29	16.85	15.08	106.08	35,271.48
Izabal	17	269.51	12.69	11.96	10.21	66.80	20,362.76
Quiché	10	191.33	17.59	17.03	14.82	97.98	18,937.66
Petén	5	61.58	16.97	16.34	13.94	91.38	3,407.68
Zacapa	1	33.23	19.53	19.27	18.08	139.68	4,641.53
Total	71	873.84	16.24	15.70	13.84	94.97	82,621.11

Fuente: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2018. (** Los valores de "promedios de volumen total (m³/ha) son valores de referencia, en efecto, los datos reales 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)

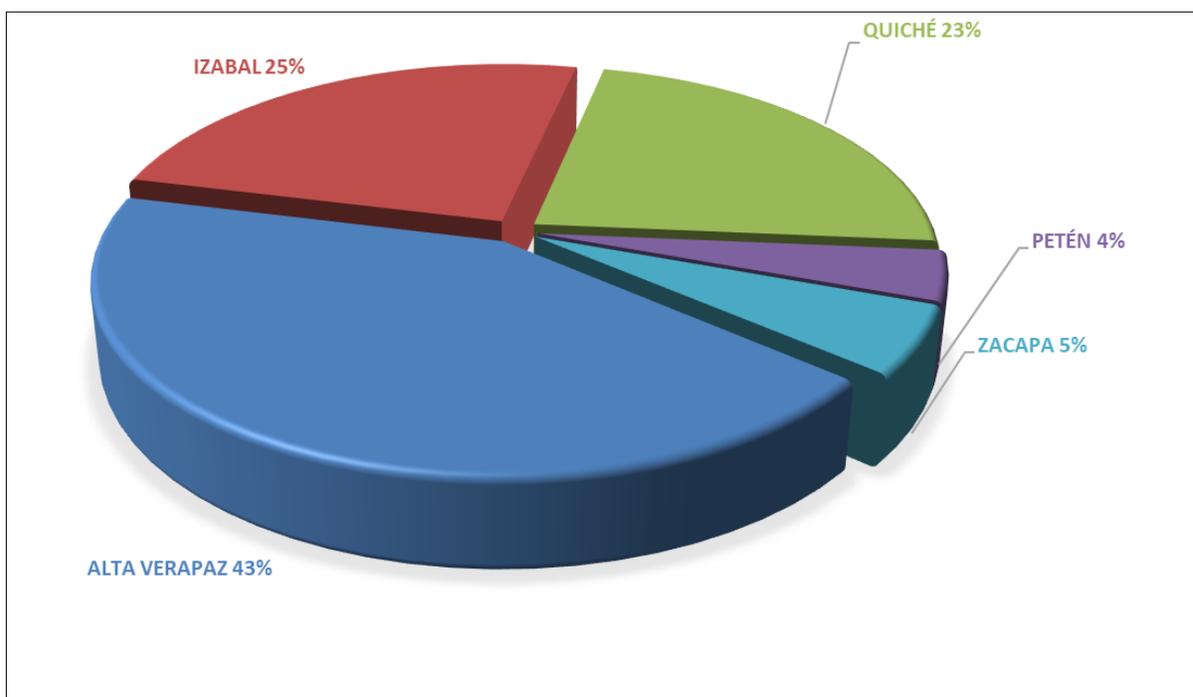


Figura 17. Distribución del volumen total de producción actual de proyectos de incentivos forestales (%) por departamento, para la especie de *Sanjuan* en Guatemala.

El volumen actual de los 71 proyectos de reforestación suma un total del 82,621.11 m³ distribuidas en 873.84 hectáreas a nivel nacional, en el cuadro 13 y Figura 17 se observa que 43% del volumen nacional se concentran en el departamento de Alta Verapaz, mientras que le sigue Izabal y Quiché con 25% y 23% respectivamente.

Las estimaciones del inventario de producción utilizando modelos de crecimiento permiten estimar un volumen proveniente de los raleos, se ha basado en un perfil teórico simulado a partir del análisis de unidades de muestreo evaluadas en campo. Dicho perfil de manejo aunque considera una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea, los primeros 6 años se estimaron con una densidad de 900 árboles/ha derivado del efecto de la mortalidad durante el establecimiento (año 0), el primer raleo se aplica en el sexto año (6) 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, quedando un remanente de 600 árboles/ha.

