



Instituto Nacional de Bosques Guatemala

Sanjuán

Vochysia guatemalensis

PAQUETE TECNOLÓGICO FORESTAL

GUATEMALA, 2017

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

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

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

Coordinador del Proyecto OIMT-INAB “ <i>Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala</i> ”	Rafael Ávila Santa Cruz
Coordinador técnico para la elaboración de los paquetes tecnológicos forestales	José Luis Gómez, consultor
Con la contribución de las/los profesionales siguientes:	
Síntesis final del PTF TABEDO	Daniel Marmillod
Análisis de la información bibliográfica TABEDO	Favio Rodríguez Castro
Análisis de la información dasométrica TABEDO	Lusvi Hurtado Domingo
Elaboración del mapa de distribución potencial TABEDO	Lusvi Hurtado Domingo
Identificación y descripción de documentos de interés	Sandy Mendoza Montejo, Lusvi Hurtado Domingo, Daniel Marmillod, Herson Sagüi Alva, Favio Rodríguez Castro, Rómulo Ramírez González

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

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Bosques. 2017. Palo blanco *Vochysia guatemalensis*; paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB.

Introducción

Nombre científico y notas taxonómicas

Vochysia guatemalensis Donn. Sm., Bot. Gaz. (Crawfordsville) 12: 131, t. 23. 1887.

SINÓNIMOS: *Vochya guatemalensis* (Donn. Sm.) Standl.; *Vochysia hondurensis* Sprague; *Vochya hondurensis* (Sprague) Standl.

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 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

Estriguloso, sa: ligeramente estrigoso

Estrigoso: cubierto de pelos rígidos, ásperos y de base ensanchada.

Pubescente: Cubierto de pelos finos y suaves. Dícese de cualquier órgano vegetal cubierto de pelo fino y suave.

PORTE DEL ÁRBOL. Árbol grande, de hasta 40 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 tablares. Copa estratificada, con ramas angulares y ramitas ligeramente estrigosas a glabras, frecuentemente anguladas a ligeramente acostilladas; de follaje verde y brillante; copa densa, redondeada o deprimida.

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.

La primera floración ocurre 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..

La maduración de los frutos es entre agosto y octubre,

Diagnóstico

Se reconoce fácilmente por sus ramitas surcadas o anguladas y las hojas simples dispuestas en forma verticilada, en ocasiones 3 por nudo, cuando secas se tornan amarillentas o pardo-amarillentas y lustrosas. Los tallos con la corteza grisácea blanquecina y ligeramente escamosa-papirácea.

FRUTOS. Cápsulas 4-5 cm de largo y 1.5-2 cm de ancho; sin embargo hablan de cápsulas de hasta 7 cm de largo y 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. La maduración de los frutos es entre agosto y octubre, y 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.

SEMILLAS. Tres por cápsula. Según se trata de semillas Samaroides, de 2.5- 3 cm de largo, con tricomas dispersos aplicados. hablan de semillas alargadas y planas, de hasta 7 cm de largo (promedio 4,5 cm), aunque su tamaño varía entre poblaciones y entre árboles. Esta semilla tiene un ala unilateral, con numerosos pelos insertados sobre la cabeza de la semilla y con cotiledones en su mayoría enroscados.

Distribución geográfica de la especie

Se encuentra

en bosque semi-caducifolia, húmedo a lluviosos, desde altitudes bajas a altas desde el nivel del mar hasta los 900 msnm, con temperaturas entre 23 y 27 °C y precipitaciones anuales de 1600 a 3200 mm, con una estación seca de cuatro meses.

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 lluviosos, húmedos y semidecíduos, desde el nivel del mar hasta los 1000 (1200) msnm.

Esta especie se distribuye desde el golfo de México hasta Panamá —hasta Colombia (20°N a 5°N) según en el bosque húmedo tropical y muy húmedo tropical (Holdridge 1987). Altitudinalmente, se encuentra entre los 0 y 1000 metros sobre el nivel del mar; en sitios con precipitación anual entre 3000 y 5000 mm y una temperatura promedio anual de 24-30°C sin embargo, refieren una precipitación anual entre 1600 a 3200 mm, con una estación seca de cuatro meses.

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 ocurrir naturalmente en mezclas con *Vochysia ferruginea* y *V. allenii*.

En Guatemala, *Vochysia guatemalensis* ocurre 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 lo 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.

Según Cruz zonas_vida es especie indicadora de la zona de vida del bosque muy húmedo subtropical cálido.

Las especies arbóreas mayores de 20 cm. de DAP de mayor dominancia ecológica y abundancia son las siguientes en su orden: Tamarindo silvestre (*Dialium guianensis*), siete camisas (*Ledembergia macrantha*), Sangre (*Virola koschnyi*), San Juan (*Vochysia guatemalensis*), Santa María (*Calophyllum brasiliense*) y Canxán (*Terminalia amazonia*). Las especies caoba y rosúl, ubicados en los órdenes de importancia 15 y 16 respectivamente, no tienen abundancia ni dominancia ecológica en este rango de medición. Las especies arbóreas comprendidas de 4 a 20 cm. de DAP de mayor

importancia ecológica y dominancia son las siguientes: Tamarindo silvestre (*Dialium guianensis*), Siete camisas (*Ledenbergia macrantha*), Chichique (*Aspidosperma cruentum*), Medallo (*Vatairea lundellii*), Pit (*Cupania* sp.) y San Juan (*Vochysia guatemalensis*). Santa María (*Callophyllum brasiliense*) está situada en el número de orden 9, rosúl en el número 14 y caoba no se encontró ningún espécimen en este rango de medición. La regeneración mayoritaria (especies arbóreas menores de 4 cm. de diámetro) la constituyen las siguientes especies: Santa María (*Callophyllum brasiliense*), Medallo (*Vatairea lundellii*), ramón (*Brosimun* sp.), San Juan (*Vochysia guatemalensis*), tamarindo silvestre (*Dialium guianensis*), canxán (*Terminalia amazonia*) y caoba (*Swietenia macrophylla*). Sangre está ubicado en el número de orden 8 y rosúl en el número 15.

No	Especies	Densidad Ind./ha	Área Basal /Ha	Frecuencia	Densidad relativa	Área Basal relativa	Frecuencia relativa	Valor de Importancia	No. de Orden
11	San Juan (<i>Vochysia guatemalensis</i>)	2.3	0.3012	37.5	7.21003	5.8363	8.28729	21.3336	4

En los bosques del Parque Nacional Laguna Lachuá, *Vochysia guatemalensis* muestra una abundancia de 2.3 individuos ≥ 20 cm dap/ha. Presenta un IVI 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 *Callophyllum brasiliense* y *Terminalia amazonia*. En estos bosques, el sanjuán está presente en todos los estratos verticales del rodal.

Lugares de introducción. En zonas lluviosas de Costa Rica hay numerosas plantaciones comerciales de esta especie debido a su buena forma y crecimiento rápido.

Aptitud forestal – agroforestal

Basado en Cordero y Boshier 2003, Solís y Moya 2003

El sanjuán es una especie del bosque natural utilizada por su madera.

Por su aptitud en colonizar muy rápidamente terrenos agrícolas abandonados, donde forma pequeños rodales casi puros, ofrece opciones realistas de manejo de regeneración natural del bosque natural, sin los costos de establecimiento para plantaciones.

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

La especie 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 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.

Usos

Basado en Cordero y Boshier 2003, López 2008, Andrino et al. 1992

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. Es fácil de trabajar, suave y de baja densidad (0.34-0.47 g/cm³ secado al aire). Presenta defectos de secado. La madera clasifica como semipreciosa en Guatemala, liviana pero fuerte.

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. Las hojas secas y molidas se utilizan como fijador para tintas naturales en fibras naturales (p.e. algodón).

Madera semi-preciosa utilizada en construcción de casas rurales y carpintería. Mas o menos fácil de trabajar. La madera liviana pero fuerte se utiliza en carpintería, construcciones rurales y livianas, interiores, formaletas, postes, postes de construcción, cajas, cajones, contrachapado, mangos para herramientas, juguetes, artesanía y muebles.

La madera liviana pero fuerte se utiliza en carpintería, construcciones rurales y livianas, interiores, formaletas, postes, postes de construcción, cajas, cajones, contrachapado, mangos para herramientas, juguetes, artesanía y muebles.

Importancia de la especie en el país

En Guatemala, el área de sanjuán plantada con incentivos hasta finales del año 2015 sumaba aproximadamente 960 ha, lo que ubica la especie según Cojóm (en prensa), en el lugar 19 en cuanto a preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación. Se siembra 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* (unos 220 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 sembrada corresponde a plantaciones puras, la gran mayoría de los sembríos de sanjuán se establecieron como mixtas. En Guatemala, la especie no está integrada en sistemas agroforestales, pero existen parches en terrenos agrícolas abandonados donde se maneja su regeneración natural.

En total hasta finales del 2015, se beneficiaron unos 280 proyectos, con una inversión estatal de 11 millones de quetzal, que generaron un poco menos de 180 mil jornales de trabajo (PINFOR y PINPEP juntos).

Es interesante anotar que durante los últimos 10 años se mantuvo una instalación anual promedio de 40 ha de sanjuán: el valor de la madera pudiera ser un incentivo que explicara la constancia en la preferencia por esta especie. 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 poco uso tradicional de la especie.

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, Brito 2009).

Según la base de datos del PINFOR, al 2015? en Guatemala había 923,29 ha de plantaciones con *V. guatemalensis*; estas permitieron generar casi 170 mil jornales por un monto superior a los 10 millones de quetzales. REFERENCIA??

Presente en los departamentos de la faja transversal del norte, no tiene sin embargo nombre en idioma maya, lo que indica poco uso de la especie.

Es una especie con un mercado potencialmente desarrollado, según [FAO doctra92 04](#).

La especie se ubica dentro del grupo de las semipreciosas, con mercado potencialmente desarrollado: aceptada para ciertos usos, se vende solo a usuarios específicos y a precios menores que las preciosas.

Estado de protección legal de la especie en el país

La especie no se encuentra ni en los listados de especies protegidas por el CONAP, ni en los del CITES (CONAP LEA 09).

Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en Cordero y Boshier 2003, Silvestre 2010, Castañeda 2013, Cruz 1982, Solís y Moya 2003, COSEFORMA 2001

Clima y Suelo en condiciones naturales	
Pluviometría	2000-5000 mm
Estación seca	0-3 meses
Altitud	0-1200 msnm
T max media mes más calido	23-38 °C
T min. media mes más frío	8-10 °C
T media anual	12-35 °C / 23 y 27 °C Salazar / 24-30 Flores, E.
Suelos	Aluvial, arenoso, arcilloso, y ácido con altas concentraciones de bauxita y hierro
Textura	Media
pH	Ácido
Drenaje	Libre
¿Dónde crece mejor?	Aunque ocurre en zonas altas (hasta 1200m), su mejor crecimiento está en sitios bajos, tipo bosque lluvioso a bosque lluvioso premontano (2500-5000 mm de lluvia por año), sin una época seca prolongada. Crece bien cerca de ríos y en suelos aluviales o arenosos en áreas. También crece en suelos ácidos con una alta concentración de hierro y bauxita (ultisoles), debido a su capacidad a acumular aluminio.

Su crecimiento en lomas es aceptable, al igual que en áreas planas, aluviales pero bien drenados. Crece bien cerca de ríos y en suelos aluviales o arenosos, así como en suelos degradados, ácidos, con alta concentración de hierro y bauxita (ultisoles), debido a su capacidad de acumular aluminio. Necesita suelos de medianamente profundos a profundos, de texturas limo-arenosas, con pH entre 5.5 y 6 (Arias 1992 citado por Solís y Moya 2003).

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.

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.

PENDIENTE DEL TERRENO.

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. Tiene una alta capacidad de concentrar aluminio en las hojas. En Costa Rica, se ha observado que la especie se desarrolla bien también en suelos degradados, caracterizados por pH ácido con alta proporción de hierro y bauxita (ultisoles), textura limosa a arcillosa y fertilidad de media a baja.

Ante todo, el sanjuán necesita para un buen desarrollo suelos 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 y la capacidad de intercambio catiónico efectiva), y las relaciones entre ellos (Ca/K y (Ca + Mg)/K) constituyen otros factores influyentes 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.

