

Guatemala, 11 de abril. 2018.

M Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Apreciado Maestro Arroyo:

Adjunto a la presente el informe final del proyecto “Caracterización de plantaciones forestales con especies nativas valiosas en las Tierras Bajas del Norte de Guatemala”, Partida presupuestal No. 4.8.63.2.05., coordinado por el Ingeniero Agrónomo Boris Augusto Méndez Paiz, avalado por el Instituto de Investigaciones Agronómicas, Forestales y Ambientales –IIAA-, de la Facultad de Agronomía.

“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
Director Instituto de Investigaciones Agronómica, Forestales y Ambientales



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en
Recursos Naturales y Ambiente

INFORME FINAL

CARACTERIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES CON ESPECIES NATIVAS VALIOSAS EN LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE DE GUATEMALA

Coordinador Ing. M. Sc. Boris Augusto Méndez Paiz

Investigador Ing. Agr. Luis Manuel Lima Guillen

Auxiliar de Investigación II Adrián Francisco Serech Van Haute

Auxiliar de Investigación II Gerson Vicente Mejicanos González

Guatemala, abril de 2018.

M. Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez
Programa Universitario en Recursos Naturales y Ambiente

Ing. Agr. M. Sc. Boris Augusto Méndez Paiz
Coordinador del Proyecto

Adrián Francisco Serech Van Haute
Auxiliar de Investigación II

Gerson Vicente Mejicanos González
Auxiliar de Investigación II

Partida Presupuestaria
4.8.63.2.05
Año de ejecución: 2017

CONTENIDO

1. Resumen	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Marco teórico y estado del arte.....	4
4.1. Plantaciones forestales multipropósito	4
4.2. Uso de especies nativas en plantaciones	5
4.3. Investigación con especies nativas valiosas en Centroamérica y Guatemala	5
4.4. Plantaciones mixtas	6
4.5. Criterio para selección de especies	7
5. Objetivos	10
6. Materiales y métodos.....	10
6.1. Tipo de investigación.....	10
6.2. Levantamiento de información	10
6.3. Análisis de información	11
7. Resultados	11
7.1. Ubicación de plantaciones en el área de estudio	11
7.2. Rasgos ecológicos de las especies	13
7.3. Superficies plantadas, arreglos de plantación y crecimiento	14
7.4. Matriz de evaluación de resultados	16
8. Discusión.....	16
8.1. Preferencia de especies y esquemas de cultivo	16
8.2. Criterios de agrupación de especies	17
8.3. Tipología de plantaciones.....	18
9. Conclusiones	20
10. Referencias	21
11. Anexos	26
11.1. Actividades De gestión y vinculación	26
11.2. Instrumentos utilizados para levantamiento de información	27
Boleta para entrevista a administradores/propietarios de plantaciones ...	28
11.3. Fotografías de fase de campo del proyecto	29

11.4. Síntesis de sitios incluidos en la muestra	32
Integrantes del equipo de investigación.	38

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Puntos de muestreo de plantaciones.....	13
<i>Figura 2.</i> Plantación agroforestal.....	29
<i>Figura 3.</i> Plantación pura de <i>C. odorata</i>	29
<i>Figura 4.</i> Mezcla de especies en plantación	30
<i>Figura 5.</i> Mezcla de especies nativas en municipio de Ixcán, Quiché.	30
<i>Figura 6.</i> Plantación pura de <i>A. graveolens</i> ubicado en el municipio de Livingston, Izabal.....	31
<i>Figura 7.</i> Plantación mixta de especies ubicada en el municipio de Livingston, Izabal.	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Litado de especies, categoría comercial y grado de amenaza.	8
Tabla 2 Características geográficas de la muestra	12
Tabla 3 Principales rasgos de cultivo de las especies evaluadas.....	14
Tabla 4 Rasgos ecológicos, densidad de madera y crecimiento de especies estudiadas.....	15
Tabla 5 Matriz de evaluación de resultados.....	16
Tabla 6 Rodales y sitios muestreados en el proyecto.....	32
Tabla 7 Información dasométrica de las especies de estudio por parcela.....	34

Caracterización de plantaciones forestales con especies nativas valiosas en las Tierras Bajas del Norte de Guatemala.

1. Resumen

La región Mesoamericana alberga una importante diversidad de especies maderables, incluyendo algunas que han sido sobreexplotadas por el alto valor comercial de su madera. Además de la sobreexplotación, la viabilidad de estas especies está amenazada por la pérdida de hábitat, como consecuencia de la reducción de la cobertura boscosa por el avance de la frontera agropecuaria. El cultivo en plantación de estas especies constituye una opción para su conservación y aprovechamiento, lo cual se ve limitado por el escaso conocimiento sobre su ecología y silvicultura. En este trabajo se caracterizaron plantaciones forestales puras y mixtas, en fases de desarrollo joven e intermedio, con 14 especies nativas, catalogadas como preciosas y semi-preciosas en las tierras bajas y húmedas del norte de Guatemala, con el propósito de explorar la viabilidad biológica de su cultivo. Se analizó la composición, principales requerimientos ambientales y tasas de crecimiento, identificándose algunos de los factores limitantes de manejo para las especies evaluadas, combinando observación y entrevistas en campo con información reportada por la literatura. Se encontró que en principio es posible el cultivo de especies nativas amenazadas de madera valiosa en plantaciones forestales, sin embargo continúan existiendo vacíos relevantes de información sobre sus requerimientos auto ecológicos y los posibles tratamientos silvícolas para poder realizar un manejo sustentable de estas especies.

Palabras clave: especies nativas amenazadas, maderas valiosas.

2. Abstract

The Mesoamerican region holds significant diversity of timber species, including some that have been overexploited for their valuable timber. In addition to overharvest, the viability of such species is being threatened by habitat loss, as a result of deforestation induced by the expansion of the agricultural frontier. Cultivation of these species in plantations represents an option for their conservation and utilization; however, cultivation is limited by the scarce knowledge available on their ecology and silviculture. In this project we characterized in the humid lowlands of northern Guatemala, a set of pure and mixed plantations of young and intermediate ages with 14 native species regarded as precious and semi-precious timber producers. The aim of the research was to explore the species biological viability for cultivation. Stand composition, main ecological requirements and growth rates were analyzed, identifying some of the relevant limiting factors for management, combining field observation and interviews with information from literature. We found that at first glance it is feasible the cultivation in forest plantations of valuable-timber threatened natives, however relevant information gaps still remain about their autoecology and hence of possible silvicultural treatments, in order to carry out management of these species on sustainable basis.

Keywords: Threatened native species, valuable timbers.

3. Introducción

La deforestación continúa siendo un problema no resuelto en Guatemala; anualmente se estima una reducción neta de 38,500 hectáreas de cubierta forestal, lo que representó para el periodo 2006-2010 una disminución anual de 1% del bosque remanente (Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas & Universidad Rafael Landívar, 2011). El avance de la frontera agropecuaria reduce la superficie con cobertura forestal y provoca la fragmentación del bosque residual, lo cual pone en riesgo la viabilidad de las especies arbóreas presentes, incluyendo la de árboles de madera valiosa. La reducción de hábitat debido a la deforestación, sumado a la sobre explotación comercial por el valor de mercado de la madera de estas especies, está reduciendo y eventualmente agotando la variabilidad de sus poblaciones, al punto de ser consideradas como especies amenazadas o en peligro de extinción, por lo que ante la creciente presión humana, conservarlas resulta esencial.