El perfil continúa con la aplicación de otro 30% en el onceavo año (11) quedando un remanente de 400 árboles/ha, posteriormente un tercero y último raleo en el año 15 (15), del cual se extraen alrededor del 35%, quedando como resultado un promedio de 250 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. También debe considerarse la posibilidad que la densidad final sea menor a la utilizada en el presente perfil por raleos más intensos o por la aplicación de un cuarto raleo y así llegar al final del turno con un promedio de 150 árboles/ha, sin embargo, esto se evidenciara cuando los datos de campo sugieran dicha dinámica.

A continuación, se presenta la estimación del inventario de producción correspondiente a raleos potenciales para el año 2019, es decir, se incluyen únicamente aquellas plantaciones que estén llegando a los 6, 11 y 15 años respectivamente.

Tabla 14. Detalle de productividad actual de volumen del primer, segundo y tercer raleo en plantaciones de Sanjuan incentivados en Guatemala.

Perfil de raleo teórico	No. Proyectos	Área total (ha)	Promedio de Volumen de raleo (m ³ /ha)**	Volumen Total de raleo (m ³)
Primer raleo (6 años)	1	42.52	8.31	353.21
Segundo raleo (11 años)	8	99.77	16.47	1643.60
Tercer raleo (15 años)	6	84.65	36.58	3096.18
Total	15	226.94	61.36	5092.99

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

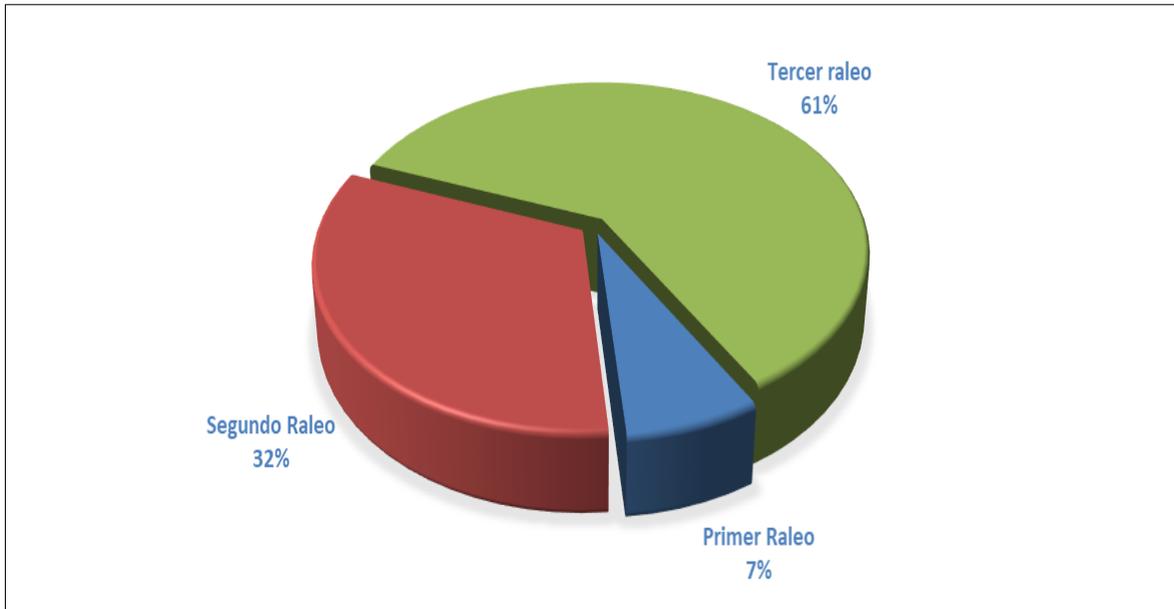


Figura 18. Distribución del volumen total de producción actual de raleos en proyectos de incentivos forestales, para la especie de *Sanjuan* en Guatemala.