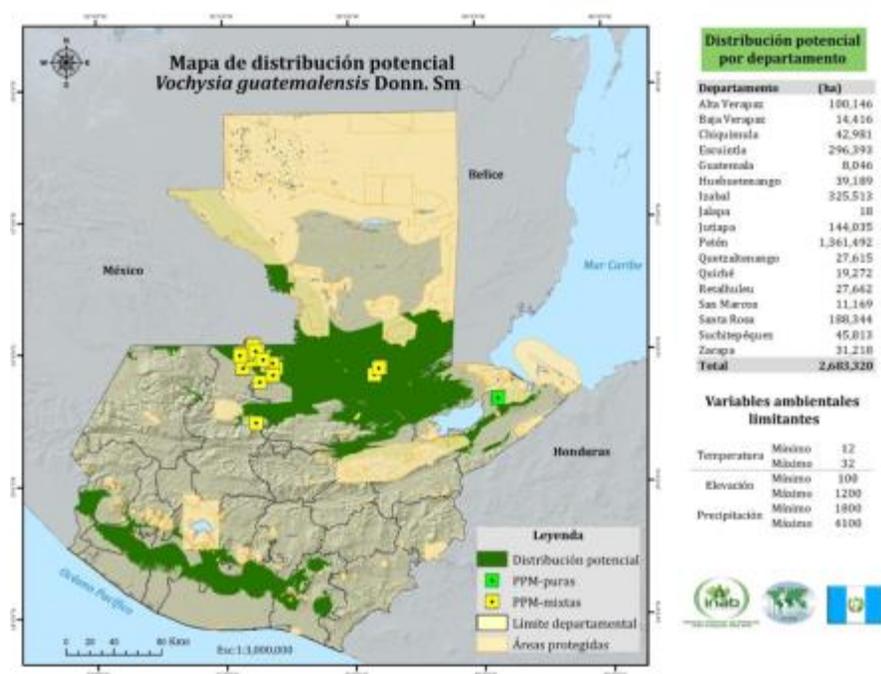
FACTORES LIMITANTES. No tolera suelos saturados por periodos prolongados, ni tampoco épocas secas prolongadas.

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 siguiente mapa de la distribución potencial del sanjuán, a partir de información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica (Standley y Steyermark 1949, Cordero y Boshier 2003, INAB 1999), y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía

nacional (Cojóm en prensa, Hurtado 2016¹). Este mapa no toma en consideración la variable suelo, por lo que es todavía preliminar.

Mapa de distribución potencial de *Vochysia guatemalensis* en Guatemala, y localización de las parcelas permanentes de monitoreo



Distribución potencial por departamento

Departamento	(ha)
Alta Verapaz	100,146
Baja Verapaz	14,416
Chiquimula	42,981
Escuintla	296,393
Guatemala	8,046
Huehuetenango	39,189
Izabal	325,513

¹ Hurtado Domingo L. 2016. Proceso de elaboración de los mapas de distribución potencial de las especies prioritarias (correspondencia personal). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, departamento de Investigación forestal.

Jalapa	18
Jutiapa	144,035
Petén	1,361,492
Quetzaltenango	27,615
Quiché	19,272
Retalhuleu	27,662
San Marcos	11,169
Santa Rosa	188,344
Suchitepéquez	45,813
Zacapa	31,218
Total	2,683,320

El mapa muestra además la ubicación de las parcelas permanentes de medición (PPM) 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 (11‰), seguido por Alta Verapaz (4‰), mientras que Petén no tiene ningún interés real en el sanjuán, a pesar de presentar el mayor área potencial (solamente 62 ha sembradas, para un potencial de 1,361,492 ha).

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 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 modelo de productividad presentó un coeficiente de determinación de 0.22, con la participación de una sola variable:

T= temperatura promedio 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

Basado en Silvestre 2010, Solís y Moya 2003, COSEFORMA 2001

En ensayos preliminares desarrollados en La Selva, Costa Rica por la Organización para Estudios Tropicales, se encontró que la especie se comporta igual, tanto en suelos aluviales (llanos) como en suelos residuales (lomas) (**Salazar etal CATIE**). En la Franja Transversal Norte de Guatemala, se ha demostrado el buen desarrollo de la especie en altitudes entre 175 y 210 msnm, en terrenos sin problemas de inundación, drenaje libre, fuertemente ácidos (4.40 a 5.30) y con exposición noreste o sureste; temperatura media de 25°C y precipitación anual entre 3000 y 4300 mm (**Silvestre tesis lic URL**).

Con base en lo anterior, se puede considerar que las diferencias en crecimiento y productividad de la especie, según los diferentes sitios de plantación, no obedecen a condiciones de fertilidad de suelo y sitio exclusivamente. El manejo y mantenimiento de las plantaciones, sobre todo en los primeros años, juega un papel muy importante y determinante en muchas ocasiones, del comportamiento particular de la especie.

SELECCIÓN DEL SITIO DE PLANTACIÓN: Esta especie se adapta a una amplia gama de sitios. Sin embargo, deben ser compatibles los parámetros ambientales y de suelos existentes en el lugar donde se quiere plantar la especie, con los requeridos por la especie. Estando dentro del margen de sitios definidos en el capítulo anterior, 12 la especie puede plantarse. No olvidarse que la especie no tolera sitios inundados por períodos prolongados. 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.

Se encontró que *V. guatemalensis* desarrolla mejor altitudes entre 175 y 210 msnm, en terrenos que no presentaron problemas de inundación, drenaje libre, con orientación noreste o sureste, temperaturas medias entre 24.75 y 25.10 °C, precipitación anual entre 3,000 a 4,300 milímetros. Los suelos deben tener pH fuertemente ácidos entre 4.40 a 5.30, con calcio entre 0 y 18 Cmol/l, magnesio 0.10 a 2.00 Cmol/l, potasio entre 0.08 a 0.23 Cmol/l, y relaciones catiónicas como Ca/K que pueden estar entre 5.00 hasta 165.00. Los resultados encontrados constituyen parámetros para determinar si un sitio es apto para el desarrollo de la especie y para la toma de decisión en pro de una inversión rentable. Para contar con ecuaciones que predigan el crecimiento y productividad aún se debe efectuar estudios más reducidos

Para elegir sitios con potencial de crecimiento y/o productividad alta, se debe combinar las variables que influyen más en el crecimiento y productividad de *Vochysia guatemalensis* Donnell-Smithii, priorizando aquellas variables que no se pueden modificar como la elevación, la posición topográfica, la precipitación y temperatura. Luego, se priorizan aquellas variables que puedan 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. La fertilidad de los suelos es un aspecto que bien puede complementarse para esta especie, pero se debe investigar y profundizar más al respecto, ya que hasta el momento, se carece de investigación referente a este tema y para esta especie.

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 la Franja Transversal del Norte, el sanjuán mejor desarrolla 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 a condiciones de suelo y sitio exclusivamente. El manejo y mantenimiento de las plantaciones, sobre todo en los primeros años, juega un papel muy importante y determinante del comportamiento particular de la especie.

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 recibió un raleo silvicultural del 20% a los 5 años de edad, 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 del ensayo, para identificar materiales promisorios y definir acciones para su conservación y aprovechamiento. Dan en su documento una descripción detallada del historial de la parcela, del diseño experimental incluido 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 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 procedencia, sino que es posible encontrar buenos representantes en casi todas las procedencias. 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

Se seleccionaron y marcaron como árboles semilleros 57 especímenes de Santa María y 21 de Caoba, 38 de San Juan, 43 de sangre y 20 de rosúl.

La identificación y localización de árboles semilleros en el campo es fácil por las hojas brillantes y flores de color amarillo intenso. Algunas de las plantaciones con 5 a 6 años de edad han iniciado la producción de frutos.

Hernández (2004) informa que en la aldea Tenedores, municipio de Morales, departamento de Izabal existe una fuente semillera de sanjuán manejada por el Bansefor. La recolecta de semillas en ese sitio se da del 15 al 30 de septiembre.

Otra fuente de semilla se encuentra en Chisec, Alta Verapaz (Ramírez 2012).

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

Las fuentes semilleras del sanjuán inscritas en el Registro Nacional Forestal² (declarado como *Vochysia guatemalensis*) son las siguientes:

registro	departamento	municipio	finca	bosque	área
----------	--------------	-----------	-------	--------	------

² consultado el 27 de octubre 2014

						[ha]
FS-1108	Alta Verapaz	Cobán	Parque Laguna Lachua	Nacional	natural	15
FS-1136	Izabal	Puerto Barrios	Amatique Bay		natural	1

A la fecha de consulta, las dos fuentes eran activas.

Además, el BANSEFOR maneja una fuente semillera de sanjuán en la aldea Tenedores, municipio de Morales, departamento de Izabal.

En el Parque Nacional Laguna Lachua, Castañeda y Cabrera (2006) seleccionaron, marcaron y georeferenciaron 38 árboles de sanjuán como árboles semilleros, que midieron y observaron para describir el calendario fenológico de la especie.

Semilla

Descripción

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

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 7000 a 8000 semillas en condición seca (8% a 10% de humedad). Sin embargo, en condición fresca, COSEFORMA (2001) reporta 4,225 a 10,303 semillas (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 de sanjuán (Entre Ríos Izabal y Fray Bartolomé de las Casas).

Análisis de pureza física

En San Juan se obtuvo en promedio un porcentaje de 96.44, 3.56% de materia inerte, en un kilogramo de semilla de San Juan encontramos 11,388 semillas puras y 11,808 semillas con impurezas.

Especie	Componente	% Pureza Física	No. Semillas puras / kg.	No. semillas puras + impurezas / kg.
San Juan	Semilla pura	96.44	11,388	11,808
	Materia inerte	3.56		

Análisis del contenido de humedad en la semilla

Para Santa María un porcentaje de 27.13, Sangre 21.23%, San Juan 33.86%. Los valores encontrados de estas tres especies aunque están dentro de los rangos permisibles no se pueden almacenar, debido a que son semillas de características recalcitrantes.

Especie	Característica	% Humedad
San Juan	Recalcitrante	33.86

Análisis de viabilidad

Para San Juan se encontró un porcentaje de germinación en promedio de 83. Con base a los análisis de viabilidad esta especie se considera con un valor aceptable. Las plantulas iniciaron su germinación a los 21 días de establecida la prueba y finalizaron a los 30 días. En un kilogramo de semilla de San Juan encontramos 9,452 semillas viables.

Especie	% GerminaciOn	No. semillas viables / Kg.
San Juan	83	9,452

n Para San Juan:

Pureza física: 96.44%

Semillas puras por kilogramo: 11,388

Viabilidad por germinación: 83%

Semillas viables por kilogramo: 9,452

Contenido de humedad: 33.86%

Para semilla de San Juan se reportan los siguientes datos: 96.44 % de pureza física, 11,388 semillas puras por kilogramo, 83 % de viabilidad por germinación, 9,452 semillas viables por kilogramo y 33.86 % de contenido de humedad.

Semillas: son alargadas y planas, de hasta 7 cm de largo (promedio 4,5 cm), aunque su tamaño varía entre poblaciones y entre árboles. Esta semilla tiene alas unilaterales, con numerosos pelos insertados sobre la cabeza de la semilla y con cotiledones en su mayoría enroscados.

Calidad física: Cada kilogramo contiene de 3500 a 4800 semillas, en condición fresca (45% a 55% de humedad) ó 7000 a 8000 semillas en condición seca (8% a 10% de humedad). Presenta un porcentaje de pureza de 98%.

Pureza física y viabilidad en laboratorio

Según análisis del BANSEFOR se tienen de 6,000 a 7,000 semillas por kilogramo, con porcentaje de germinación del 80 % y pureza del 85 %.

Germinación: La semilla, color café, se pone a germinar fresca, ya que si no es manejada adecuadamente pierde rápidamente la viabilidad. En condición fresca, recién recolectadas, se obtiene un porcentaje de germinación del 100%, el cual se completa en menos de un mes. La germinación es epigea, tarda de 10 a 30 días para concluir; también pueden sembrarse directamente en bolsas.

Recolecta

Tiene la característica de producir flores perfectas, de color amarillo, la floración es irregular, habiendo diferencia en la época de floración entre árboles de la misma zona. Se

defolia en el mes de Noviembre y Diciembre y en los mismos meses se observan hojas nuevas, simultáneamente. Produce flores anualmente, e inicia la floración a principios de Mayo, finalizando los últimos días de Junio. La producción de frutos es anual e inicia en Junio.

Alcanza la maduración de sus frutos de Agosto a Septiembre. El período de colecta ideal es a finales de Septiembre, La dispersión total de la semilla se da en Octubre, y se realiza por medio del viento, dispersando las semillas hasta 150 metros del árbol semillero.

Esta especie posee un problema con alguna plaga aún no identificada, tiene la característica de que corta las ramillas de hojas con frutos inmaduros (cápsulas), se pudo observar debajo de todos los árboles seleccionados grandes cantidades de ramillas cortadas de la misma forma, este problema evita que estos frutos dañados no lleguen a su etapa de madurez final, lo cual disminuye la cantidad de frutos a recolectar.

Cuadro 4. Calendario fenológico 2006, Parque Nacional Laguna Lachuá.

etapas de desarrollo	especies					
	caoba (O)	santa maria (R)	sangre (R)	san juan (R)	rosul (li)	
hojas	defoliación	principios de marzo	principios de mayo		noviembre-diciembre	finales mayo
	inicio	finales de marzo	principios de junio		noviembre-diciembre	finales mayo
floración	inicio	finales de abril	finales de junio	marzo-abril	principios mayo	mayo - junio
	finalización	finales de mayo	finales de julio	abril-mayo	finales junio	finales junio
fructificación	inicio	principios de junio	principios de agosto	principios mayo	junio	principios julio
	maduración	diciembre-enero	noviembre-febrero	finales junio	agosto-septiembre	octubre
	colecta	febrero-marzo	diciembre-febrero	junio-julio	finales septiembre	diciembre
semillación	dispersión	marzo-abril	marzo-abril	finales julio	octubre	principios enero
	agente de dispersión de la semilla	viento	principalmente murciélagos, roedores y loros	animales silvestres	viento	animales silvestres

ortodoxa: (O)

recalcitrante: (R)

intermedia: (I)

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN (EN GUATEMALA). Para la la ecoregión Lachua, la floración inicia a principios de mayo, y la fructificación dos meses después (Castañeda y Cabrera 2006, Teni 2007), 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).