Las tierras bajas y húmedas del norte de Guatemala comprenden la zona ubicada al norte de la Sierra Madre, incluyendo la denominada Franja Transversal del Norte (FTN), el Valle del río Polochic y la cuenca del lago de Izabal, la cuenca baja del río Motagua, así como el departamento de Petén. En conjunto, esta región comprende la mayor superficie boscosa de Guatemala, donde está ocurriendo la tasa más alta de deforestación, debido a la conversión de bosques hacia usos agropecuarios, inducido por diferentes factores, incluyendo la expansión de cultivos para agrocombustibles, cultivos de subsistencia y ganadería (Universidad del Valle de Guatemala et al., 2011).

La diversidad de especies arbóreas presentes en los bosques de las zonas cálidas y húmedas de Mesoamérica, -como las que aún existen en el norte de Guatemala- es amplia, destacando por el alto valor comercial de su madera, un grupo de especies catalogadas como “preciosas” y semi-preciosas” (Instituto Nacional de Bosques, 2017).

En respuesta a esta problemática, entre otras acciones de política pública emprendidas por el Estado de Guatemala, se ha promovido durante los pasados veinte años, el establecimiento de plantaciones forestales por medio del programa nacional de incentivos forestales (Pinfor). Una importante proporción de las plantaciones se han establecido utilizando especies nativas de alto valor comercial

(Instituto Nacional de Bosques, 2017). Considerando la cada vez menor superficie con bosques nativos primarios, la inclusión de estas especies en sistemas productivos de plantación constituye una opción viable y necesaria para conservarlas al tiempo que son utilizadas; estas plantaciones presentan variada estructura, composición y finalidad de manejo, aspectos poco documentados, lo cual limita las posibilidades de manejo sostenible de estos sistemas.

Se caracterizó los principales sistemas de plantación forestal que incluyen especies nativas valiosas amenazadas en las tierras bajas y húmedas del norte de Guatemala, identificando sus potencialidades y limitaciones para la conservación y uso sostenible de estas especies en particular y de manera más general de las plantaciones como opción para recuperar la cobertura forestal en la zona de estudio.

Se visualiza que la información producida en este proyecto constituya la base para trabajos más específicos de rescate y conservación *ex situ* de material genético superior de las especies evaluadas, así como para promover la expansión del cultivo en plantaciones comerciales de estas especies.

4. Marco teórico y estado del arte

4.1. Plantaciones forestales multipropósito

El establecimiento y manejo de plantaciones está en expansión en los trópicos como uno de los mecanismos más utilizados para abordar la problemática de la deforestación y producir madera para usos domésticos e industriales (Onyekwelu, J., Stimm, B., & Evans, J., 2011) así como por sus funciones ambientales, tales como la conservación de suelo y agua, absorción de carbono, rehabilitación de tierras degradadas (Gong, Liu, Li, Wei, Guo, Niu & Zhang, 2013; Montagnini & Jordan, 2005; Montagnini & Piotta 2011) y conservación de biodiversidad (Pride, Holland, Watson, Turton, & Nimmo, 2015)

Las plantaciones forestales con inclusión de especies nativas en diferentes arreglos representan una modalidad de conservación en sistemas productivos, en los cuales estas especies arbóreas amenazadas pueden ser utilizadas y conservadas por su valor utilitario de manera simultánea. Algunos trabajos recientes de experiencias de este tipo han sido reportadas por la literatura científica

(Hall, Ashton, Garen, & Jose, 2011; Hung, Herbohn, Lamb, & Nhan, 2011; Montagnini & Jordan, 2005; Piotto, 2008; Forrester, 2014).

4.2. Uso de especies nativas en plantaciones

Aun cuando el uso de especies exóticas predomina en los proyectos de reforestación en los trópicos, la inclusión de especies nativas presenta las siguientes ventajas sobre las exóticas: (i) mejor adaptación a las condiciones ambientales locales, (ii) las semillas y otras formas de propagación están localmente disponibles, y (iii) los productores locales están familiarizados con su cultivo y formas de utilizarlas. Adicionalmente, el uso de especies indígenas en sistemas productivos contribuye a preservar la diversidad genética local. Sin embargo, también existen una serie de desventajas que han limitado un mayor uso de estas especies, entre ellas (i) desconocimiento de su adaptación y crecimiento fuera de los ámbitos donde crecen naturalmente; (ii) ausencia de lineamientos sobre su manejo y alta variabilidad en su comportamiento e inexistencia de materiales genéticos seleccionados; (iii) semillas y plántulas usualmente no disponibles en la cantidad y calidad requeridas para su cultivo comercial; (iv) alta incidencia de plagas en algunas especies al ser plantadas en monocultivo; (v) ausencia de mercado para la madera de muchas de las especies (Montagnini & Jordan 2005; Onyekwelu et al., 2011).

Uno de los argumentos más fuertes para promover el uso de especies nativas en plantaciones es el alto valor comercial de la madera de algunas de ellas y la creciente escasez de estas en bosques nativos. Las especies nativas son usualmente preferidas para propósitos de restauración de tierras degradadas, especialmente cuando los servicios ecosistémicos tienen prioridad sobre la parte productiva (Montagnini & Jordan, 2005).

4.3. Investigación con especies nativas valiosas en Centroamérica y Guatemala

En años recientes, en la parte sur de Centroamérica se han estado realizando investigaciones sobre la silvicultura de algunas especies nativas (Calvo-Alvarado, Arias, & Richter, 2007; Petit & Montagnini, 2006; Redondo-Brenes & Montagnini, 2006); sin embargo, es notoria la falta de información documentada en Mesoamérica y dentro de esta región en Guatemala, sobre las posibilidades de cultivo en plantación de especies nativas de alto valor comercial.

Algunas iniciativas recientes de investigación en Guatemala han abordado el tema de la conservación de especies amenazadas por sobreexplotación debido al alto valor comercial de su madera, especialmente de las incluidas en el Convenio Internacional para el Control del Comercio de Especies en Peligro de Extinción –Cites- (Herrera, J.A. 2015; Herrera, M.E., 2015). Estos trabajos, aun en curso, se han centrado en estudiar aspectos fenológicos de las especies y particularmente en la biología de la reproducción y de alguna forma del componente genético, al tiempo que se realiza caracterización de las propiedades de la madera, destacando la implementación de un Laboratorio Forense de Maderas, único en su tipo en Guatemala, ubicado en la Facultad de Agronomía de la USAC, orientado a la identificación rápida de lotes de madera en apoyo a las medidas de control de comercio ilícito de estas especies.

Aun cuando los esfuerzos realizados con las iniciativas arriba descritas constituyen un aporte valioso a la conservación de estas especies, se requiere complementarlo con otras tareas que incluyan el estudio de sistemas productivos ya existentes que ofrecen posibilidades de conservación ex situ de muchas de las especies, algunas de las cuales probablemente estén agotándose en bosques nativos. La conservación y uso sostenible de material superior de estas especies conlleva una secuencia de acciones orientadas a su domesticación, partiendo de asegurar una adecuada diversidad genética en bosques nativos o sistemas de plantación, continuando con la selección de los materiales más promisorios para propagarlos y establecer ensayos en sitios con características ambientales contrastantes para estudiar su adaptación, crecimiento y requerimientos silvícolas; el ejemplo más notorio de un proceso de este tipo en Guatemala viene realizándose desde hace aproximadamente una década con *Tabebuia donnell-smithii*, conocido como Palo Blanco (Pilonés de Antigua et al., 2009).