Los resultados del Cuadro 14 indican que para el año 2019 se estima la probabilidad de realizar un raleo en 15 proyectos de *Sanjuan*, a 1 le corresponde un primer raleo, a 8 proyectos un segundo raleo y a 6 proyectos le corresponde un tercer raleo, la decisión final será del propietario según el perfil definido dentro de su plan de manejo.

El volumen total de raleos asciende a 5092.99 m³ de los cuales es importante destacar que la mayoría del volumen disponible corresponde al tercer raleo con 3,096.18 equivalentes al 61% (ver figura 18) del volumen disponible para el año 2019, importante porcentaje si su destino logra comercializarse apropiadamente; únicamente 1643.60 m³ equivalentes al 32% corresponde a un segundo raleo y el 7% 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 realiza adecuadamente.

Análisis y proyección del inventario de producción de *Sanjuan*

VOLUMEN DE EXISTENCIAS FUTURAS: Al utilizar edades futuras (hasta el turno inclusive) y una densidad final estimada en los modelos de crecimiento, se logra obtener proyecciones de las principales variables dasométricas de los árboles y con ello, la estimación de las existencias o producción futura; para el presente documento, el supuestos teóricos de turno o corta final de cada plantación se estableció en 20 años, mientras que la densidad final utilizada fue de 250 árboles/ha; nuevamente se aclara que estos valores teóricos que tienen su origen en observaciones de campo, mientras que pueden variar según la calidad de sitio y el manejo proporcionado, pudiéndose variar entre otros, el turno o edad para la corta final, el cual se ha indicado con anterioridad, puede hacerse desde el año 15. Para las estimaciones se utilizó un único índice de sitio, correspondiente al promedio de las observaciones de campo.

Tabla 15. Proyección de principales variables dasométricas y volumen de corta final para las plantaciones de Sanjuan establecidas en los programas de incentivos PINFOR, PROBOSQUE y PINPEP en el periodo 2020-2038

Año	No. Proyectos	Área (ha)	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Área Basal promedio (m ² /ha)	Volumen Total promedio (m ³ /ha)**	Volumen Total (m ³)
2020	4	36.69	21.43	21.54	21.90	210.74	7,732.00
2021	7	59.12	21.43	21.54	21.90	210.74	12,458.86
2022	5	48.55	21.43	21.54	21.90	210.74	10,231.35
2023	8	122.70	21.43	21.54	21.90	210.74	25,857.61
2024	6	84.65	21.43	21.54	21.90	210.74	17,839.01
2025	5	107.75	21.43	21.54	21.90	210.74	22,707.51
2026	6	65.88	21.43	21.54	21.90	210.74	13,883.45
2027	4	62.61	21.43	21.54	21.90	210.74	13,193.28
2028	8	99.77	21.43	21.54	21.90	210.74	21,025.38
2029	5	36.08	21.43	21.54	21.90	210.74	7,603.45
2030	3	36.03	21.43	21.54	21.90	210.74	7,592.91
2032	1	0.34	21.43	21.54	21.90	210.74	71.65
2033	1	42.52	21.43	21.54	21.90	210.74	8,960.60
2034	3	42.98	21.43	21.54	21.90	210.74	9,057.54
2035	2	19.95	21.43	21.54	21.90	210.74	4,204.23
2038	3	8.22	21.43	21.54	21.90	210.74	1,733.04
Total	71	873.84	21.43	21.54	21.90	210.74	184,151.89