Varios estudios desarrollados en Costa Rica y citados por dan cuenta de periodos de fructificación entre septiembre y octubre en la zona norte y caribe del país (ACEN 1992, Coseforma 2001).

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 en 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.

La producción de semillas puede variar fuertemente de un árbol a otro en el tiempo, por lo que puede verse necesario visitas repetidas a una misma fuente semillera hasta lograr recoger la cantidad necesaria de semillas.

Por otro lado, la depredación de los frutos inmaduros por pericos y loras puede causar la pérdida completa de la cosecha de muchos árboles.

El punto óptimo de cosecha se alcanza cuando cambia la coloración de los frutos de verde a café, pierden brillo y se oscurece la sutura en los vértices de la cápsula que origina su apertura (Coseforma 2001). Hernández (2004) menciona que es recomendable colectar semilla de 25 a 30 árboles. Antes de la colecta se deben seleccionar y marcar los mejores árboles (fuste recto, sin bifurcaciones, sin hilo en espiral, libre de plagas y enfermedades, maduros). Cuando algunos frutos dispersos en el árbol empiezan a abrirse es indicador de madurez.

PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN.

Debido a que los frutos maduros se abren en el árbol, es necesario escalar los árboles para cosechar los frutos antes que dispersen sus semillas. Además, no se deben recolectar los frutos, ni las semillas del suelo, pues son vulnerables al ataque por hongos que reducen el porcentaje de germinación.

Se recolectan los frutos directamente del árbol cuando están de color verde amarillentos o cafesucos, 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. Para recoger los frutos se colocará plástico debajo del árbol; las ramillas cortadas se sacuden fuertemente dentro del plástico para desprender los frutos, los cuales se depositan en sacos de yute para el transporte.

No se deben recolectar los frutos, ni las semillas del suelo, pues son vulnerables al ataque por hongos que reducen el porcentaje de germinación. La maduración de los frutos es secuencial, y así es necesario visitas repetidas para recoger cantidades adecuadas de cada árbol.

Según Hernández (2004), para la cosecha de las cápsulas se utiliza una vara de extensión y cuchilla tipo S pues los frutos se desprenden fácilmente del pedúnculo con movimientos de halar, empujar o sacudir. Para recoger los frutos se colocará plástico debajo del árbol; las ramillas cortadas se sacuden fuertemente dentro del plástico para desprender los frutos, los cuales se depositan en sacos de yute para el transporte. Un escalador experimentado puede cosechar un saco de frutos por día (unos 26 kg) con el apoyo de otra persona.

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.

3500-4800 semillas/kg en condición fresca y 7000-8000 semillas/kg en condición seca.

Acondicionamiento

La depredación de los frutos inmaduros por pericos y loras puede causar la pérdida completa de los frutos de muchos árboles.

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. Es esencial mantener las cajas o lonas bajo sombra y con buena ventilación, ya que no es conveniente asolear los frutos, pues las semillas pierden muy rápido su poder germinativo.

Siempre se deben mantener bajo sombra y con buena ventilación durante 2-4 días hasta que la cápsula se abra.

Después de la recolección, los frutos son expuestos al aire en zarandas ó cribas sin exponerlos al sol, para permitir la apertura de los mismos y luego extraer las semillas manualmente. Cuando el punto de maduración es óptimo, los frutos abren fácilmente, y la simple remoción de las zarandas 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. Las semillas contienen en promedio un 5% de impurezas, entre ellas semillas rudimentarias y alas.

No es conveniente asolear los frutos y las semillas, pues pierden muy rápido su poder germinativo.

SECADO DE LA FRUTA.

Se mantienen las cajas o lonas bajo sombra y con buena ventilación durante 1-4 días hasta que las cápsulas se abran.

El clima cálido es ideal para el secado y apertura 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.

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 (CATIE 1997 citado por Hernández 2004).

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

EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA.

Al abrirse los frutos, se saca 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 un clima cálido. Pero en condiciones adversas de clima (por ejemplo Ciudad Guatemala), más frutos se quedan cerrados y deshidratados, llegándose a perder un 53 % del total transportado.

Las semillas contienen en promedio un 5% 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.

Para asegurar un alto porcentaje de germinación es recomendable plantar lo más pronto posible. Un kilogramo de fruto fresco, maduro, libre de impurezas rinde hasta 0.1 kg de semilla.

SECADO DE LA SEMILLA.

Normalmente, la semilla de sanjuán no debe someterse a secado.

Müller y Rodríguez (1996) y Rodríguez (1997) 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 siguiente.

En condiciones naturales, las semillas de esta especie pierden rápidamente la viabilidad durante el primer mes de almacenamiento. Sin embargo, pueden ser secadas hasta un contenido de humedad del 5%, y son incluso resistentes a temperaturas de

almacenamiento inferiores a 0°C. Después de seis meses de almacenaje, a un contenido de humedad del 5%, pueden mantener un alto porcentaje de viabilidad presentando un 80-90% de germinación; incluso en temperaturas de 4°C.

En la actualidad, la mejor opción para mantener las semillas de esta especie, 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%. 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.

En condiciones naturales, las semillas mantienen la viabilidad por aproximadamente seis semanas. A pesar del alto contenido de humedad de las semillas frescas (44%), es posible secarlas a un 5% y almacenarlas por seis meses a 15° C, obteniendo un porcentaje de germinación de un 50%. Este comportamiento no concuerda con experiencias anteriores, que las semillas de alto contenido de humedad tienden a ser recalcitrantes. Además, la especie difiere de *Vochysia ferruginea* en que las semillas presentan menos problemas de almacenamiento; a pesar de ser más grandes y tener un contenido de humedad más alto. Por falta de disponibilidad de semilla, no ha sido posible almacenar semilla por más de seis meses, o a temperaturas más bajas.

Para el cebo (*V. guatemalensis*), la germinación se inicia a los 5 días y el Valor pico se presenta a los 10 días, la germinación completa aproximadamente a los 16 días con un porcentaje de germinación alrededor del 100% en semilla fresca. Semillas de cebo almacenadas en recipientes abiertos con contenidos de humedad de 5% y a una temperatura de 15°C, mantienen su viabilidad por un período mayor a cuatro meses con un 85% de germinación (Müller, 1997). Para esta especie, las variaciones encontradas en el comportamiento individual de los árboles fue bastante significativa, obteniéndose por ejemplo germinaciones superiores al 90% en semilla secada hasta 5% C.H. y almacenada por 12 meses a 4°C. Otros ejemplos relevantes son la obtención de la totalidad de la germinación (100%), en semilla secada al 5%y 10% C.H. y almacenada por 9 meses a 4°C, 10°Cy 15°C.

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 por kilogramo, con un promedio de 177.

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.

El tamaño y peso de las semillas es muy variable entre árboles individuales. Este aspecto está determinado por el peso de los frutos, el cual varía entre unos 98 a 506 frutos por kilogramo. Asimismo, el número de semillas por kilogramo, presenta variaciones entre 4225 a 10303 semillas y un promedio de aproximadamente 7130 semillas.

Hay aproximadamente 1 kg de semilla por árbol, con 3500- 4800 semillas frescas por kilo en condición fresca (45% a 55% de humedad) o 7000 a 8000 semillas en condición seca (8% a 10% de humedad).

Conservación y viabilidad

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.

La semilla es difícil de almacenar por periodos largos. Puede ser almacenada hasta por cuatro meses en bolsas de papel, con un contenido de humedad del 30% y una temperatura de 24-28°C. También es posible secarla a la sombra para reducir la humedad al 10% y almacenarla a una temperatura de 3°C hasta por seis meses. Se recomienda almacenarla en forma dispersa, en un lugar húmedo, poco aireado y aplicando pequeñas cantidades de agua de vez en cuando.

La producción de semillas de Cebo ocurre entre agosto - setiembre y la producción en vivero debería iniciarse entre enero y febrero. Esto permite una mejor planificación de la producción en vivero.

A corto plazo:

Cuando existe un desfase entre la producción de semillas de algunas especies y la producción en vivero

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.

La germinación de *Vochysia guatemalensis* es epigea. En condiciones de laboratorio, sobre un sustrato de arena esterilizada, se inicia entre el cuarto o quinto día después de la siembra y completa a los 16 días con un porcentaje de germinación promedio de 92% para semilla fresca.

Producción de plantas

Métodos de propagación...

El sanjuán puede reproducirse por semilla y por propagación vegetativa.

...sexual

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 ecoregión Lachuá, 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%.

Las semillas germinan bien en arena fina lavada. Se pueden colocar en forma horizontal en surcos o vertical con el ala de la semilla enterrada. Se recomienda el trasplante a las bolsas, diez días después de la germinación. Esta especie requiere de sombra ligera por unos diez días una vez colocados en las bolsas. Los arbolitos están listos para su plantación definitiva cuando alcancen 30 cm de altura, en cuatro o seis meses.

Se requieren 48 lb de semilla de sanjuán para producir 100.000 plántulas.

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.

Existen experiencias en Sarapiquí (región Caribe de Costa Rica) con plántulas recolectadas en el campo y trasplantadas en bolsas. Antes de la recolecta, hay que evaluar los posibles árboles padres para garantizarnos 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 (ACEN 1992).

PSEUDOESTACAS.

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

...asexual

ESTACAS. Se puede propagar fácilmente por enraizamiento de estacas suculentas.

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 suculentas³ 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 (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.

Los mejores porcentajes de enraizamiento se lograron sin aplicación hormonal, aunque dosis crecientes de AIB desde 0,1% hasta 0,8% redujeron el tiempo de iniciación de raíces y mejoraron la calidad del sistema radical formado.

INJERTOS.

Aunque hay poca experiencia en injertación de *Vochysia*, algunos trabajos en el CATIE 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

³ rebrotes de setos manejados

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 rametos necesarios para el huerto, además de que no existe mucha experiencia sobre el mejor estado fenológico del material para injertación en esta especie.

PROPAGACIÓN IN VITRO.

Sustratos en vivero

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

CAJAS GERMINADORAS.

Arena fina lavada / mezcla de tierra desinfectada con arena

BOLSAS Y CAMAS DE VIVERO.

El sanjuán no requiere un sustrato mejorado en el vivero. Según Román et al. (2012), las plántulas requieren la inoculación de suelo de bosque en su sistema de raíces.

Así como sombra durante su desarrollo inicial (Román et al. 2012).

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 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.

El San Juan es una especie emergente en el bosque natural, en donde se le puede encontrar como individuo solitario o en pequeños grupos. Generalmente regenera en claros medianos o grandes causados por la caída de árboles. También coloniza claros mayores causados por deslizamientos de tierra o abandono de campos agrícolas o pastizales. En estos sitios forma pequeños rodales puros, frecuentemente menores de tres hectáreas.

Árboles dispersos en potreros o reductos de bosque a orillas de fuentes de agua; además existen bosquetes casi puros que ha formado la especie en potreros y áreas de regeneración natural.

El sanjuán se adapta bien a una amplia gama de sitios. Es una especie heliófita de rápido crecimiento del bosque húmedo y muy húmedo tropical.

Una de las características más importantes de la especie es que crece bien en suelos infértiles y ácidos, con alta saturación de aluminio.

COMPORTAMIENTO RADICULAR. Las plántulas desarrollan una raíz pivotante profunda.

Instalación

Basado en Solís y Moya 2003, Coseforma 2001

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, rodajear y hacer los hoyos con pala angosta, palín o barreno.

Si se hace la rodaja 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!

DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA. Por lo general, *Vochysia guatemalensis* se establece a 3x3 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 4x4 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. Por esto, 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 densidad 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 explosivo de la especie, y por lo tanto la necesidad de una primera intervención de raleo al año de instalación de la plantación, esta densidad inicial muy alta no parece presentar ventajas económicas.

MEZCLA CON OTRAS ESPECIES. A pesar 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.

Pudiera mejorarse con información de las PPM mixtas.

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; también es conveniente cuando los análisis de suelo indiquen una deficiencia severa de algunos de los elementos esenciales para el desarrollo del árbol.

Algunos técnicos recomiendan una fertilización al momento del establecimiento de la plantación, pero aún no existe información validada acerca del efecto de esta práctica en los árboles de sanjuán.

El porcentaje promedio de sobrevivencia del material producido en bolsa, supera el 90 %. La fertilización inicial con fórmula completa solo se recomienda en aquellos sitios muy degradados y pesados con el objetivo de homogeneizar el crecimiento, o bien cuando los análisis de suelo indiquen una deficiencia severa de algunos de los elementos esenciales para su desarrollo.