4.4. Plantaciones mixtas

Debido a la diferenciación en características biológicas y ecológicas de especies arbóreas, frecuentemente se parte del supuesto que, al plantarse en mezclas, las especies son capaces de ocupar diferentes nichos en el ecosistema, los cuales se traslapan, permitiendo una explotación más económica de los recursos en comparación a los monocultivos. Adicional a este uso complementario de recursos, puede ocurrir una mejora en la nutrición y crecimiento de especies de madera valiosa por el efecto facilitador ofrecido por la inclusión en la mezcla de especies fijadoras de nitrógeno atmosférico (Kelty, 2006; Montagnini & Piotto, 2011; Oelmann et al., 2010;

Onyekwelu et al., 2011). Esto significa que la adecuada combinación de especies en mezclas y su crecimiento y producción puede ser superior a la producción obtenida en monocultivos de las mismas especies y a la vez puede mejorar los retornos económicos (Montagnini & Piotto, 2011).

En un experimento implementado en Costa Rica, (Petit & Montagnini, 2006), se encontró que *Jacaranda copaia* y *Vochysia guatemalensis* crecieron significativamente más rápido en mezclas que en monocultivo. La mezcla de *J. copaia*, *V. guatemalensis*, y *Calophyllum brasiliense* produjo 21% más en volumen comercial de madera que el monocultivo de *J. copaia*, que obtuvo el crecimiento más acelerado de las tres especies.

En un meta-análisis realizado para comparar productividad entre monocultivos y plantaciones forestales mixtas, (Piotto, 2008), se encontró que las plantaciones mixtas no mostraron mayores tasas de crecimiento en altura pero si de crecimiento en diámetro en comparación a los monocultivos de las mismas especies, con un moderado pero significativo efecto. El estudio sugiere que mezclar especies con distintos requerimientos incrementa el ritmo de crecimiento de las plantaciones, afirmándose que las plantaciones mixtas pueden jugar un rol importante en satisfacer necesidades económicas al acortar la duración de las rotaciones, al tiempo que agregan beneficios ecológicos.

4.5. Criterio para selección de especies

Esta investigación se orientó hacia el grupo de especies nativas con mayor valor comercial actual en Guatemala; todas ellas consideradas como “maderas preciosas” o “semi-preciosas” por Inab (Inab, 2017). Cada especie de este grupo presenta diferente grado de amenaza, lo cual se califica conforme a dos estándares oficiales, uno internacional propuesto por Cites (Cites, 2016) y el otro nacional, propuesto por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap, 2009). El listado de especies se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Listado de especies, categoría comercial y grado de amenaza

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Categoría comercial	Cites	Conap
Caoba Hoja Grande	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	Preciosa	II	3
Caoba del Pacífico	<i>Swietenia humilis</i> Zuccarini	Meliaceae	Preciosa	II	2
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Preciosa	III	2
Cocobolo	<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl	Leguminosae	Preciosa	III	2
Rosul, Granadillo	<i>Dalbergia stevensonii</i> Standl	Leguminosae	Preciosa	III	2
Sericote	<i>Cordia dodecandra</i> A.DC.	Boraginaceae	Preciosa		3
Jocote fraile, Jobillo	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Preciosa		3
Chichipate	<i>Sweetia panamensis</i> Benth.	Leguminosae	Preciosa		
Palo Blanco	<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Bignoniaceae	Semi-preciosa		
Matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	Bignoniaceae	Semi-preciosa		
Santa María	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	Semi-preciosa		
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Semi-preciosa		
Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Leguminosae	Semi-preciosa		3
San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn Sm.	Vochysiaceae	2aria		

Fuente: Cites, 2017; Conap, 2009; The Plant List, 2016.

Explicación de listado Conap

1: Especies que se encuentran en peligro de extinción.

2: Especies de distribución restringida a un solo tipo de hábitat (endémicas).

3: Especies que en la actualidad no se encuentran en peligro de extinción; podrían llegar a estarlo si no se regula su aprovechamiento.

Categorías 2 y 3 pueden aprovecharse con fines científicos y de reproducción y con fines comerciales, si cuentan con planes de manejo aprobados que garanticen la sobrevivencia de la especie.

Explicación de listado Cites

La Convención Cites busca regular el comercio global de especies amenazadas y en peligro. La convención tiene una membresía amplia, con más de 150 partes o países involucrados. En términos simples, la Cites actúa como una guardia fronteriza, restringiendo el flujo de especies raras o de sus componentes a través de las fronteras entre países. Cada Estado miembro de la Cites es requerido a designar una Autoridad Administrativa para el comercio de las especies incluidas en los Apéndices, así como una Autoridad Científica para proporcionar asesoría científica de su importación y exportación (Hunter, Salzman, & Zaelke, 2002). Las especies incluidas en la convención, se agrupan en listados, denominados apéndices, en función del grado de amenaza que presentan. La explicación de estos apéndices se describe a continuación.

Apéndice I: incluye las especies en peligro de extinción y la Cites prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación científica.

Apéndice II: figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo, a menos que se controle estrictamente su comercio. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse, concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación.

Apéndice III: figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies previa presentación de los permisos o certificados apropiados (Cites, 2017).

5. Objetivos

Objetivo general: caracterizar los principales tipos de plantación forestal con especies nativas valiosas en las Tierras Bajas del Norte de Guatemala.

Objetivos específicos

- Establecer la preferencia de las especies de interés así como su proporción para ser incluidas en sistemas de plantación en la zona.
- Identificar los principales requerimientos ambientales y calcular las tasas de crecimiento de las especies en plantaciones en la zona de estudio y su relación con la estructura de los rodales.
- Describir las principales prácticas aplicadas y los factores relevantes que limitan el manejo de plantaciones con las especies de interés.
- Elaborar una tipología de los principales sistemas de plantación forestal presentes en la zona de estudio con las especies evaluadas.

6. Materiales y métodos

6.1. Tipo de investigación

La investigación fue de carácter exploratorio; el propósito del trabajo fue identificar y caracterizar plantaciones con potencial para producir madera de alto valor comercial y simultáneamente conservar material genético de especies amenazadas. Se busca sentar las bases para futuros esfuerzos de investigación más específicos, que aborden con mayor detalle diferentes aspectos sobre la auto-ecología de las especies, su adaptación y crecimiento en distintos ambientes y regímenes de manejo, así como de estudios para conservación *ex situ* de su diversidad genética.

6.2. Levantamiento de información

El universo de estudio (población objetivo) lo constituyó el conjunto de plantaciones con las especies de interés en las tierras bajas y húmedas del norte de Guatemala. Esta información se obtuvo de la base de datos del Programa Nacional de Incentivos Forestales, que administra el Instituto Nacional de Bosques –Inab- (Instituto Nacional de Bosques, 2016). Se aplicó muestreo dirigido, donde la muestra fue definida buscando incluir rodales conteniendo la mayor variabilidad posible de condiciones ambientales y de manejo con presencia de las especies de interés; se tomó

en cuenta los siguientes criterios para la selección de plantaciones: (i) composición de especies: plantaciones puras, con dos especies y con tres o más especies; (ii) edad: fase de establecimiento, bosque joven, etapa intermedia y etapa de madurez; (iii) condición de sitio: suelos anegados, variación por condición topográfica; (iv) régimen de manejo: intensidad de intervención, control de plagas y control de malezas vinculado a la composición de rodal.

En las plantaciones seleccionadas se colectó la siguiente información: especie(s), edad, densidad inicial y actual (# arboles/ha), diámetro a la altura del pecho (Dap) en cm, altura total para arboles representativos por especie y clase diamétrica, estado sanitario, observaciones sobre fenología (sistema foliar perennifolio o caducifolio). Estas variables se colectaron en cada unidad de muestreo, siguiendo procedimientos estandarizados de medición forestal (Avery & Burkhart, 2002).

La unidad de muestreo consistió en parcelas de 500 y 1000 metros cuadrados de superficie, de forma rectangular. En la medida de lo posible se aprovecharon las parcelas permanentes de medición del sistema de monitoreo de plantaciones forestales que administra Inab. El instrumento para el registro de datos de las plantaciones se muestra en la sección de anexos de este informe.