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

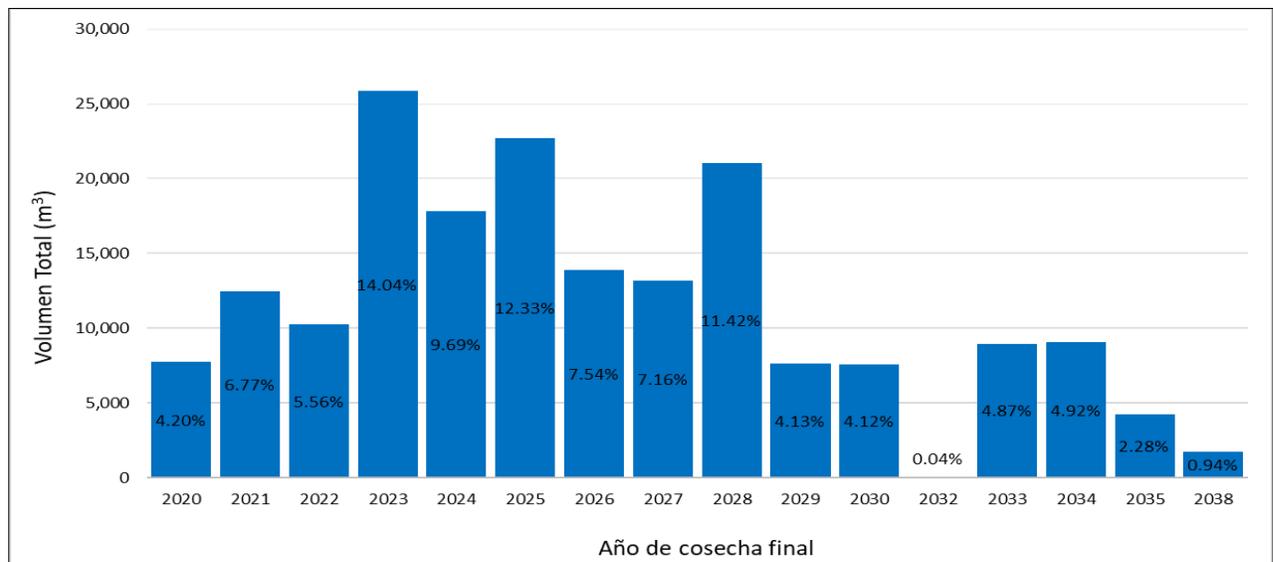


Figura 19. Distribución del volumen total proyectado en proyectos de incentivos forestales, para la especie de Sanjuan en Guatemala.

Consistentemente con el área de plantación, se observa en la figura 19 que el mayor volumen del aprovechamiento final de las plantaciones de Sanjuan se estima en el año 2023, con un total de 25,857.61 m³, correspondientes al 14.04% del total del volumen de los 71 proyectos evaluados, al contrario, la gráfica muestra que la menor disponibilidad será en los años 2032, aunque no está de más recordar que no se reportan volúmenes en los años 2031, 2036 y 2037 debido a que no se registran plantaciones de Sanjuan establecidas en dichas ocasiones.

Las estimaciones realizadas están sujetas a mejoras continuas, en la medida que se sumen datos de nuevas mediciones por el aumento de la edad de las plantaciones en evaluación o de la ampliación de las unidades de muestreo, con lo cual se actualizarán los modelos de crecimiento y en consecuencia las estimaciones y proyecciones.

PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE RALEO: Como se ha indicado con anterioridad, las proyecciones de volumen, proporcionan información para estimar los raleos futuros de acuerdo con el perfil de manejo definido. Para el presente caso, se evaluaron los 71 proyectos estimando el potencial de raleo para el periodo del 2019 al 2025, es decir, cuantas plantaciones se ralearán según en cada año del periodo proyectado (volumen de raleos en las edades de 6, 11 y 15 años).

Tabla 16. Proyección del volumen de raleo para Sanjuán según la ocurrencia de raleos, periodo 2019-2025

Perfil de raleo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Primer raleo (6 años)	353.21	357.03	165.72	0.00	0.00	68.31	0.00
Segundo raleo (11 años)	1643.60	594.38	593.56	0.00	5.60	700.47	708.05
Tercer raleo (15 años)	3096.18	3941.16	2409.64	2289.85	3649.21	1319.67	1317.84
Total	5092.99	4892.57	3168.92	2289.85	3654.81	2088.45	2025.89