Se recomienda la fertilización inicial con fórmula completa en sitios muy degradados y pesados con el objetivo de estabilizar el patrón de crecimiento; también es conveniente cuando los análisis de suelo indiquen una deficiencia severa de algunos de los elementos esenciales para el desarrollo del árbol.

Se debe tener claro que no se tienen datos específicos sobre el efecto de la fertilización en los árboles de esta especie.

Arias (1992) recomienda la fertilización al momento del establecimiento, a razón de 50 g/árbol; Camacho (1995) recomienda 100 g/árbol.

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 sentido estrecho.

Sin embargo, se recomienda en barreras rompevientos en bajuras 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 nutrientes en el suelo.

No es aconsejable el uso de esta especie junto con cultivos intercalados porque su sombra es densa y produce abundante hojarasca. Sin embargo, se recomienda en barreras rompevientos en bajuras y para la recuperación del suelo (enriquece el suelo, especialmente respecto al contenido de bases y materia orgánica) (Cordero y Boshier 2003). Sanjuán se puede establecer en plantaciones puras y en fajas de enriquecimiento en sitios erosionados.

En la actualidad, las principales fuentes de semilla son árboles dispersos en potreros o reductos de bosque a orillas de fuentes de agua; además existen bosquetes casi puros que ha formado la especie en potreros y áreas de regeneración natural.

Para Cebo específicamente no se encontraron ejemplos documentados sobre el uso en sistemas agroforestales. No obstante, esta especie se ha utilizado en combinaciones con pasto-ganado y en algunos lugares de Sarapiquí existen algunos árboles en huertos caseros mixtos.

Silvicultura de plantaciones

Manejo silvicultural de plantaciones

Control inicial 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 (cuchillo, 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. 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 están rodajeando.

El control de malezas sigue siendo un aspecto de preferencias y costos. Se puede utilizar control químico (Gramoxone, Diurón, Round up), de acuerdo con las indicaciones de la etiqueta (por lo general, de 4 a 6 onzas de herbicida por bomba de espalda). También son útiles los controles manuales (cuchillo, 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.

No se ha determinado para esta especie cuál de las opciones es la mejor. El control de malezas

sigue siendo un aspecto de preferencias y costos. Se puede utilizar únicamente control químico (Gramoxone, Diurón, Round up, entre otros) siguiendo las indicaciones de la etiqueta.

Normalmente se utilizan de 4 a 6 onzas de herbicida por bomba de espalda. También se utilizan controles manuales (cuchillo, chapeadora mecánica tirada por tractor agrícola, motoguadaña); o la combinación de ellos. El control de malezas frecuente y oportuno es indispensable durante los primeros dos años de la plantación. Después de este período, tiene que ser oportuno pero no tan frecuente.

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 están rodajeando.

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 están rodajeando (Solís y Moya 2003).

En sitios con fuertes vientos, los árboles pueden sufrir la pérdida de sus copas; este aspecto debe considerarse en el manejo silvicultural. La especie se autopoda en plantaciones cerradas; sin embargo es conveniente podar los mejores árboles para aserrío a una edad joven (cuando alcanzan 2-3 m de altura) con el fin de eliminar ramas gruesas.

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 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 (2-3m 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 ó 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.

Manejo

Durante los dos o tres primeros años de establecida la plantación se deben efectuar chapeas y podas de formación, debido a la forma inicial de crecimiento que es muy similar a la de un arbusto con abundante ramificación. La primera poda debe hacerse aproximadamente a comienzos del segundo año, dependiendo de la calidad del sitio. La altura de poda no debe exceder el 50 % de la altura total que presenta el árbol. Se recomienda revisar periódicamente la plantación para determinar el levante de poda que generalmente se efectúa un año más tarde con el objetivo de evitar que las ramas desarrollen un diámetro mayor a los 5 cm. Para la poda se recomienda utilizar herramientas livianas como serruchos, machetes o tijeras, por tratarse de madera blanda y de esta manera evitar daños severos en la corteza.

Cuando se trata de plantaciones establecidas a menores densidades (816 ó 625 árboles por hectárea), las podas deben efectuarse con más regularidad debido a la cantidad de ramas que desarrolla la especie en estas condiciones.

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. 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 8-9 metros. A mayor densidad de plantación, se requieren raleos más frecuentes.

En cuanto a raleos, por la agresividad del crecimiento inicial se recomienda hacer una primera intervención no inferior al 33% de la densidad inicial de 1111 árboles por hectárea cuando el diámetro promedio sea cercano a los 15 cm y la altura promedio sea de unos 14 metros (generalmente entre 4 y 5 años), con raleas posteriores de 33 % y 50% dependiendo del desarrollo que presenten los árboles. Una vez que existe una alta competencia entre las copas, el crecimiento de las mismas se detiene. Como consecuencia, si el raleo no se efectúa en el momento oportuno, las copas no tendrán recuperación, lo que se traduce en menores incrementos diamétricos.

En el caso de plantaciones establecidas con distanciamientos mayores, las intervenciones silviculturales serán determinadas por el comportamiento que se presente en el sitio, por ejemplo cuando:

- hay evidencia de una disminución excesiva de la cobertura del suelo
- los árboles dominantes y codominantes ya se diferencian claramente
- ya se ha producido el cierre de las copas
- la altura promedio de la plantación está sobre los 8-9 metros.

En densidades menores, los raleos generalmente suelen efectuarse un poco más tarde, dependiendo siempre de las condiciones del sitio donde se ubica la plantación.

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 4 y 5 años). La intensidad en los siguientes raleos oscila entre 33 y 50%, dependiendo del desarrollo de los árboles. Cuando el dosel se cierra, el crecimiento de las copas se detiene, lo que se traduce en menores rendimientos (Coseforma 2001).

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 predio. 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 9 metros. A mayor densidad de plantación, se requieren raleos más frecuentes.

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.

Según Chinchilla y Mora (2002, citado por), esta especie puede tener turnos entre 15 y 25 años, dependiendo del diámetro mínimo aceptado por la industria y los precios de mercado. En Costa Rica, según Coseforma (2001), la especie se cosecha alrededor del año 16, aunque Solís (2001) 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.

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 tres esquemas de tratamiento silvícola en forma preliminar. 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 ó 1 de 2.

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, 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, 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 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.

En su estudio de los productos de raleos de *Vochysia guatemalensis* en función al volumen comercial por clase diamétrica en las plantaciones forestales para especies latifoliadas

En su proyecto de investigación en Lachuá, Alta Verapaz, Fuentes (2013) evaluó un raleo aplicado en seis parcelas establecidas en plantaciones mixtas de sanjuán, caoba y santamaría de 7 a 9 años de edad. La intensidad de raleo fue del 25%. Por tratarse de plantaciones jóvenes con diámetros menores de 25 cm, el producto del raleo se comercializó como leña.

En la ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, el producto de raleos de plantaciones mixtas de *Swietenia macropylla*, *Calophyllum brasiliense* y *V. guatemalensis* a los siete y nueve años de edad se destinó a leña en su totalidad, pues se trata de diámetros menores inaceptables en el mercado maderero.

En los cuadros 7,8 y 9 se puede observar los resultados obtenidos de 6 parcelas de muestreo establecidas en la ecoregión lachua , de las especies de *swietenia macropylla*, *vochysia guatemalensis*, *calophyllum brasiliense* , con edades las plantaciones de 7 a 9 años, aplicándose una intensidad de raleo del 25%, la finalidad de establecer las parcelas fue de obtener información sobre el rendimiento de dichas plantaciones y también que fueran demostrativas para los demás propietarios para que comprendan el beneficio que causa realizar los tratamiento silviculturales a tiempo a las plantaciones aunque el raleo no sea del todo comercial por la falta de mercado para estas especies, y obtener como producto principal solo leña. En los cuadros anteriores se puede apreciar que del volumen comercial obtenido en los raleos aplicados a estas especies el 100% es leña ya que por la edad de las plantaciones los diámetros son menores y por la poca comercialización de los productos los usuarios lo venden como leña, debido que el mercado más inmediato con el que cuentan; según los resultados obtenidos a partir de las clases diametrales de 10 a 25 se considera el producto como trocilla, tal es el caso de las especies de *vochysia guatemalensis* que el total del volumen comercial aprovechado fue de trocilla y

calophyllum brasiliense que obtuvo leña y trocilla estos resultados se cumplirían si los productos se pudieran comercializar para poder clasificarse de acuerdo a la metodología.

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 SIFGUA. 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.

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

Agentes dañinos del sanjuán (*Vochysia guatemalensis*) reportados* en Guatemala

Nombre común	Nombre científico	Tipo de agente dañino	Estructura a atacada	Ataques / peligrosidad	Más información en...
mancha foliar	<i>Pestalotia</i> sp	micro-organismo	follaje	Mancha foliar irregular de color plateado cenizo. Encontrado en Livingston; incidencia del 100% en plantaciones y bosque natural, aunque la severidad no sobrepasa el 25%. Su presencia no afecta al árbol.	Soto 2002
antracnosis o mancha foliar	<i>Sphaeropsis</i> sp	micro-organismo	follaje	Manchas foliares y antracnosis en el haz. Severidad muy baja en Livingston.	Soto 2002

a pesar de estar presente en todas las plantaciones y bosques naturales de Livingston, no se considera una enfermedad, sino que forma parte del complejo biótico del sanjuán, sin consecuencias para el árbol

				caso aislado encontrado de manera fortuita	
grillo	<i>Gryllus assimilis</i>	insecto Orthoptera	plántula	corte del tallo de las plántulas en vivero	Andrino et al. 1992

* 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).

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

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 alta concentración de humedad relativa del ambiente puede favorecer el ataque del hongo *Colletotrichum* sp. a la testa de la semilla, que llevará a la pudrición de esta última (Coseforma 2001).

La especie no es particularmente susceptible a plagas o enfermedades en particular. A nivel de semillas y frutos se debe tener cuidado con la humedad, ya que una alta concentración de humedad relativa puede provocar el ataque del hongo *Colletotrichum* sp que causa podredumbre en los frutos y semillas (Solís y Moya). A nivel de semillas, se ha reportado el ataque de hongos de los géneros *Fusarium* sp y *Phoma* sp (Salazar et al. 2000).

El único patógeno encontrado hasta el momento, el cual afecta frutos y semillas, es *Colleotrichium* sp. Este hongo se evidenció en la testa de semillas, las cuales en su mayoría presentaron podredumbre interna. En condiciones de alta humedad relativa del ambiente en el proceso de presecado, el hongo puede afectar la semilla por fuera; si no se controla la humedad, puede llevar a la pudrición de la semilla. Coseforma 2001

Es conveniente desinfectar los germinadores antes de colocar las semillas; así se evitan plagas comunes como la gallina ciega, hormigas, gusano alambre, nematodos, y enfermedades fungosas como el mal de talluelo. Se recomienda desinfectar con volatón líquido, banrot 490 wp, nemacur 240, o volatón en polvo. Antes del tratamiento se debe regar abundantemente la cama de germinadores.

- Para controlar la gallina ciega y otros insectos que dañan las raíces se recomienda aplicar volatón 50 ec: mezclar 2 a 4 medidas Bayer en 100 litros de agua. El tratamiento se aplica al tablón hasta que se humedezca todo el sustrato, a intervalos de 7-14 días.
- Para prevenir ataques de nematodos se recomienda nemacur 240 cs: aplicar 150 CC en 100 litros de agua. Esta solución se aplica al tablón hasta que penetre a todo el sustrato, antes de la siembra.
- Para prevenir ataques de hongos (mal de talluelo) se recomienda banrot 40 wp: ½ medida Bayer por bomba de mochila. Se aplica en forma de rocío sobre el tablón hasta que el sustrato quede bien mojado en todo su espesor.
- Para prevenir ataques de hormigas y otros insectos que pudieran causar daños al semillero debe aplicarse una capa fina de volatón en polvo al contorno de los tabloncillos.

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 (*Lagocheirus araneiformis* Linné 1767)

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 un ambiente propicio para la deposición de larvas (sistemáticamente en toda la plantación). Por otro lado, algunas especies de cerambícidos pueden desarrollarse en otros hospederos preferenciales cercanos, por lo que se debe observar la vegetación cercana a la plantación para detectar una posible incidencia.

Roya del palo blanco (*Prospodium* sp.).

Basado en García 2006, INAB 2012

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

SÍNTOMAS. En las hojas se observan...

PRÁCTICAS DE CONTROL. En vivero, aplicar cobres como preventivos.

Para controlar un ataque, hacer aspersiones con productos a base de cobre (triadimenol + mancozeb, u oxicarboxin + mancozeb).

En lugares con excesiva humedad se han detectado problemas con cerambícidos que eventualmente podrían convertirse en un serio problema para *V. guatemalensis*. 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.

El Laboratorio de Fitopatología del Instituto Tecnológico de Costa Rica identificó el cerambícido como *Lagocheirus araneiformis* L. (Acanthocinini, Cerambycidae, Coleóptera). La larva es típica de la familia Cerambycidae (color crema, lisa, alargada, cilíndrica y apoda, cabeza y tórax abultados; en su último estado puede medir hasta 32 mm de largo y hasta 8.5 mm de ancho de protórax; el adulto puede medir entre 14 y 28 mm de largo) (Coseforma 2001).