En cuanto a la información sobre el manejo de las plantaciones, esta fue obtenida por entrevistas con los propietarios o administradores de los proyectos, así como de personal técnico local y del Programa de Incentivos de Inab, utilizando la boleta que aparece en la sección de anexos.

6.3. Análisis de información

El análisis realizado a los datos consistió en estadística descriptiva, incluyendo medidas de tendencia central y de variación. La información obtenida se condensó en las tablas 3 y 4. Adicionalmente se elaboró un mapa (figura 1) donde se ubican los puntos de muestreo para concluir con una discusión y análisis sobre el manejo que reciben y las potencialidades de las plantaciones con las especies evaluadas.

7. Resultados

7.1. Ubicación de plantaciones en el área de estudio

De acuerdo al sistema de zonas de vida de Holdridge (De La Cruz 1982), aun cuando la mayoría de sitios se encuentran en la zona de vida bosque subtropical muy húmedo, ocho muestras se localizaron en la zona de bosque tropical muy húmedo y una en la zona de bosque húmedo subtropical (templado); en general las especies plantadas muestran poco estrés ambiental debido a la condición climática, debido a que la estación seca no dura más de cuatro meses. La edad de plantaciones varió entre 5 y 23 años, predominando

rodales de edad joven (entre 6 y 12 años) e intermedia (12 a 20 años). La Tabla 2 muestra el número de puntos de muestreo, la altitud y la región fisiográfica para cada una de las cuatro regiones naturales incluidas en el estudio; la ubicación geográfica de las plantaciones muestreadas se despliega en la figura 1.

Tabla 2

Características geográficas de la muestra

Región Natural	# Puntos Muestreo	Altitud (m) Media (rango)	Región Fisiográfica
Franja Transversal del Norte (FTN)	21	192 (100-288)	Tierras Bajas Interior Peten; Depresión Lago Izabal; Tierras Altas Sedimentarias
Sur Petén	11	188 (50-350)	Tierras Bajas Interior Peten
Cuenca Polochic-Izabal	17	230 (18-995)	Depresión Lago Izabal
Cuenca Baja río Motagua	2	627 (570-700)	Depresión Lago Izabal Tierras Bajas Cristalinas

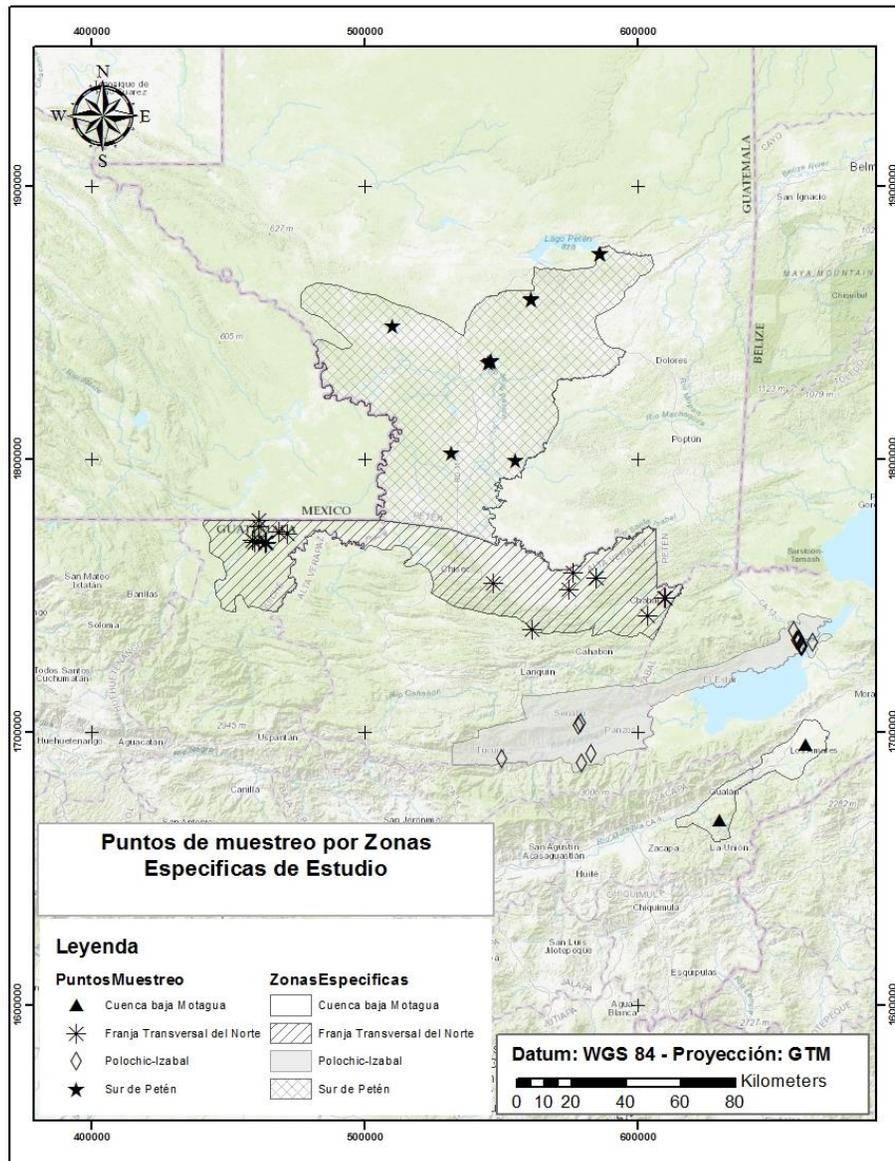


Figura 1. Puntos de muestreo de plantaciones.

7.2. Rasgos ecológicos de las especies

La Tabla 3 presenta los principales requerimientos ecológicos, los arreglos frecuentes de plantación y la densidad de la madera de las especies.

Tabla 3

Principales rasgos ecológicos y de cultivo de las especies evaluadas

Especie	Rasgos ecológicos	Densidad maderera g/cm ³	Arreglos frecuentes y limitantes de manejo
<i>S. macrophylla</i>	Heliófila; pionera de larga vida; crecimiento intermedio.	0.45 - 0.55	Plantada tanto en monocultivo como mezclas; afectadas por barrenador del ápice.
<i>S. humilis</i>		0.54 - 0.60	
<i>C. odorata</i>	Heliófila; pionera larga vida; crecimiento medio; requiere suelos bien drenados; caducifolia.	0.34 - 0.66	
<i>D. retusa</i>	Heliófila; perennifolia; copa abierta y expandida; crecimiento lento.	0.83 - 0.89	Árbol sombra en baja densidad en cacao; requiere poda continua.
<i>D. stevensonii</i>	Heliófila; tolera suelos anegados; copa columnar y caducifolia; crecimiento medio.	0.71 - 0.82	Tolera suelos anegados.
<i>C. dodecandra</i>	Amplio tolerancia a luz; tolera sitios muy alterados.	0.53 - 0.77	Muy escaso en plantaciones.
<i>A. graveolens</i>	Caducifolia; heliόfila; crecimiento lento.	0.76 - 1.09	Escaso en plantaciones; usado para sombra de cacao en alta densidad por su copa compacta y columnar.
<i>S. panamensis</i>	Parcialmente tolerante a sombra	0.80	Muy escaso en plantaciones; encontrado en mezclas a baja densidad asociado a <i>Swietenia spp.</i>
<i>T. donnell-smithii</i>	Tolera sombra parcial;; crecimiento intermedio	0.3 - 0.53	Densidades medias en mezclas; Requiere sombra parcial etapas juveniles y suelos profundos y bien drenados
<i>T. rosea</i>	Heliόfila; pionera de larga vida; crecimiento intermedio.	0.48 - 0.72	Tolera tanto sitios estacionalmente anegados como secos.
<i>C. brasiliense</i>	Tardía sucesión ecológica; requiere sombra parcial.	0.47 - 0.70	Árbol de sombra en café, cacao y ganadería; tolera sombra.
<i>C. alliodora</i>	Intolerante a sombra; suelos fértiles	0.33 - 0.73	Tolera amplia gama de condiciones ambientales.
<i>E. cyclocarpum</i>	Heliόfila; fija nitrógeno; pionera de larga vida; crecimiento intermedio.	0.30 - 0.50	Frecuente en fincas ganaderas estacionalmente secas en Pacífico de Centroamérica,
<i>V. guatemalensis</i>	Pionera larga vida; rápido crecimiento.	0.31 - 0.45	Tolera suelos anegados.