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

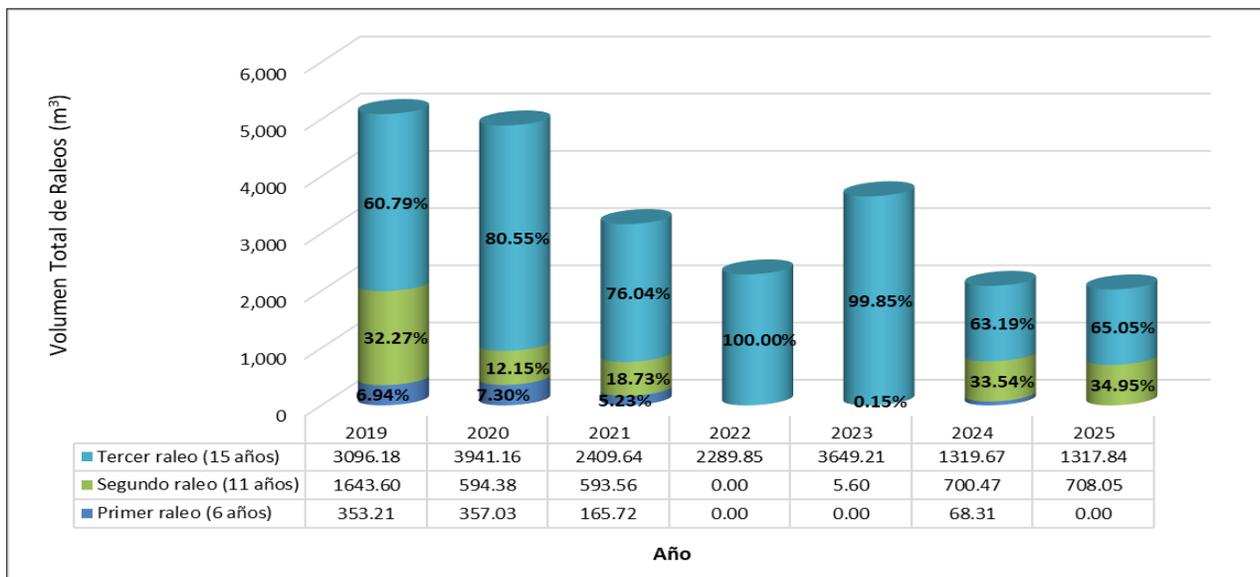


Figura 20. Distribución del volumen total de raleos, proveniente de proyectos de incentivos forestales, para la especie de Sanjuan en Guatemala.

El volumen total obtenido durante el periodo del 2019 al 2025 asciende a un total de 23213.49 m³ entre el primer, segundo y tercer raleo según cada uno de los 71 proyectos presenten edad de raleo durante el periodo 2019 al 2025. En el Cuadro 16 y Figura 20 se observa que el volumen del primer raleo no es significativo (4 % del volumen del periodo), aun cuando la intensidad de muestreo 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 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 total de volumen total estimado de 4,245.66 m³ representa el 18% del volumen total de raleo en el periodo, que puede proporcionársele algún uso, principalmente si es destinado para exportación, donde el valor es asignado por peso, pero por ningún motivo debe comprometerse 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 tercero, cuando los árboles tienen 15 años y alcanzan un promedio de 15 centímetros de diámetro (DAP), dimensiones con las que suele ser comercializado, este raleo suma un total de 18,023.55 m³ correspondientes al 77 % 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 crecimiento y estadísticas como por ejemplo la incorporación registros sobre la producción final, siempre y cuando se obtenga las experiencias de las observaciones en campo.