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.

Como medio de prevención, se recomienda eliminar de la base del árbol a otras especies hospederas como bejucos y arbustos, que crean un ambiente propicio para la deposición de larvas.

Moulaert (1991) y Arguedas et al. (1995) informan de hojas agrupadas con hilo de seda producido por un insecto barrenador del xilema (Lepidoptera, Pyralidae); el daño es moderado. Asimismo, se han observado galerías de anidamiento y ramas huecas a causa del ataque de *Crematogaster* sp, el cual causa daños leves a los árboles. Arguedas et al. (1995) también reportan el ataque de un barrenador de meristemas (Lepidoptera, Oecophoridae) que penetra por los brotes terminales y causa desecaciones acompañadas con deformaciones y bifurcaciones. En la Zona Norte de Costa Rica, este tipo de ataques se da principalmente en la época seca.

Los brotes de *V. guatemalensis* son minados durante los periodos de sequía por larvas de *Cosmopterix* sp. (Cosmopterigidae, Lepidoptera). Estas miden 3.9 mm de largo y son de color amarillo claro. Los brotes dañados presentan exudaciones gomosas y translúcidas, con aserrín y excrementos, y posteriormente se produce bifurcación (Figura 1). También se han reportado defoliaciones totales en plantaciones de la especie causadas por larvas de *Heterocampa* sp. y *Caviria* sp., del orden Lepidoptera y las familias Nodontodidae y Lymantridae, respectivamente (Macías et al, 2004) (Figura 3).

Soto (2002) informa de dos patógenos que causan manchas foliares: *Pestalotia* sp y *Sphaeropsis* sp. El primero causa manchas foliares muy distintivas de coloración ceniza plateada y rodeada por bordes negruzcos. Las manchas, de 2-4 mm de diámetro, se distribuyen en toda la hoja. En Guatemala, el patógeno se ha encontrado en toda el área del municipio de Livingston, Izabal, con incidencia del 100% en plantaciones y en bosque natural, pero la severidad no sobrepasa el 25% por lo que se considera que forma parte del ecosistema de la región y que su presencia no afecta al árbol. De hecho, no se tiene reportado como patógeno de *Vochysia* sp en Guatemala.

Sphaeropsis sp tampoco ha mostrado ataques severos en Guatemala; Soto (2002) solo encontró algunos árboles de sanjuán afectados en el municipio de Livingston. Este patógeno produce manchas foliares irregulares con un borde oscuro, en el haz de la hoja; la mancha se extiende paulatinamente en forma de clorosis necrosando en su totalidad la hoja

Pestalotia sp.

Distribución: Se encontró en toda el área del municipio de Livingston con incidencia de 100% en las plantaciones artificiales y en los bosques naturales, pero la severidad no sobrepasaba el 25% por lo que también se consideró que formaba parte del ecosistema de la región y que su presencia no afecta al árbol.

Control: En *Vochysia* sp. no se hace necesario el control de esta enfermedad ya que no se relacionó a la enfermedad con una afección sino como parte del complejo biótico del árbol, como un tipo de relación biológica de comensalismo sin consecuencias para el huésped.

Sphaeropsis sp.

Distribución: Presente en algunas muestras de palo San Juan en el municipio de Livingston sin que se reporte con grados de incidencia y severidad ya que se encontró en manera fortuita.

Control: No se reporta control para este caso ya que podría ser un caso aislado.

El control de las áreas afectadas por cerambícidos ha sido manual, con aplicaciones de aceite quemado mezclado, en partes iguales, con agua y carbolina en las heridas del fuste. También es recomendable rodajear o chapear alrededor de los árboles. La inyección de decametrina y malatión (dilución 5- 50%) en los puntos dañados ha dado buenos resultados en otras especies como la teca. Si el daño se encuentra en las ramas, estas deben ser cortadas y quemadas (Coseforma 2001).

Para prevenir los efectos producidos por la presencia del insecto, se recomienda mantener despejado el árbol y el área de otras especies hospederas como bejucos y arbustos por la humedad que estas generan en la corteza creando un ambiente propicio para la deposición de larvas. Algunas especies de cerambícidos, se desarrollan en grandes cantidades en otros hospederos preferenciales. Se sugiere observar otras especies cercanas a la plantación para evaluar su incidencia.

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 en prensa).

En la implementación de su programa de monitoreo, el departamento de Investigación forestal, apoyado por personal de las sub-regiones del INAB, instaló paulatinamente desde el año 2004 un total de 43 PPM en plantaciones PINFOR de sanjuán, mal distribuidas entre las regiones de siembra de la especie: una concentración fuerte en Ixcán (Quiché), algunas parcelas en Alta Verapaz y extremadamente pocas en Izabal (ver mapa con la ubicación de las PPM en el acápite “Distribución potencial de la especie en Guatemala”). Las 2 primeras PPM se instalaron en Livingstón, seguidas 2 años más tarde por 3 otras en Playa Grande – Ixcán y Chicamán (departamento de Quiché). Actualmente, el crecimiento del sanjuán está monitoreado en 5 municipios ubicados en 3 departamentos del país.

El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de estas 43 PPM.

Número de parcelas permanentes de medición (PPM) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de *Vochysia guatemalensis*,
a) 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 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

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

$G_{mezcla} < 50\%$	19	TECTGR (1); SWIEMA (5); CALOBR (17); ASTRGR (2); CORDAL (2); DALBST (3); GUARGL (1); PITHAR (4); PITHSA (1); TERMAM (3); VIROKO (2)
$50 \leq G_{mezcla} < 85\%$	16	CALOBR (7); DALBST (2); PACHAQ (1); TABERO (2); TERMAM (1)
$G_{mezcla} \geq 85\%$	8	
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.

La inmensa mayoría de las PPM 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 derivar enseñanzas silviculturales.

Será esencial para poder aprovechar llanamente la información de esta base de datos dasométrica 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 o provocados por el hombre.

Crecimiento e incrementos

Solis & Moya mono_VOCHGU 03

El análisis de la base de datos dasométrica (PPM 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:

Categorías de sitio para *Vochysia guatemalensis* 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

Los municipios que albergan PPM muestran las siguientes aptitudes para el crecimiento del sanjuán:

Aptitud para el crecimiento de *Vochysia guatemalensis* en municipios con PPM de la especie en Guatemala

Dep	Municipio	Finca	Índice de sitio* [m]	Categoría de sitio
Iz	Livingston	Otawa	13.1	medio
	Fray Bartolomé de las Casas	El Compa	19.3	excelente
		Crucero Calle 4	4, 14.3	medio
		Crucero Calle 4	13.9	
AV	Cobán	Roberto Xol Ichich	19.0	excelente
		Rolando Ovidio Guillén Enríquez,	16.4	bueno
		Rocja Puribal: Raúl Pop	16.0	
		Rene Xol	15.3	medio
Qui	Playa Grande Ixcán	Santos	Martin,	19.8
		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	
Manuel de Jesús Jiménez López,	12.6	malo
Teresa Tun Pirir,	12.3	
José Chooj,	12.1	
Santa Rita,	11.9	
Florentino Macz Macz,	11.4	
Cari: Mauricio Mejía,	11.3	
Miguel Ángel Tecu Cuxum	11.1	
Teresa Tun Pirir	10.6	
Punto Chico	10.3	pésimo

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 de *Vochysia guatemalensis* está sesgado en cuanto a las superficies plantadas por departamento: un número grande de PPM 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 sembrada), un número ínfimo en Izabal (2 dentro del 28% del área sembrada), 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.

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

categoría de sitio*	IMA [cm]	DAP	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)

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

Familia de modelos de crecimiento para *Vochysia guatemalensis* en Guatemala

variable	modelo de crecimiento	r²
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 [m²/ha]	$=\exp(1.464336-10.872847/T+0.07739*S+0.001581*N)$	0.73
volumen total [m³/ha]	$=\exp(2.97736-17.217166/T+0.14895*S+0.001206*N)$	0.85
volumen total [m³/ha]	$=0.276518*H_d^{1.21922}*G^{0.907581}$	0.99

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Dónde: H_d = altura dominante [m]

T = edad en años

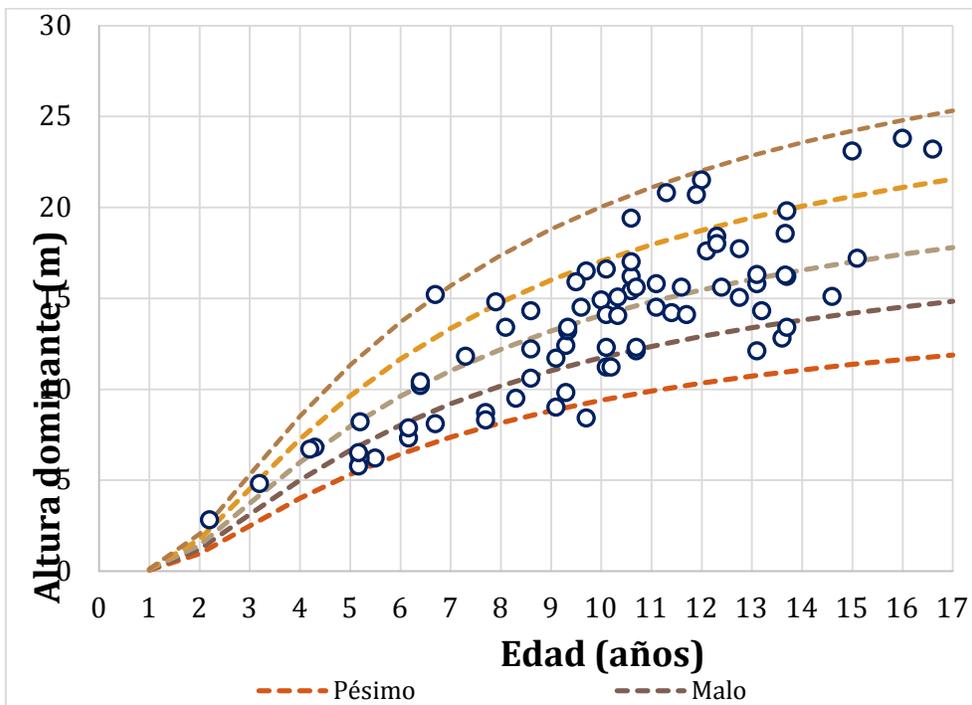
S = índice de sitio

N = árboles/ha

G = AB/ha

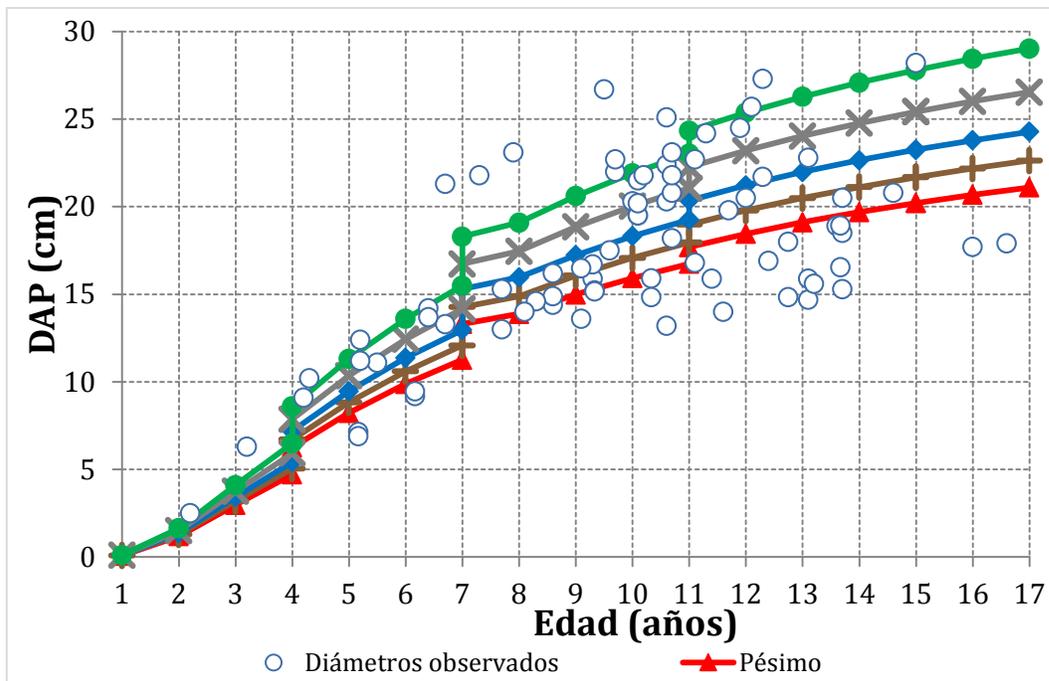
Las figuras siguientes ilustran la dinámica de crecimiento de *Vochysia guatemalensis*, y se basan en las funciones definidas, y un perfil teórico de manejo del rodal, definido de la siguiente manera:

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.