Fuente: Calvo-Alvarado, Arias & Richter, 2007; Carpenter, Nichols, Pratt & Young, 2004; Cordero et. al., 2003; Elaboración propia; Francis & Lowe, 2000; Griscom & Ashton, 2011; Pettit & Montagnini, 2004; The Wood Data base 2016; World Agroforestry Center, 2017.

7.3. Superficies plantadas, arreglos de plantación y crecimiento

De acuerdo al Servicio Forestal Nacional (Inab, 2017), *T. donnell-smithii* fue la especie nativa de madera valiosa con la mayor superficie cultivada con incentivos de gobierno durante los pasados

20 años en el país, seguida por *C. odorata*, *C. brasiliense* y *S. macrophylla* (Tabla 4); estas cuatro especies se encontraron entre las 10 más cultivadas en términos de superficie; Se encontraron 13 de las 14 especies de interés del proyecto en las plantaciones visitadas en la zona de estudio. La única especie no encontrada fue *C. dodecandra*, aparentemente debido al poco conocimiento de sus métodos de cultivo y probablemente por su lento crecimiento y limitado mercado para su madera. La Tabla 4 presenta además las proporciones de las especies y las tasas de crecimiento alcanzadas. Tabla 4

Superficies plantadas, arreglos de plantación y crecimiento de especies evaluadas

Especie	Área plantada nacional has (mezclas)	Proporción rodal % A. basal media (rango)	Crecimiento (rango) incremento medio anual		Edad (años) media (rango)
			DAP cm/año	Altura m/año	
<i>S. macrophylla</i>	1,002 (16)	41(5 – 100)	1.19 (0.61 - 2.25)	0.98 (0.61 - 1.94)	13 (6 - 19)
<i>S. humilis</i>	71 (2)	16 (2 – 30)	1.35 (1.23 - 1.46)	1.17 (1.11 - 1.23)	17 (13 - 20)
<i>C. odorata</i>	1,404 (8)	49 (2 – 100)	1.58 (0.70 - 2.43)	1.24 (0.49 - 2.19)	14 (5 - 20)
<i>D. retusa</i>	87 (58)	47 (3 – 51)	1.15 (0.74 - 1.51)	0.99 (0.64 - 1.48)	14 (6 - 19)
<i>D. stevensonii</i>	82 (0)	48 (5 – 100)	1.0 (0.59 - 1.31)	1.0 (0.82 - 1.43)	17 (13 - 19)
<i>C. dodecandra</i>	300 (5)				
<i>A. graveolens</i>	65 (9)	21 (1 - 78)	0.68 (0.29 - 1.26)	0.68 (0.38 - 1.08)	16 (13 - 19)
<i>S. panamensis</i>	16 (2)	34 (1 – 67)	0.87 (0.83 - 0.91)	0.73 (0.70 - 0.76)	14.5 (14 - 15)
<i>T. donnell-smithii</i>	6,582 (nd)	30 (7 – 77)	1.74 (0.88 - 2.88)	1.38 (0.83 - 1.96)	14 (13 - 15)
<i>T. rosea</i>	3,473 (15)	6 (3 – 10)	1.07 (0.87 - 1.12)	0.80 (0.25 - 1.34)	14 (9 - 18)
<i>C. brasiliense</i>	1,522 (17)	49 (8 – 91)	1.16 (0.74 - 1.45)	1.10 (1.04 - 1.31)	12 (8 - 19)
<i>C. alliodora</i>	138 (1)	15 (3 – 41)	1.85 (0.80 - 3.12)	1.65 (0.88 - 2.56)	14 (5 - 19)
<i>E. cyclocarpum</i>	280 (1)	100	1.82	0.73	23
<i>V. guatemalensis</i>	993 (6)	38 (4 – 91)	1.86 (0.46 - 3.89)	1.13 (0.35 - 2.07)	15 (8 - 19)

Fuente: Elaboración propia; Instituto Nacional de Bosques, 2017; Instituto Nacional de Bosques, 2016.

7.4. Matriz de evaluación de resultados

Para evaluar la congruencia entre lo planteado en el proyecto y los resultados-hallazgos obtenidos, se elaboró una matriz a partir de los objetivos que orientaron la investigación. Esta matriz se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5

Matriz de evaluación de resultados

Objetivo específico	Resultado esperado	Resultado obtenido
Establecer la preferencia de las especies de interés así como su proporción para ser incluidas en sistemas de plantación en la zona	Diferenciar las especies por su grado de preferencia para cultivo	Superficies plantadas y proporción en rodal de especies en zona estudio (Tabla 4)
Identificar los principales requerimientos ambientales y calcular las tasas de crecimiento de las especies en plantaciones en la zona de estudio	Principales rasgos ecológicos de las especies identificados así como tasas de crecimiento en la zona calculados	Rasgos ambientales y tasas de crecimiento listados por especie (Tablas 3 y 4)
Describir principales prácticas de manejo aplicadas y factores limitantes de sostenibilidad de plantaciones	Descripción de prácticas y restricciones de manejo de plantaciones para las especies	Principales prácticas y restricciones de manejo de las especies en plantación en la zona descritas (Tabla 3)

8. Discusión

8.1. Preferencia de especies y esquemas de cultivo

De las 14 especies evaluadas, 5 se reportaron con mayor superficie de cultivo a escala nacional, coincidiendo su preferencia en la zona de estudio. Estas son *C. odorata*, *S. macrophylla*, *C. brasiliense*, *T. donnell-smithii* y *T. rosea*; todas ellas presentan más de 1,000 hectareas a escala nacional en los registros de Pinfor. El resto de especies han sido cultivadas en menor superficie.

El interés por cultivar las 5 especies nativas valiosas identificadas con la mayor preferencia, proviene de la promoción realizada por Inab y del entusiasmo de los productores atraídos por el alto valor de la madera (Tabla 4). Sin embargo, de manera similar a lo que ocurre en otras regiones tropicales de clima cálido húmedo, pino caribe, teca y melina (especies exóticas de rápido crecimiento), son las especies más cultivadas en estas condiciones climáticas debido a la

disponibilidad de propagulos de calidad fiable y en suficiente cantidad además del conocimiento sobre su silvicultura, la cual es un proceso relativamente simple.

En general las especies nativas valiosas tienen menor preferencia para cultivo en relación a las exóticas de rápido crecimiento. El limitado conocimiento sobre los requerimientos ecológicos de las nativas y por tanto de su silvicultura, junto a la ausencia de semilla y plántulas en cantidad y calidad suficientes hacen de su cultivo comercial una tarea difícil. Un aspecto crítico que surge es la necesidad de exploración y evaluación de materiales genéticos con características deseables y diversas de estas especies con fines de conservación *ex situ*, como un componente clave para su conservación y uso a largo plazo.