13. Conclusiones

1. Las principales características climáticas a considerar para la elección de Sanjuán como especie a reforestar son: sitios con temperatura media anual que oscila entre 23 a 30 °C (según su distribución natural), bajo cultivo, los mejores rendimientos se obtienen en sitios con temperaturas entre 21 °C a 25 °C; de acuerdo a su distribución natural, la especie habita en sitios con 2000 a 5000 mm de precipitación media anual, sin embargo, los mejores incrementos bajo cultivo se obtienen en sitios con precipitaciones de 3000 a 4300 mm sin época seca mayor a tres meses. En Guatemala, es una especie indicadora de la parte norte de la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido Bmh-S(c).
2. Las principales características fisiográficas a considerar para la elección de Sanjuán como especie a reforestar son: sitios con altitudes entre 0 a 1200 msnm (según su distribución natural), bajo cultivo, los mejores rendimientos se obtienen en sitios localizados alrededor de los 200 msnm, especialmente en la Franja Transversal del Norte de Guatemala; con respecto a su exposición al sol, las orientaciones norte, noreste o sureste son las que más favorecen el desarrollo de la especie; de acuerdo con la posición en el paisaje, la especie es frecuente y abundante en las planicies costeras y valles.
3. Las principales características edáficas a considerar para la elección de Sanjuán como especie a reforestar es que prefiere sitios con textura limosa a arcillosa, con tendencia a suelos con pH ácidos, en rangos que oscilan entre 4.4 a 5.3; prefiere suelos aireados, bien drenados y libres de inundaciones.
4. A medida que el distanciamiento entre planta y surco sea más amplio, así también se requerirá mayor intervenciones de podas, ya que la cantidad de ramas y el grosor de ellas aumentan cuando el árbol tiene mayor espacio para crecer en los primeros años de establecida la planta; las podas deben realizarse de forma oportuna, dado que la autopoda produce nudos muertos que disminuyen considerablemente la calidad de la madera.
5. Cuando se reforeste a un distanciamiento convencional (1111 árboles/ha), para realizar oportunamente los raleos deben considerarse algunos factores, dentro de los cuales está observar lo siguiente: una disminución excesiva de la cobertura del suelo, una marcada diferencia entre los árboles dominantes y codominantes, dosel principal cerrado y altura promedio de la plantación sobre los 8 a 9 metros. A mayor densidad de plantación, se requieren raleos más frecuentes.
6. En sitios excelentes, el aprovechamiento de Sanjuán no debería superar los 15 años de edad, aunque en la actualidad se registran sitios con periodos de aprovechamiento entre 15 hasta 25 años de edad; las plantaciones de Sanjuán con diámetros de 50 a 60 cm deberían ser aprovechados como medida preventiva para evitar pérdidas de materia prima, por daños que se reportan en la médula de los árboles superiores a 60 cm.

7. 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.

14. 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 (heliófila de rápido 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, existen factores limitantes que comprometen la productividad de los rodales, tales como la intolerancia de la especie a los suelos saturados o inundados por periodos prolongados, así mismo, la intolerancia a periodos secos prolongados.
3. Sanjuán es una especie prometedora para la restauración o enriquecimiento de áreas con suelos degradados y con pH ácido, característicos por la presencia de altos contenidos de calcio, magnesio, potasio y aluminio; al extremo de poseer la capacidad de acumular cantidades apreciables de aluminio en las hojas, demostrando su adaptación a suelos ácidos, además de acumular cantidades apreciables de manganeso en su biomasa.
4. La naturaleza heliófila de Sanjuán permite ser una especie que sobresale de los árboles que lo rodean, es importante resaltar la agresividad de crecimiento y aptitud de Sanjuán para colonizar terrenos agrícolas abandonados, creando rodales puros derivados de regeneración natural, esta dinámica ha sugerido potenciales ventajas como la posibilidad de realizar raleos por alto, aprovechando los árboles de clases diamétricas mayores, concentrando la densidad en clases intermedias de mayor abundancia; esta modalidad ha sido una de las referidas para el silvicultor, debido a que simplifica la toma de decisiones respecto al manejo silvicultural, demostrando que la especie responde positivamente a la competencia intraespecífica, pero además, la dominancia del dosel por la constante incorporación de nuevos individuos.
5. Es recomendable programar podas de formación durante los primeros tres años, debido a que la forma de crecimiento inicial de Sanjuán es similar a la de un arbusto con abundante ramificación, además, las ramas serán delgadas y por consiguiente las marcas de la poda en el fuste no serán agresivas; es importante no excederse a la eliminación de más del 50% de la altura total que presenta el árbol.

6. La agresividad del crecimiento inicial de Sanjuán permite que la especie cierre el dosel a los tres primeros años, por lo que es recomendable hacer un primer raleo con intensidad no inferior al 33% de la densidad inicial (1111 árboles por hectárea), cuando el diámetro promedio esté alrededor de los 15 cm y la altura promedio sea de unos 14 metros (generalmente entre los años 4-5). La intensidad en los siguientes raleos oscila entre 33 y 50%, dependiendo del desarrollo de los árboles.

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.