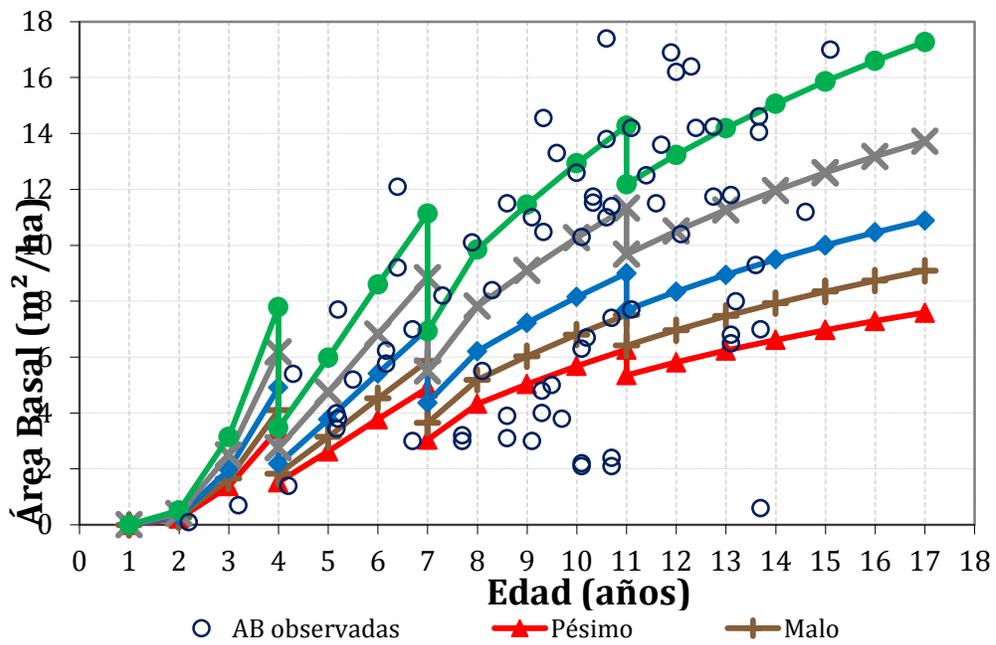
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

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



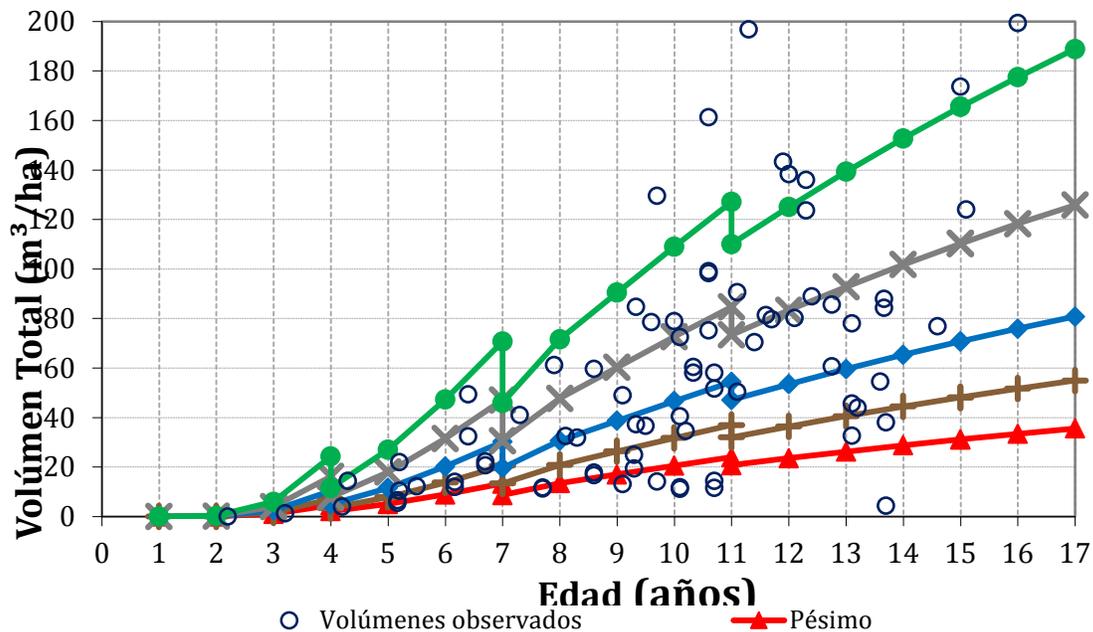
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

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



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

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



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

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 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).

introducir cuadro

La información reportada corresponde a valores promedios por zonas edafoclimáticas, donde Delgado et al. (2003) hacen notar que el sanjuán no mostró ninguna relación preferencial estadísticamente significativa en cuanto a la zona edafoclimática, a pesar de diferencias visibles. Esta información es a comparar por lo tanto 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 la siembra en Guatemala, como lo pudiera hacer potencialmente. Este menor crecimiento diamétrico 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: plata 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). Los IMA reportados por Silvestre (2010) para la Franja Transversal del Norte durante el mismo periodo inicial indican rodales con tratamientos silviculturales deficientes o inexistentes.

Se puede considerar que las diferencias en crecimiento y productividad de la especie, según los diferentes sitios de plantación, no obedecen a condiciones de fertilidad de suelo y sitio exclusivamente. El manejo y mantenimiento de las plantaciones, sobre todo en los primeros años, juega un papel muy importante y determinante en muchas ocasiones, para el comportamiento particular de la especie.

El manejo oportuno es un aspecto que influye fuertemente en el crecimiento y desarrollo de la especie. Las plantaciones 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 diferentes sitios de la Zona Norte un IMA en diámetro de 3.8 cm y en altura de 2.9 m por año en promedio a los cinco años (Cuadro 3-4)

Las plantaciones de cebo superan a todas las demás especies nativas en área basal y crecimiento diamétrico promedio. Alcanza un dap máximo de 24,6 cm (11 años) y un área basal de 29,2 m² ha⁻¹ a los 9 años.

Se encontró diferencias significativas entre los incrementos corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) en las variables diámetro y altura total entre las zonas edafoclimáticas. Se observó una relación inversamente proporcional entre el área basal de algunas especies y la humedad del suelo. Sin embargo, el cebo no mostró ninguna relación en cuanto a la zona edafoclimática, mientras que para la fruta dorada, fue en los Inceptisoles donde registro sus mayores crecimientos.

Las especies nativas seleccionadas para reforestación en la zona norte de Costa Rica, mostraron una alta adaptación a suelos arcillosos, de muy ácidos a moderadamente ácidos (pH 4,5-6), poco fértiles pero bien drenados, de textura franca, franco-arcillosa y planicies muy húmedas aluviales.

La recolección de la información se basó en la evaluación del crecimiento de las especies nativas cebo (*Vochysia guatemalensis*), botarrama (*Vochysia ferruginea*), almendro (*Dipteryx panamensis*), pilón (*Hieronyma alchorneoides*) y fruta dorada (*Virola koschnyi*), establecidas en las 4 zonas edafoclimáticas de mayor importancia de la zona norte de Costa Rica (Sage y Müller 1995): Ultisol húmedo, Ultisol muy húmedo, Inceptisol húmedo e Inceptisol muy húmedo.

De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978), las parcelas se encuentran distribuidas en las zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo transición a basal; con una precipitación anual que va desde los 2000 hasta los 4000 mm, y una temperatura promedio anual de 25°C. Los suelos de la zona norte de Costa Rica se

caracterizan por ser arcillosos, de texturas pesadas, con pH normalmente ácido, fertilidad de media a baja y presenta, principalmente, suelos de los órdenes Ultisol e Inceptisol.

Cebo

Los resultados de 23 parcelas de crecimiento del cebo, para las zonas Inceptisol húmedo (Z1), Ultisol húmedo (Z3) y Ultisol muy húmedo (Z4), se resumen en el cuadro 9.

Esta especie muestra en los Ultisoles los valores de productividad más altos ($AB=28,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; $V=270 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). El ICA del dap disminuye con la edad, pero el IMA alcanza su máxima tasa a los 5 años. Por otra parte, los incrementos en altura total (ICA e IMA) alcanzan su valor máximo entre los 3 y 5 años. Estos resultados hacen pensar que esta especie 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 puede notarse que ocurre una disminución brusca del ICA del dap entre los 3 y 5 años. Es importante señalar que el cebo es la especie que alcanza las mayores áreas basales ($18,5-28,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) de todas las especies investigadas. Lo que sugiere que es un árbol que logra llegar a un nivel alto de ocupación de sitio a temprana edad.

En la figura 6 se observa las tendencias de los incrementos corrientes anuales e incrementos medios anuales del dap y de la altura para las zonas edafoclimáticas donde fue establecida la especie.

Productividad

Para determinar la productividad de plantaciones de *V. guatemalensis* en la Franja Transversal del Norte de Guatemala, se definieron tres clases productivas: baja, media y alta, a partir del IMA en volumen total estandarizado. El análisis de varianza arrojó un coeficiente de determinación de 0.79.

De las 35 PPM medidas, diez se encuentran en sitios de baja productividad (la mayoría de ellos en Fray Bartolomé de las Casas y Salacuin), 14 en sitios de productividad media y once de productividad alta. El Cuadro XX detalla los promedios en las tres clases de productividad.

Cuadro 17. Promedios de productividad por clases de sitios en plantaciones de *V. guatemalensis*

CLASE DE SITIO	IMA VOL (m ³ /ha/año)	IS _g (m)	IMA DAP (cm/año)	IMA H (m/año)	IMA AB (m ² /ha/año)	IMA VOL (m ³ /ha/año)
Bajo	< 15	12.22	1.54	1.36	1.67	12.45
Medio	15 - 25	19.42	2.32	1.60	2.96	17.90
Alto	>25	38.19	3.15	2.21	5.93	38.66

Estos resultados destacan la importancia de una buena selección del sitio para plantar la especie y asegurar una productividad alta.

El Departamento de Investigación Forestal del INAP desarrolló modelos de crecimiento para *V. guatemalensis* a partir del desempeño de una plantación pura evaluada en la finca Ottawa, ubicada en el municipio de Livingston, Departamento de Izabal. Las dos PPM evaluadas cuentan con 12 mediciones consecutivas, que permitieron determinar la productividad según índice de sitio a la edad de 10 años. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo

Familia de modelos de crecimiento para *V. guatemalensis* en Izabal, Guatemala

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura total (m)	= EXP(Ln(S) -8.904588 * (1/T - 0.1))	0.98
Diámetro (cm)	= Exp(2.769514 -7.431654/T + 0.050203*S -0.000043*N)	0.98
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.651327 -15.314681 /T + 0.099127*S + 0.001388*N)	0.96
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.140516 -32.901 795/T + 0.275811 *S + 0.003415*N)	0.98
Índice de sitio	= EXP(Ln(H) + 8.904588 * (1/T - 0.1))	0.98

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura dominante (m)

S = Índice de sitio

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 la siguiente ecuación general 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):

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):

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:

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:

Según Padilla (2003), la formula específica para el cálculo de volúmenes en especies latifoliadas actualmente utilizada por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y silvicultores del sector forestal, fue creada por la FAO

$$V = 0.0567 + 0.00005074 * d^2 * h_c$$

Donde:

V = volumen de madera comercial, en m³

d = diámetro a la altura del pecho, en cm

h_c = altura comercial del fuste, en m

FAO. 1970. Guatemala: estudio de pre-inversión sobre desarrollo forestal, informe final, vol 2: fotointerpretación, mapeo e inventario forestal. Informe FO-UNDP/SF 81/GUA/6. Roma (Italia), FAO. 192 p. & 1 p. corr.

La referencia bibliográfica correcta es la anterior, la referencia dada por Padilla es errónea!

FAO, $V = D^2 * H * 0.5074 + 0.0567$

FAO (Italia) 1974. Manual de inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales. Roma (Italia), Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. 195 p.

En su trabajo de tesis de grado, Padilla (2003) trabajó con varias especies forestales en Quiché, Guatemala, con el fin de elaborar tablas locales de volumen. Una de las especies fue *V. guatemalensis*. Las ecuaciones y los modelos matemáticos se sometieron a pruebas residuales de Durbin Watson para determinar la ecuación ideal para la posterior elaboración de las tablas de volumen.

En el Cuadro X se ofrecen los promedios de diámetro, altura y volumen por clase diamétrica, obtenidos mediante las fórmulas de Cilindro, Smalian y Cono Circular. Se establecieron ocho clases diamétricas a partir de un diámetro de 20 cm hasta 100 cm. El diámetro mínimo se estableció por el interés comercial (que no privilegia diámetros menores) y el máximo por la dificultad de hallar árboles de grandes diámetros y porque, con frecuencia, estos árboles están dañados.

Cuadro X. Muestra de árboles de *V. guatemalensis* evaluados en Ixcán, Quiché

CUADRO 4. Características y resultados de la muestra para la especie de San Juan (*Vochisya hondurensis* Sprague.) bajo condiciones del municipio de Ixcán, el Quiché.