Como muestra la Tabla 4, aun cuando en los registros oficiales hay predominancia de monocultivo de todas las especies, en las visitas de campo se encontró que estas especies son mucho más frecuentes en mezclas, en diferentes proporciones y densidades, asociadas a otras especies maderables y a cultivos agrícolas o pastizales. Aunque Inab ha promovido el establecimiento de rodales puros, los productores usualmente tienden a diversificar la composición de los rodales como estrategia para abordar los riesgos biológicos y financieros. Este aspecto requerirá especial atención en futuros estudios.

8.2. Criterios de agrupación de especies

Este trabajo se orientó a tratar de responder a tres preguntas respecto a las plantaciones con especies nativas valiosas en las tierras bajas y húmedas del norte de Guatemala. Estas preguntas fueron: (i) ¿Cuáles son las especies más frecuentemente cultivadas y en que modalidad se están plantando (monocultivo o mezclas)?; (ii) ¿Cuáles son los principales rasgos ecológicos y las tasas de crecimiento de las especies?; (iii) ¿Qué factores se identifican como limitantes del manejo de las especies en plantación y considerando el conocimiento actual que se tiene de ellas, que tan viable resulta cultivarlas?

La combinación de las respuestas a las preguntas orientadoras de la investigación, condujo a la conformación de cuatro grupos de plantaciones con las especies evaluadas en la zona de estudio. Esto se presenta en la tipología de plantaciones.

8.3. Tipología de plantaciones

El cultivo en plantaciones forestales con especies nativas valiosas en la zona de estudio puede sintetizarse desde una perspectiva de manejo en cuatro grupos. El primer grupo corresponde a las especies denominadas “maderas preciosas tradicionales”, en el cual se incluyen las especies de la familia Meliácea nativas del neo trópico, siendo estas *S. macrophylla* y *C. odorata*, caracterizadas por su bien conocida madera valiosa, apreciada en los mercados nacional e internacional. El suministro comercial de madera de estas especies históricamente ha provenido y continúa siendo aportado en Guatemala por los bosques nativos, particularmente de la Reserva de Biosfera Maya y de algunos fragmentos fuera de esa área protegida. Con el inicio del Pinfor surgió el interés por cultivarlas en plantación, intención que ha venido creciendo, lo que ubica a estas especies entre las 10 más cultivadas con incentivos durante los pasados 20 años; el control del barrenador del ápice continua siendo la principal limitante para el cultivo exitoso en plantaciones, particularmente poco viable su control en monocultivo. Aun cuando del total de especies estudiadas en el proyecto, este grupo es por mucho el que ha recibido la mayor atención en términos de cultivo a nivel internacional, habiéndose investigado aspectos sobre su genética (Ward & Lugo, 2003; Francis & Alemañy, 2003; Navarro, Wilson, Gillies & Hernandez, 2003), sitio (Fetcher, Wen, Montaña & de Castro, 2003; Medina & Cuevas, 2003; Medina, Wang, Lugo & Popper, 2003) y silvicultura (Negreros-Castillo & Mize, 2003; Lugo & Fu, 2003; Francis, 2003). En Guatemala y Centroamérica, poco de ese conocimiento ha sido trasladado para ser aplicado por productores, por lo que el enfoque de prueba y error representa el esquema dominante cuando se plantan estas especies Meliáceas valiosas. En síntesis, la relativa alta frecuencia con que han sido plantadas estas especies es el resultado de la disponibilidad de semilla y plántulas, así como por el manifiesto interés de los productores y no tanto de adecuado conocimiento para su cultivo.

El segundo grupo se designó como “maderas preciosas emergentes”, compuesto por *D. retusa*, *D. stevensonii* y *S. humilis*, para las cuales está incrementándose -aunque lentamente- el interés por cultivarlas como resultado de los altos precios que ha alcanzado su madera en el mercado internacional en años recientes, especialmente para las especies del genero *Dalbergia*, el cual incluso supera al de las preciosas tradicionales. Este grupo se caracteriza por la escasez de árboles maduros aprovechables en bosques nativos, el conocimiento poco preciso sobre su distribución natural actual y la creciente presión para su explotación, mucha de la cual está ocurriendo ilegalmente. El número de proyectos identificados y las superficies de plantación con estas especies

es reducido: menor a 100 hectáreas para cada especie en total nacional (Tabla 4). Las dos especies del género *Dalbergia* han sido incluidas en los listados Cites por iniciativa de las autoridades de Guatemala (Cites, 2017); se ha conformado un grupo nacional en Guatemala para promover la conservación y usos sostenible de estas especies, centrándose en las especies de *Dalbergia*, aunque se incluye también a otras especies amenazadas de los géneros *Swietenia* y *Cedrela*. Es muy probable que mucho del germoplasma remanente de las tres especies de este grupo en Guatemala, permanezca en sistemas agroforestales diseminados por las tierras bajas del Norte y Sur del país. Muy poco se conoce sobre su genética, auto-ecología y silvicultura.

Un tercer grupo, llamado “maderas preciosas escasamente cultivadas” fue conformado por *C. dodecandra*, *A. graveolens* y *S. panamensis*. Dos aspectos definen a este grupo: el alto valor de la madera y muy escasa superficie con plantaciones (Tabla 3). Aunque la deseabilidad de las maderas de este grupo parece ser menor al compararlas con las especies de los dos grupos anteriores, lo que podría reducir la presión para su conservación, estas enfrentan limitantes similares vinculadas al pobre conocimiento y experiencia sobre su cultivo como grupo emergente de maderas preciosas.

Finalmente, se estableció el grupo denominado “maderas semi-preciosas”, que incluye *C. brasiliense*, *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *V. guatemalensis*, *T. rosea* y *T. donnell-smithii*. Las especies del grupo aun cuando producen maderas de menor valor comercial en relación a las maderas preciosas, su calidad les permite ser utilizadas para usos de alto valor, incluyendo la fabricación de gabinetes de cocina y mueblería fina, entre otros. Representan la opción para reemplazar a las maderas preciosas cuando el suministro de estas se agota por diversas razones. *E. cyclocarpum* es la única especie del grupo identificada con cierto grado de amenaza por la autoridad nacional de Guatemala. En general, el menor grado de amenaza que de momento se percibe para estas especies puede ser debido a que su cultivo y disponibilidad es más usual en sistemas agroforestales. Cuatro de ellas han sido plantadas con cierta frecuencia en plantaciones forestales en monocultivo (Tabla 4), en las cuales se han presentado algunos problemas no esperados y su reemplazo por otras especies de más fácil cultivo aunque regularmente de menor valor comercial.

9. Conclusiones

Ninguna de las especies en estudio ha sido plantada extensamente en Guatemala. *T. donnell-smithii* fue la única especie con superficie superior a 5,000 hectáreas, cuatro especies le siguen, todas ellas con superficies plantadas arriba de 1,000 hectáreas (*T. rosea*, *C. odorata*, *C. brasiliense* y *S. macrophylla*); cuatro de estas especies se encontraron entre las 10 más cultivadas en términos de superficie (Inab, 2017); el interés por cultivarlas proviene de la promoción realizada por el Servicio Forestal y del entusiasmo de los productores atraídos por el alto valor de la madera.

Los requerimientos ecológicos de las especies estudiadas continúan sin ser completamente conocidos. La tolerancia a sombra, condiciones de clima y suelo varían, siendo el factor más variable la condición de suelo en cuanto a profundidad, humedad y nutrientes. Algunas especies toleran ambientes más diversos que otras. Las tasas de crecimiento también son muy variables en función del sitio, la genética y el manejo. La densidad de la madera está relacionada a la tasa de crecimiento, presentando las especies más pesadas ritmos de crecimiento más lentos. La casi totalidad de plantaciones evaluadas se encontraban en etapas de desarrollo juvenil e intermedio.