15. Bibliografía

- Alvarado, A. 2012. Nutrición y fertilización de *Vochysia guatemalensis*. In: Alvarado, A; Raigosa, J (eds.). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. p. 361-369.
- Andrino Juárez, JF; Méndez, LF; Flores, R; Méndez, JG; Melledos, RO; Gutiérrez, E; Fisher, R; Ajiatax, R; Márquez, L. 1992. San Juan. In: Guauhitemala: lugar de bosques. Guatemala, Asociación Becaria Guatemalteca. Vol. 2. p. 54-57.
- Arguedas, M. 2006. Diagnóstico de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. In: Congreso Latinoamericano IUFRO (2., 2006, La Serena, Chile). Bosques - La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, CONAF/IUFRO.
- Arguedas, M. 2007. Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (CR) 4(11 y 12 especial). 69 p.
- Brito de León, F. 2009. Manejo de bosques naturales en la región II de Alta Verapaz, del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 93 p.
- Camposeco Domingo, MC. 2013. Análisis de calidad en plantaciones forestales con especies de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), pino del Petén (*Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*), santa maría (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), caoba (*Swietenia macrophylla* King), matiliguatate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), teca (*Tectona grandis* L. f.) y san juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Sm.), en la subregión III-1 Izabal, del Instituto Nacional de Bosques –INAB–. Informe de práctica forestal supervisada. Jacaltenango, GT, Escuela Técnica de Formación Forestal. 112 p.
- Castañeda Hurtado, MR. 2013. Evaluación de parcelas permanentes de medición forestal, con la finalidad de generar propuestas de áreas para establecer especies predominantes en plantaciones mixtas en la Sub-Región II-6 Ixcán y II-7 Salacuim, del Instituto Nacional de Bosques. Informe de práctica forestal supervisada. Jacaltenango, GT, Escuela Técnica de Formación Forestal. 83 p.
- Castañeda, C; Cabrera, IE. 2006. Determinación del potencial como fuente semillera, y evaluación del germoplasma de caoba (*Swietenia macrophylla*), rosúl (*Dalbergia stevensonii*), san juan (*Vochysia guatemalensis*), santa maría (*Calophyllum brasiliense*) y sangre (*Virola koschnyi*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala, Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) / Instituto Nacional de Bosques (INAB). 88 p + anexos. (Informe final de investigación).
- 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. *Vochysia guatemalensis* Donn. Smith. In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute UK / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CR. p. 947-950.
- Corea, E. 1993. San Juan, *Vochysia guatemalensis* Donn. Smith. Revista Forestal Centroamericana (CR) 2(5): afiche 56x42 cm.
- Coseforma (Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero). 2001. Cebo en la Zona Norte de Costa Rica. San José, CR, Coseforma. 40 p.
- Cruz, JR de la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- Delgado, A; Montero, M; Murillo, O; Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 27(1):63-78.
- 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).
- Flores-Vindas, E; Obando-Vargas G. 2003. *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. In: Árboles del trópico húmedo: importancia socioeconómica. Cartago, CR, Editorial Tecnológica de Costa Rica. p. 827-833.
- Fuentes Archila, LM. 2014. Productividad de las plantaciones forestales en los diferentes tipos de raleos en la Región II Las Verapaces. Informe de práctica profesional supervisada. Guatemala, GT, Universidad Rafael Landívar. 57 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.
- 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. San Juan. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques (INAB). 1 p. (Ficha técnica de especies no. 6)
- López Ríos, CA. 2008. Aportes para la identificación de especies forestales de uso actual en la región II de Las Verapaces e Ixcán, del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 130 p.
- Mesén, F; Trejos, E. 1997. Propagación vegetativa del san juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana (CR) 6(21):19-24.