Clases Diamétricas (cm)	Numero de árboles muestra	Promedios			Promedios	
		Diámetros(cm)	Alturas(m)		Vol.Com.(m³)	Vol.Total (m³)
			C	T		
[20-29.9)	3.00	25.67	10.30	18.63	0.487	0.575
(30-39.9)	4.00	33.50	14.30	22.80	0.959	1.055
(40-49.9)	4.00	43.75	24.30	30.05	2.025	2.086
(50-59.9)	4.00	53.25	22.80	23.04	2.612	2.680
(60-69.9)	4.00	63.75	27.80	32.80	4.240	4.162
(70-79.9)	4.00	73.50	25.80	31.30	5.140	5.309
(80-89.9)	4.00	83.00	30.30	35.80	8.627	8.686
(90-99.9]	3.00	92.00	29.63	36.63	8.757	8.839
Totales	30.00					

Vol.Com (m³) = Volumen con corteza

Vol.Total (m³) = Volumen incluye ramas

El análisis de varianza de los modelos matemáticos que presentaron los mejores indicadores estadísticos para el volumen total y comercial de *V. guatemalensis* determinó el modelo más adecuado para la elaboración de las tablas locales de volumen (Cuadro XX).

Es evidente que el Modelo 1 es el que mejor explica la variación de los datos estimados por medio del modelo matemático. Los modelos restantes presentan también criterios de selección aceptables pues las diferencias entre los valores son mínimas con respecto al modelo seleccionado.

Sin embargo, Los modelos con intercepto seleccionados fueron sometidos nuevamente a pruebas estadísticas de bondad de ajuste, como la prueba Durbin Watson (d); se considera que el modelo más representativo es aquel que posee el valor (d) más cercano a dos. La prueba también se aplicó a los modelos sin intercepto para tener aún más criterios de selección y descartar definitivamente los modelos que no se ajustan a las especie (Cuadro XX).

Cuadro XX. Pruebas de bondad y ajuste para volumen total y comercial, con y sin intercepto, de *V. guatemalensis* en Ixcán, Quiché

CUADRO 12. Resumen de los resultados de las pruebas de bondad y ajuste para el volumen total y comercial con y sin Intercepto de la especie *Vochisya hondurensis* Sprague. (San Juan)

No	Modelo Con Intercepto Para Volumen Comercial y Total	R ²	C.V.	F.	d
1	$V = 0.264575 + 0.000036678D^2H + (-0.000000001D^3)$	0.9731	12.36521	487.593	1.098
2	$V = 0.364184 + (-0.000051982D^2) + (-0.004195H) + 0.000038603D^2H$	0.9731	12.58839	313.655	1.102
3	$V = 0.323921 - 0.000133DH + 0.000038020D^2H$	0.9731	12.35178	488.689	1.101
4	$V = 0.264638 + 0.000036672D^2H$	0.9227	14.80661	115.322	1.376
5	$V = 0.264575 + 0.000036378D^2H + (-0.00000001D^3)$	0.9193	15.12191	110.164	1.267
6	$V = 0.364184 + (-0.000051982D^2) + (-0.004195H) + 0.000038603D^2H$	0.9181	15.23241	108.432	1.364

No	Modelo Sin Intercepto Para Volumen Comercial y Total	R ²	C.V.	F.	D
1	$V = -0.000202 D^2 + 0.014031 H + 0.000035524 D^2H$	0.9894	13.25611	841.859	1.374
2	$V = 0.009824 H + 0.000030430 D^2H$	0.9893	13.09676	1293.355	1.370
3	$V = -2.044591 D^2H + 0.130295 D + 0.115583 H$	0.9760	20.05350	355.678	1.359
4	$V = 0.000094074 DH + 0.007160 H + 0.000029578 D^2H$	0.9893	13.33547	831.762	1.352
5	$V = 0.157639 D - 1.508839 \ln D + 0.268591 D^2H$	0.9756	20.24293	359.683	1.349
6	$V = 0.000377 DH + 0.000938 D^2$	0.9720	17.05850	764.771	1.322

El modelo con intercepto que ofreció la mejor combinación de indicadores estadísticos para el volumen comercial y total fue el Modelo 4, según el indicador Durbin Watson. Por consiguiente, existe una independencia menor de los errores aportados por las variables en serie y que dichos errores son casi en su totalidad independientes uno del otro.

Basándose en los resultados del análisis de varianza y a los criterios de selección, los modelos indicados en la especie *V. guatemalensis*, tanto para volumen total como comercial que se presenta en el cuadro 8, y las pruebas de bondad de ajuste del cuadro 12, se considera que para el volumen comercial y total, se ajusta al modelo con intercepto No. 4, en función del diámetro y altura; además de que para esta especie se cumple el

último criterios de selección que es el de simplicidad de interpretación de las variables en los modelos, que como se observa es el modelo más fácil y simple de aplicar.

En conclusión, el modelo matemático que mejor se ajusta al comportamiento de los datos de la especie, y que mejor explica las relaciones alométricas entre las variables dap, altura comercial, altura total y volumen, con una probabilidad del 1% en las condiciones del bosque del municipio de Ixcán, es el siguiente: $V = a + b D^2 H$

Asimismo, la ecuación para obtener los volúmenes comercial y total de la especie en las condiciones del bosque del municipio de Ixcán es la siguiente:

$$V = 0.264638 + 0.000036672D^2H$$

$$V = 0.264638 + 0.000036672D^2 * H$$

Donde:

- V= volumen (comercial o total con corteza), en metros cúbicos
- D= diámetro a la altura del pecho a 1.30 m del suelo, en centímetros
- H= altura (comercial o total) (si es total incluye ramas), en metros

		ALTURA EN METROS																		
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40			
20	DAP (cm)	0.4133	0.4407	0.4700	0.4993	0.5287	0.5580	0.5874	0.6167	0.6460	0.6754	0.7047	0.7340	0.7634	0.7927	0.8221	0.8514			
22		0.4421	0.4776	0.5131	0.5486	0.5841	0.6196	0.6551	0.6906	0.7261	0.7616	0.7971	0.8326	0.8681	0.9036	0.9391	0.9746			
24		0.4759	0.5181	0.5604	0.6026	0.6449	0.6871	0.7293	0.7716	0.8138	0.8561	0.8983	0.9406	0.9828	1.0251	1.0673	1.1096			
26		0.5125	0.5621	0.6117	0.6613	0.7109	0.7604	0.8100	0.8596	0.9092	0.9588	1.0083	1.0579	1.1075	1.1571	1.2067	1.2562			
28		0.5521	0.6096	0.6671	0.7247	0.7822	0.8397	0.8972	0.9547	1.0122	1.0697	1.1272	1.1847	1.2422	1.2997	1.3572	1.4147			
30		0.5947	0.6607	0.7267	0.7927	0.8587	0.9247	0.9907	1.0567	1.1227	1.1887	1.2547	1.3207	1.3867	1.4527	1.5187	1.5847			
32		0.6402	0.7153	0.7904	0.8655	0.9406	1.0157	1.0908	1.1659	1.2410	1.3161	1.3912	1.4663	1.5414	1.6165	1.6916	1.7667			
34		0.6886	0.7734	0.8581	0.9429	1.0277	1.1125	1.1973	1.2821	1.3669	1.4517	1.5364	1.6212	1.7060	1.7908	1.8756	1.9604			
36		0.7399	0.8350	0.9300	1.0251	1.1201	1.2152	1.3102	1.4053	1.5004	1.5954	1.6904	1.7855	1.8806	1.9756	2.0707	2.1657			
38		0.7942	0.9001	1.0060	1.1119	1.2178	1.3237	1.4296	1.5355	1.6414	1.7474	1.8533	1.9592	2.0651	2.1710	2.2769	2.3828			
40		0.8514	0.9687	1.0861	1.2034	1.3208	1.4381	1.5555	1.6728	1.7902	1.9075	2.0249	2.1422	2.2596	2.3769	2.4943	2.6116			
42		0.9115	1.0409	1.1703	1.2997	1.4290	1.5584	1.6878	1.8172	1.9466	2.0759	2.2053	2.3347	2.4641	2.5935	2.7228	2.8522			
44		0.9746	1.1166	1.2586	1.4006	1.5426	1.6846	1.8266	1.9686	2.1106	2.2526	2.3945	2.5365	2.6785	2.8205	2.9625	3.1045			
46		1.0406	1.1958	1.3510	1.5062	1.6614	1.8166	1.9718	2.1270	2.2822	2.4374	2.5926	2.7478	2.9030	3.0582	3.2134	3.3686			
48		1.1096	1.2785	1.4475	1.6165	1.7855	1.9545	2.1235	2.2925	2.4615	2.6304	2.7994	2.9684	3.1374	3.3064	3.4753	3.6443			
50		1.1814	1.3648	1.5482	1.7315	1.9149	2.0982	2.2816	2.4650	2.6483	2.8317	3.0150	3.1984	3.3818	3.5651	3.7485	3.9318			
52		1.2562	1.4546	1.6529	1.8512	2.0495	2.2479	2.4462	2.6445	2.8428	3.0411	3.2395	3.4378	3.6361	3.8344	4.0328	4.2311			
54		1.3340	1.5479	1.7617	1.9756	2.1895	2.4033	2.6172	2.8311	3.0450	3.2588	3.4727	3.6866	3.9004	4.1143	4.3282	4.5421			
56		1.4147	1.6447	1.8747	2.1047	2.3347	2.5647	2.7947	3.0247	3.2547	3.4847	3.7147	3.9447	4.1748	4.4048	4.6348	4.8648			
58		1.4983	1.7450	1.9917	2.2385	2.4852	2.7319	2.9787	3.2254	3.4722	3.7189	3.9656	4.2123	4.4590	4.7058	4.9525	5.1992			
60		1.5848	1.8489	2.1129	2.3769	2.6409	2.9049	3.1689	3.4328	3.6968	3.9607	4.2246	4.4885	4.7524	5.0163	5.2802	5.5441			
62		1.6743	1.9562	2.2382	2.5201	2.8020	3.0840	3.3659	3.6479	3.9298	4.2117	4.4937	4.7756	5.0575	5.3394	5.6213	5.9032			
64		1.7667	2.0671	2.3676	2.6680	2.9684	3.2688	3.5692	3.8696	4.1700	4.4704	4.7708	5.0712	5.3716	5.6720	5.9724	6.2728			
66		1.8621	2.1816	2.5010	2.8205	3.1400	3.4595	3.7790	4.0985	4.4179	4.7374	5.0569	5.3764	5.6959	6.0154	6.3349	6.6544			
68		1.9604	2.2995	2.6386	2.9777	3.3169	3.6561	3.9952	4.3343	4.6734	5.0126	5.3518	5.6909	6.0301	6.3692	6.7083	7.0475			
70		2.0616	2.4210	2.7803	3.1397	3.4991	3.8585	4.2179	4.5773	4.9366	5.2960	5.6554	6.0148	6.3742	6.7336	7.0930	7.4524			
72		2.1657	2.5459	2.9261	3.3064	3.6866	4.0668	4.4470	4.8272	5.2074	5.5877	5.9679	6.3481	6.7283	7.1085	7.4887	7.8689			
74		2.2728	2.6744	3.0761	3.4777	3.8793	4.2810	4.6826	5.0842	5.4858	5.8874	6.2890	6.6906	7.0922	7.4938	7.8954	8.2970			
76		2.3828	2.8064	3.2301	3.6537	4.0774	4.5010	4.9246	5.3483	5.7719	6.1955	6.6192	7.0428	7.4664	7.8900	8.3137	8.7373			
78		2.4958	2.9420	3.3882	3.8344	4.2807	4.7269	5.1731	5.6193	6.0655	6.5118	6.9580	7.4042	7.8504	8.2967	8.7429	9.1891			
80		2.6116	3.0810	3.5504	4.0199	4.4893	4.9587	5.4281	5.8975	6.3669	6.8363	7.3057	7.7751	8.2445	8.7139	9.1833	9.6527			
82		2.7305	3.2236	3.7168	4.2100	4.7031	5.1963	5.6895	6.1827	6.6759	7.1691	7.6623	8.1555	8.6487	9.1419	9.6351	10.1283			
84		2.8522	3.3697	3.8872	4.4048	4.9223	5.4398	5.9573	6.4748	6.9923	7.5098	8.0273	8.5448	9.0623	9.5798	10.0973	10.6148			
86		2.9769	3.5194	4.0618	4.6043	5.1467	5.6892	6.2316	6.7741	7.3165	7.8590	8.4014	8.9439	9.4863	10.0288	10.5712	11.1137			
88		3.1043	3.6725	4.2405	4.8084	5.3764	5.9444	6.5124	7.0803	7.6483	8.2163	8.7843	9.3523	9.9202	10.4882	11.0562	11.6242			
90		3.2351	3.8292	4.4232	5.0173	5.6114	6.2055	6.7996	7.3937	7.9878	8.5818	9.1759	9.7700	10.3641	10.9582	11.5523	12.1464			
92		3.3686	3.9893	4.6101	5.2309	5.8517	6.4725	7.0933	7.7140	8.3348	8.9556	9.5764	10.1972	10.8180	11.4387	12.0595	12.6803			
94		3.5050	4.1530	4.8011	5.4492	6.0972	6.7453	7.3934	8.0414	8.6895	9.3376	9.9857	10.6337	11.2818	11.9299	12.5779	13.2260			
96		3.6443	4.3203	4.9962	5.6721	6.3481	7.0240	7.7000	8.3759	9.0519	9.7278	10.4037	11.0797	11.7556	12.4315	13.1075	13.7834			
98		3.7866	4.4910	5.1954	5.8998	6.6042	7.3086	8.0130	8.7174	9.4218	10.1262	10.8306	11.5350	12.2394	12.9438	13.6482	14.3526			
100		3.9318	4.6653	5.3987	6.1322	6.8656	7.5990	8.3325	9.0659	9.8000	10.5338	11.2680	12.0020	12.7360	13.4700	14.2040	14.9380			

DERIVADA DE LA ECUACIÓN $V = 0.264638 + 0.000036672 * D^2 * H$

Para Volumen Total se incluye corteza y ramas

Para Volumen Comercial se incluye corteza

Estimación de volumen en pie

Las tablas de volumen que se presentan a continuación provienen de plantaciones de 4 a 9 años de edad establecidas en la Zona Norte de Costa Rica. Dichas parcelas tenían alturas de 8,8 a 19,20 m y dap de 10 a 29,50 cm (Acuña 2000). La metodología empleada para elaborar las tablas se puede consultar en dicha fuente bibliográfica.

Cuadro 3-1. Tabla de volumen comercial con corteza para *Vochysia guatemalensis* utilizando la fórmula $V_c = -0,03299 + 0,0000929 * (dap)^2 + 0,000289 * (dap * H) + 0,0000203 * (dap^2 * H)$.

dap (cm)	Altura (m)											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	0,0157	0,0206	0,0255	0,0304	0,0354	0,0403	0,0452					
11	0,0234	0,0290	0,0346	0,0403	0,0459	0,0515	0,0572	0,0628	0,0685			
12	0,0315	0,0379	0,0443	0,0507	0,0571	0,0635	0,0699	0,0763	0,0827			
13	0,0402	0,0474	0,0546	0,0618	0,0690	0,0762	0,0834	0,0906	0,0978			
14	0,0494	0,0575	0,0655	0,0735	0,0815	0,0896	0,0976	0,1056	0,1137			
15	0,0592	0,0681	0,0770	0,0859	0,0948	0,1037	0,1126	0,1215	0,1304	0,1393	0,1482	
16	0,0694	0,0792	0,0890	0,0989	0,1087	0,1185	0,1283	0,1381	0,1480	0,1578	0,1676	
17	0,0801	0,0909	0,1017	0,1125	0,1232	0,1340	0,1448	0,1556	0,1664	0,1772	0,1879	0,1987
18	0,0914	0,1031	0,1149	0,1267	0,1385	0,1503	0,1621	0,1738	0,1856	0,1974	0,2092	0,2210
19	0,1031	0,1159	0,1288	0,1416	0,1544	0,1672	0,1801	0,1929	0,2057	0,2185	0,2313	0,2442
20	0,1154	0,1293	0,1432	0,1571	0,1710	0,1849	0,1988	0,2127	0,2266	0,2405	0,2544	0,2683
21	0,1282	0,1432	0,1582	0,1732	0,1883	0,2033	0,2183	0,2333	0,2484	0,2634	0,2784	0,2934
22	0,1415	0,1576	0,1738	0,1900	0,2062	0,2224	0,2386	0,2547	0,2709	0,2871	0,3033	0,3195
23	0,1553	0,1726	0,1900	0,2074	0,2248	0,2422	0,2596	0,2770	0,2944	0,3117	0,3291	0,3465
24	0,1696	0,1882	0,2068	0,2255	0,2441	0,2627	0,2813	0,3000	0,3186	0,3372	0,3559	0,3745
25	0,1844	0,2043	0,2242	0,2441	0,2640	0,2839	0,3039	0,3238	0,3437	0,3636	0,3835	0,4034
26	0,1997	0,2209	0,2422	0,2634	0,2847	0,3059	0,3271	0,3484	0,3696	0,3908	0,4121	0,4333
27	0,2156	0,2382	0,2608	0,2834	0,3060	0,3286	0,3512	0,3738	0,3964	0,4190	0,4416	0,4642
28	0,2319	0,2559	0,2799	0,3039	0,3279	0,3519	0,3759	0,4000	0,4240	0,4480		
29					0,3506	0,3760	0,4015	0,4269	0,4524	0,4778		

	Volúmenes contemplados en la base de datos
	Volúmenes no contemplados en la base de datos

Fuente: Acuña, P. 2000.

Cuadro 3-2. Tabla de volumen comercial sin corteza para *Vochysia guatemalensis* utilizando la fórmula $V_c = e^{(-10,691 + 2,074 * \ln(dap) + 1,034 * \ln(H))}$

dap (cm)	Altura (m)											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10					0,0352	0,0382	0,0413					
11				0,0392	0,0429	0,0466	0,0503	0,0540	0,0577			
12			0,0425	0,0469	0,0514	0,0558	0,0602	0,0647	0,0692			
13	0,0399	0,0450	0,0502	0,0554	0,0606	0,0659	0,0711	0,0764	0,0816			
14	0,0465	0,0525	0,0586	0,0646	0,0707	0,0768	0,0829	0,0891	0,0952	0,1014	0,1075	0,1137
15	0,0536	0,0606	0,0676	0,0746	0,0816	0,0886	0,0957	0,1028	0,1098	0,1170	0,1241	0,1312
16	0,0613	0,0693	0,0772	0,0852	0,0933	0,1013	0,1094	0,1175	0,1256	0,1337	0,1418	0,1500
17	0,0695	0,0786	0,0876	0,0967	0,1058	0,1149	0,1240	0,1332	0,1424	0,1516	0,1608	0,1701
18	0,0783	0,0884	0,0986	0,1088	0,1191	0,1293	0,1396	0,1500	0,1603	0,1707	0,1811	0,1915
19	0,0876	0,0989	0,1103	0,1217	0,1332	0,1447	0,1562	0,1678	0,1793	0,1909	0,2026	0,2142
20	0,0974	0,1100	0,1227	0,1354	0,1482	0,1609	0,1738	0,1866	0,1995	0,2124	0,2253	0,2383
21	0,1078	0,1217	0,1358	0,1498	0,1639	0,1781	0,1923	0,2065	0,2207	0,2350	0,2493	0,2636
22	0,1187	0,1341	0,1495	0,1650	0,1805	0,1961	0,2117	0,2274	0,2431	0,2588	0,2745	0,2903
23	0,1302	0,1470	0,1639	0,1809	0,1980	0,2150	0,2322	0,2493	0,2665	0,2838	0,3011	0,3184
24	0,1422	0,1606	0,1791	0,1976	0,2162	0,2349	0,2536	0,2723	0,2911	0,3100	0,3288	0,3477
25	0,1547	0,1748	0,1949	0,2151	0,2353	0,2556	0,2760	0,2964	0,3169	0,3374	0,3579	0,3785
26					0,2553	0,2773	0,2994	0,3215	0,3437	0,3659	0,3882	0,4105
27					0,2761	0,2999	0,3238	0,3477	0,3717	0,3957	0,4198	0,4440
28					0,2977	0,3234	0,3491	0,3749	0,4008	0,4267	0,4527	0,4787
29					0,3201	0,3478	0,3755	0,4032	0,4311	0,4589	0,4869	0,5149

	Volúmenes contemplados en la base de datos
	Volúmenes no contemplados en la base de datos

Fuente: Acuña, P. 2000

Superficies de plantaciones

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.

El 90% del área sembrada se ubica en los departamentos de Izabal, Alta Verapaz y Quiché, en una zona continua que se extiende desde el municipio de Puerto Barrios hasta el municipio de Ixcán, 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 siembra 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 200 ha, seguido por cinco municipios, Livingston, Puerto Barrios, Cahabón, Fray Bartolomé de las Casas y Cobán, todos con más o menos 100 ha.

El sanjuán ha sido sembrado 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.

Salvo durante los años 2003, 2004 y 2005, donde fueron establecidos unos 130 ha anualmente, la especie ha sido sembrada durante el periodo 2000-2015 a razón de unos 45 ha anual promedio. Durante los últimos 3 años, fue plantada solo en el municipio de Puerto Barrios por la empresa Agroindustrias Pichilingo.

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

La especie ha sido plantada en todos los departamentos que corresponden a su distribución natural, pero es interesante notar que el departamento que presenta mayor extensión de plantación (Alta Verapaz) no es el departamento que ofrece las mejores condiciones de sitio para el crecimiento del palo blanco. Su municipio con las condiciones de sitio más favorables, Senahú, llega apenas al límite inferior de la categoría buena, todos los demás se ubican en categoría media, mala o pésima. El segundo departamento con más plantaciones de palo blanco, Escuintla, alberga por un lado la mejor plantación de *Tabebuia donnell-smithii* (en el municipio de Nueva Concepción), pero también una de las peores (en el municipio de La Democracia): la emulación puede conllevar a considerar todos los terrenos como aptos!

La preferencia por el palo blanco parece haber bajado seriamente en los últimos años. Mientras que entre el año 2002 y el año 2010, se estableció en promedio más de 600 hectáreas anualmente, con una siembra máxima de 831 ha en el 2004, esta superficie bajó a 100 ha/año desde el 2012. Es imprescindible identificar las razones a esta caída de

interés mientras el Estado considere la especie como prioritaria. Cojom (en prensa) sugiere pistas.

Según la base de datos del PINFOR se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 15 municipios, ubicados principalmente en la Franja Transversal del Norte, de donde es originaria (Cuadro XX). En general, se trata de plantaciones mixtas en las cuales predomina *V. guatemalensis*. La mayor concentración se encuentra en los municipios de Ixcán, Santa María Cahabón, Fray Bartolomé de las Casas y Cobán, departamento de Alta Verapaz, así como en Livingston y Puerto Barrios en Izabal y La Libertad en Petén.

Cuadro. Áreas plantadas con *V. guatemalensis* por municipio en Guatemala

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2014

Municipio	Área plantada (ha)
Ixcán	197.26
Livingston	126.35
Santa María Cahabón	97.41
Fray Bartolomé De Las Casas	92.08
Cobán	87.71
La Libertad	70.00
Panzós	43.55
Puerto Barrios	42.52
Gualán	33.23
Chahal	21.62
Morales	21.49
Chisec	21.12
Los Amates	15.71
San Luis	6.58
San Pedro Carcha	5.28
Total general	881.91

Hasta el año 2013, se habían plantado 881 ha con *V. guatemalensis*, como resultado de los incentivos ofrecidos por el PINFOR. La Fig. XX presenta el flujo de área incentivada en el periodo 1998-2013. La línea de tendencia muestra que, aunque el área plantada se redujo entre el 2005-2011, el valor de la madera sigue siendo un incentivo para establecer proyectos de reforestación con esta especie.

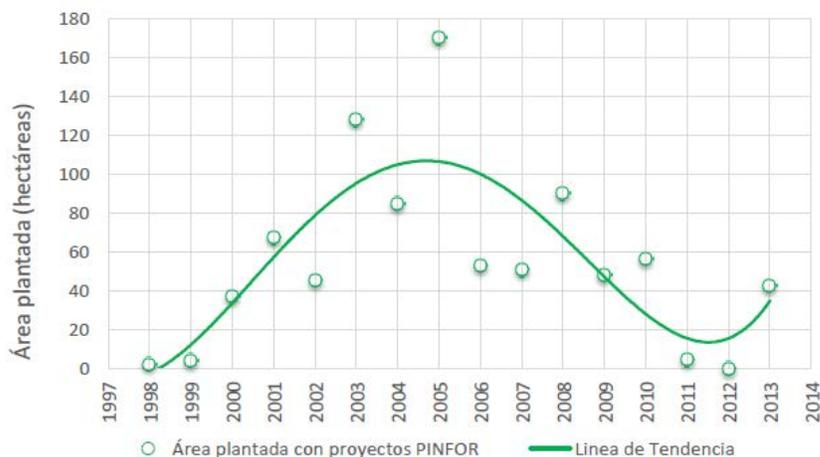


Fig. Área plantada con *V. guatemalensis* durante el periodo 1998 al 2013
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB, 2014

Cuadro capítulo 8: Áreas plantadas en Guatemala con *Vochysia guatemalensis*, incentivadas por PINFOR (Programa de Incentivos forestales) y PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal), por años y departamentos, en hectáreas

año de inicio	Zacapa	Izabal	Alta Verapaz	Quiché	Petén	total anual
1998		2				2
1999			4			4
2000		7	30			37
2001		14	38	12	2	67
2002		30	1	29	5	65
2003	33	30	41	24		128
2004		26	18	41		85
2005			138	32		170
2006			44	11		55
2007		48	5			53
2008		2	30	39	20	91
2009			26	2	20	48
2010		5		21	15	41
2011				6		6
2012		0				0
2013		43				43
2014		41				41
2015		21		3		24
total por departamento	33	269	374	221	62	959
plantaciones puras		192	24			217
plantaciones mixtas	33	76	260	188	62	619

sistemas agro-forestales			0
manejo de regeneración natural	90	33	123

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

Bibliografía

Cordero, J; Boshier, DH (eds.). 2003. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, UK / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR. p. 915-916