- Mesén, F; Vásquez, W. 2009. Variación genética de procedencias y familias de *Vochysia guatemalensis* a los 18 años de edad en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 33(2):157-170.
- Müller, E; Rodríguez S, L. 1996. Almacenamiento de semillas y manejo del contenido de humedad: algunas experiencias en semillas forestales de la Región Huetar Norte de Costa Rica. *In: Curso para profesores sobre Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales* (Turrialba, CR, 27 May - 7 Jun 1996), Unidad 3: Recolección y manejo de semillas forestales. Turrialba, CR, CATIE Proyecto de Semillas Forestales. p. 102-112.
- Padilla Pantaleón, HR. 2003. Elaboración de tablas de volumen local para las especies: santa maría (*Calophyllum brasiliense* var. *reko* Standl.), san juan (*Vochysia hondurensis* Sprague), canxan (*Terminalia amazonia* (Ruiz & Pav.) Steud.) y palo sangre (*Pterocarpus officinalis* Jacq.), bajo condiciones del municipio de Ixcán, El Quiché. Tesis Lic. Ing. agr. Cobán, GT, Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. 56 p. + anexos.
- 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 Flores, SN. 1989. Determinación de la composición química de semillas de cinco especies forestales: *Brosimum alicastrum*, *Sterculia apetala*, *Simarouba glauca*, *Aspidosperma stegomeris* y *Vochysia guatemalensis*. Tesis Lic. Ing. qco. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 70 p.
- Rodríguez S, L. 1997. Almacenamiento de semillas de especies forestales latifoliadas de la Región Huetar Norte, Costa Rica. *Mejoramiento Genético y Semillas Forestales* no. 18:4-8.
- Román, F; De Liones, R; Sautu, A; Deago, J; Hall, JS. 2012. Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el Neotrópico. New Haven, US, Yale School of Forestry and Environmental Studies. 162 p.
- Salazar, R; Soihet, C; Méndez, JM (comps). 2000. *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. (Nota técnica no. 6). *In: Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina*. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 11-12. (Serie técnica, Manual técnico (CATIE) 41).
- Salazar, R; Vásquez, W; Thomsen, KA. 2004. Seed storage behaviour of *Vochysia guatemalensis*. *In: Sacandé, M; Jøker, D; Dulloo, ME; Thomsen, KA (Eds.). Comparative storage biology of tropical tree seeds*. Roma, IT, Bioversity International. p. 308-315.
- Silvestre Delgado, PG. 2010. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de la especie san juan (*Vochysia guatemalensis* Donnell Smith), en plantaciones forestales mixtas de tres a nueve años de edad, en la Franja Transversal del Norte de la Región II del

INAB, Las Verapaces e Ixcán, Guatemala. Tesis Lic. Ing. for. San Juan Chamelco, GT, Universidad Rafael Landívar. 136 p.

Solís Corrales, M; Moya Roque, R. 2003. *Vochysia guatemalensis* en Costa Rica. s.n.t. 100 p. Consultado 25 ene. 2015. Disponible en http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Especies_plantaciones/VOCHYSIA%20GUATEMALENSIS/Manual%20Vochysia%20guatemalensis%20en%20Costa%20Rica.pdf

Soto Alvarado, ÁE. 2002. Determinación de enfermedades foliares provocadas por hongos en diez especies forestales en plantaciones ubicadas en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Petén e Izabal, durante la época lluviosa. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 p. + anexos.

Standley, PC; Steyermark, JA. 1949. *Vochysia* Jussieu. In: Flora of Guatemala: families Trigoniaceae, Vochysiaceae, Polygalaceae, Dichapetalaceae, Euphorbiaceae, Callitrichaceae, Buxaceae, Coriariaceae, Julianiaceae, Anacardiaceae, Cyrillaceae, Aquifoliaceae, Celastraceae, Hippocrateaceae, Staphyleaceae, Icacinaceae, Aceraceae, Hippocastanaceae, Sapindaceae, Sabiaceae, Impatiaceae, Rhamnaceae, Vitaceae, Tiliaceae, Malvaceae, Bombacaceae, Sterculiaceae, Saurauiaceae. Fieldiana Botany (Chicago Natural History Museum), 24(6): 2-5.

Teni Choc, MF. 2007. Plan de manejo para la producción de plantas (vivero forestal) de la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Informe de práctica agroforestal supervisada. San Juan Chamelco, GT, Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. 39 p.

Utrera Granados, LP. 2010. Trabajo de graduación realizado en la ecoregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, con énfasis en las características morfológicas externas y de la calidad de semilla de cinco especies forestales. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 170 p.



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

7a avenida 12-90, zona 13

Teléfono: 2321-4600

www.inab.gob.gt



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