Con base en el manejo, las especies se agruparon en cuatro categorías. El primer grupo corresponde a las especies denominadas “maderas preciosas tradicionales”, en el cual se incluyen las Meliáceas nativas del neotropico *S. macrophylla* y *C. odorata*. Un segundo grupo se designó como “maderas preciosas emergentes”, compuesto por *D. retusa*, *D. stevensonii* y *S. humilis*, para las cuales está incrementándose el interés por cultivarlas como resultado de los altos precios que ha alcanzado su madera en el mercado internacional en años recientes, especialmente para las especies del genero *Dalbergia*, la madera de las cuales está superando al de las preciosas tradicionales. El tercer grupo fue llamado “maderas preciosas escasamente cultivadas”, conformado por *C. dodecandra*, *A. graveolens* y *S. panamensis*. Dos aspectos definen a este grupo: madera densa de alto valor comercial para aplicaciones específicas en artesanías y otros usos de alto valor y muy escasa superficie con plantaciones. Finalmente, se estableció el grupo de “maderas semi-preciosas”, que incluye *C. brasiliense*, *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *V. guatemalensis*, *T. rosea* y *T. donnell-smithii*, todas productoras de madera con valor comercial menor en relación a las preciosas, pero con calidad suficiente para ser utilizadas en diversas aplicaciones de alto valor, como la fabricación de gabinetes de cocina y mueblería fina, entre otros. Representan la opción para reemplazar a las maderas preciosas cuando el suministro de estas se agota.

10. Referencias

- Avery, T.E. & Burkhardt, H.E. (2002). *Forest measurements* (5a. ed.). Long Grove, Illinois: McGraw-Hill.
- Calvo-Alvarado, J., Arias, D., & Richter, D. (2007). Early growth performance of native and introduced fast growing tree species in wet to sub-humid climates of the Southern region of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 242 (2007), 227-235.
- Carpenter F., Nichols, J., Pratt, R., & Young, K. (2004). Methods of facilitating reforestation of tropical degraded land with the native timber tree, *Terminalia amazonia*. *Forest Ecology and Management*, 202, 281–291.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala -LEA- y listado de especies de flora y fauna silvestres CITES de Guatemala* (2ª. ed.). Guatemala: Autor.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres –Cites- (2017). [En línea]. Recuperado de <https://www.cites.org/esp/app/index.php>.
- Cordero J, Mesen F, Montero M, Stewart J, Boshier D, Chamberlain J, ... Detlefsen, G. (2003). Descripción de especies de árboles nativos de América Central. En: J. Cordero & D. Boshier (Eds.), *Arboles de Centroamerica*, (pp. 915-916). Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Cruz, De La, J. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Fetcher, N., Wen, S., Montaña, A., & de Castro, F. (2003). Photosynthetic Response of Hybrid Mahogany Grown Under Contrasting Light Regimes. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.117-128). New York: Springer-Verlag.
- Forrester, D. (2014). The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: from pattern to process. *Forest Ecology and Management*, 312, 282-292.
- Francis, J. (2003). Mahogany planting and Research in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.329-341). New York: Springer-Verlag.

- Francis, J., & Alemañy, S. (2003). Hurricane Damage to Mahogany Crowns Associated with Seed Source. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.94-102). New York: Springer-Verlag.
- Francis, J., & Lowe, C. (2000). *Silvics of Native and Exotic Trees of Puerto Rico and the Caribbean Islands, (General Technical Report IITF-15)*. Rio Piedras, Puerto Rico: United States Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry.
- Gong, X., Liu, Y., Li, Q., Wei, X., Guo, X., Niu, D., ... & Zhang, L. (2013). Sub-tropic degraded red soil restoration: Is soil organic carbon build-up limited by nutrients supply. *Forest Ecology and Management*, 300, 77-87.
- Griscom, H., & Ashton, M. (2011). Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management*, 261, 1564-1579.
- Hall, J., Ashton, M., Garen, E., & Jose, S. (2011). The ecology and ecosystem services of native trees: implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *Forest Ecology and Management*, 261, 1553-1557.
- Herrera, J.A. (2015). *Conservación y mejoramiento genético de la especie forestal de Caoba (Swietenia humilis Zuccarini), mediante la identificación de fenotipos representativos con características superiores seleccionados en el rango de distribución natural de la especie en Guatemala*. [Diapositivas de Power Point]. Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Herrera, M.E. (2015). *Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en Cites*. [Diapositivas de Power Point]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Hung, T., Herbohn, J., Lamb, D., & Nhan, H. (2011). Growth and production varies between pairwise and mixtures and monoculture plantations in North Viet Nam. *Forest Ecology and Management*, 262, 440-448.
- Hunter, D., Salzman, J., & Zaelke, D. (2002). *International environmental law and policy* (2a ed.). New York: Foundation Press.

- Instituto Nacional de Bosques. (2017). Programa Nacional de Incentivos Forestales. Guatemala: Autor. Recuperado de www.inab.gob.gt.
- Instituto Nacional de Bosques. (2016). Registro de la Red Nacional de Parcelas Permanentes de Medición Forestal. Guatemala: Autor.
- Kelty, M. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233, 195-204.
- Lugo, A., & Fu, S. (2003). Structure and Dynamics of Mahogany Plantations in Puerto Rico. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.288-329). New York: Springer-Verlag.
- Medina, E., & Cuevas, E. (2003). Comparative Analysis of the Nutrition Status of Mahogany Plantations in Puerto Rico. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.129-145). New York: Springer-Verlag.
- Medina, E., Wang, H., Lugo, A., & Popper, N. (2003). Growth, Water, and Nutrient-Related Plasticity in Hybrid Mahogany Leaf Development Under Contrasting Light Regimes. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.146-168). New York: Springer-Verlag.
- Montagnini, F., & Jordan, C. (2005). *Tropical Forest Ecology: The Basis for Conservation and Management*. Berlin: Springer.
- Montagnini, F., & Piotta, D. (2011). Mixed Plantations of Native Trees on Abandoned Pastures: Restoring Productivity, Ecosystem Properties and Services on a Humid Tropical Site. En: S. Gunter, M. Weber, B. Stimm, & R. Mosandl (Eds.), *Silviculture in the Tropics*, (pp. 501-511). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Navarro, C., Wilson, J., Gillies, A., & Hernandez, M. (2003). A New Mesoamerican Collection of Big-Leaf Mahogany. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.103-116). New York: Springer-Verlag.
- Negreros-Castillo, P., & Mize, C. Enrichment Planting of Big-Leaf Mahogany and Spanish Cedar in Quintana Roo, Mexico. (2003). En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp.278-287). New York: Springer-Verlag.

- Oelmann, Y., Potvin, C., Mark, T., Werther, L., Tapernon, S. & Wilcke, W. (2010). Tree mixture effects on aboveground nutrient pools of trees in an experimental plantation in Panama. *Plant Soil*, 326, 199-212.
- Onyekwelu, J., Stimm, B., & Evans, J. (2011). Plantation Forestry Review. En S. Gunter, M. Weber, B. Stimm, & M. Reinhard (Eds.), *Silviculture in the Tropics* (pp. 399-454). Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Petit, B. & Montagnini, F. (2006). Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233, 338-343.
- Petit, B. & Montagnini, F. (2004). Growth equations and rotation ages of ten native tree species in mixed and pure plantations in the humid neotropics. *Forest Ecology and Management*, 199, 243-257.
- Pilones de Antigua, Gremial Forestal, Instituto Nacional de Bosques, Asociación Nacional del Café, & Cooperativa Internacional para la Conservación y Domesticación de Recursos Forestales. (2009). *Conservación de Material Genético Superior del Palo Blanco (Roseodendron donnell-smithii Rose) para su propagación y desarrollo comercial*. Guatemala: Autor.
- Piotto, D. (2008). A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management*, 255, 781-786.
- Pryde, E., Holland, G., Watson, S., Turton, S., & Nimmo, D. (2015). Conservation of tropical forest tree species in a native timber plantation landscape. *Forest Ecology and Management*, 339, 96-104.
- Redondo-Brenes, A., & Montagnini, F. (2006). Growth, productivity, above ground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 232, 168-178.
- The plant list. (2016). Versión 1.1 Recuperado de: <http://www.theplantlist.org/1.1/about>.
- The Wood Database. (2016). Propiedades fisico-mecánicas y usos industriales de especies tropicales. Recuperado de <http://www.wood-database.com>.

- Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, & Universidad Rafael Landívar. (2011). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006*. Guatemala: Autor.
- Ward, S., & Lugo, A. (2003). Twenty Mahogany Provenances Under Different Conditions in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. En: A. Lugo, J. Figueroa & M. Alayón (Eds.), *Big-Leaf Mahogany Genetics, Ecology and Management*, (pp. 29-93). New York: Springer-Verlag.
- World Agroforestry Center. (2017). Tree Functional Attributes and Ecological Database. Recuperado de <http://www.worldagroforestry.org/>.

11. Anexos

11.1. Actividades De gestión y vinculación

Impacto esperado y estrategia de difusión

Se espera que los resultados obtenidos con el proyecto contribuyan con la conservación y uso sostenible de las especies evaluadas, las cuales constituyen un recurso semisilvestre con usos actuales y potenciales valiosos para la economía de las zonas de estudio y del país, particularmente para el bienestar de las comunidades locales. La información generada en este trabajo puede constituir un aporte a la estrategia nacional de biodiversidad, en este caso en la conservación y uso sostenible de especies maderables amenazadas, estrategia que es liderada en el país por Conap, entidad que representa la autoridad científica y administrativa del Cites en Guatemala y tiene bajo su responsabilidad la conservación de especies silvestres de flora y fauna, incluyendo las evaluadas en esta investigación. Por otro lado, lo alcanzado con el proyecto está en congruencia con el interés manifestado por la Digi-Usac de promover investigación para la conservación de germoplasma de especies nativas para diferentes usos en Guatemala, para estimular su valorización.

Para la divulgación de los resultados del proyecto, además de la publicación del presente informe, se preparó un documento en formato de artículo científico para su publicación en una revista con arbitraje; se espera que el artículo pueda ser publicado en uno de los próximos números de la Revista Ciencia, Tecnología y Salud de la Dirección General de Investigación de la USAC o en su defecto en otra revista de similar calificación. Por otro lado, los investigadores del proyecto participarán en eventos de presentación de resultados de investigación que organicen la DIGI y entidades como Inab, Fausac u otras para difundir los resultados obtenidos con el proyecto.

Adicionalmente, los resultados del proyecto se incluirán para su divulgación en las plataformas electrónicas de la Digi, la Fausac e Inab. Cabe resaltar que, aunque esta fuera del alcance del proyecto en sí, la información generada en esta investigación y en otras similares en la temática, es necesaria la búsqueda de mecanismos para divulgarlos por medios escritos, audio-visuales y comunicación personal con los potenciales usuarios, particularmente productores, técnicos y profesionales del sector público y privado, así como estudiantes de nivel medio y superior de carreras agrícolas y forestales.

11.2. Instrumentos utilizados para levantamiento de información

Boleta para levantamiento de datos de campo de plantaciones.

Finca: _____ Código UM: _____
Coordenadas: _____ Municipio: _____
Fecha medición: _____ Cobertura dosel (%) _____

No. Árbol	Especie	DAP cm.	H total m.	HcViva m.	Forma fuste	Sanidad

FUSTE: 1: Recto 2: Inclinado 3: Sinuoso
 4: Bifurcado 5: Ramas <1/2 h total 6: Gambas

SANIDAD FUSTE: 1: Sano 2: Pudrición 3: Insectos
 4: Lianas 5: Otros

Boleta para entrevista a administradores/propietarios de plantaciones.

Nombre finca: _____ Propietario: _____
Municipio: _____ Edad plantación: _____

Uso previo del suelo:

Propósito de la plantación:

Historial de manejo: limpias, aclareos, podas, protección, asocio con cultivos alimenticios.

Precios de productos leñosos en finca: por tipo de producto (leña, postes, construcción rural, trozas para aserradero) para cada especie presente en la plantación.

11.3. Fotografías de fase de campo del proyecto



Figura 2. Plantación Agroforestal Finca La Constancia, Panzos, Alta Verapaz

S macrophylla, *D stevensonii*, *T donnel-smithii*, *S humilis* y *C alliodora*. El sistema agroforestal asocia cacao (*Theobroma cacao* L), Vainilla (*Vainilla planifolia*), Piña (*Ananas comosus*) y Naranja (*Citrus* sp).



Figura 3. Plantación pura de *C. odorata* Finca La Cartuchera, Loas Amates, Izabal

Plantación de 9 años, semilla recolectada en Sierra Merendon, cuyo material ha sido replicado en otros sitios. *C. odorata* muestra desarrollo promisorio. Anteriormente el sitio fue destinado a producir café, el cual fue sustituido por las plantaciones con especies maderables valiosas.



Figura 4. Mezcla de especies en plantación, Finca Don Bosco, Raxruha, Alta Verapaz.

Sistema de cultivo en mezcla de *S. macrophylla* y *T. donnell-smithii*. El distanciamiento entre individuos de Palo Blanco es de 3x3. Entre los árboles de Palo Blanco se plantó en callejón la Caoba. Hubo ataque significativo del barrenador en Caoba; se observó bifurcaciones a partir 4 metros de altura. No hubo control de ataque ya que los fines de esta plantación son de conservación de especies nativas. El sitio está muy limpio y se encuentra en un pie de monte, donde la pendiente no sobrepasa el 5%. El Palo Blanco en asocio con otras especies desarrolla buen crecimiento, tolera sombra parcial por lo que la competencia estimula su crecimiento en altura.



Figura 5. Mezcla de especies nativas Finca Montealegre, Ixcán, Quiché.

Dominancia de *S. macrophylla*. Se observó que el ataque del barrenador afectó muy poco las yemas apicales de los individuos. El propietario dio manejo durante los años críticos del ataque y el método que empleó para el control de esta plaga fue por medio de inyección de infusión de Chile (*Capsicum sp*) y Ajo (*Allium sativum*). Se utilizó monitoreo intensivo de árboles de Caoba hasta que alcanzaron 3 m. de altura. A partir de este momento la plaga no logró dañar las plantas. Esta es una de los mejores ejemplos de manejo y de control del barrenador de las Meliáceas.



Figura 6. Plantación pura de *A. graveolens* Río Seja, Livingston, Izabal.

Asocio agroforestal *A. graveolens* en estrato arbóreo como sombra de Cacao (*T. cacao*). El sistema tiene doble propósito, buscando que la producción de cacao genere el flujo de caja mientras maduran los árboles de sombra. Se observó que el ataque de termitas podría llegar a ser muy perjudicial para la salud del rodal. Los trabajadores de la finca mencionaron que no controlan con nada dicho problema.



Figura 7. Plantación mixta Finca Flores, Livingston, Izabal.

Plantación ubicada en sitio anegado. Visitada en mes de agosto, época lluviosa. Como se puede observar en la fotografía, especies como *C. brasiliense* y *V. guatemalensis* pueden adaptarse a sitios anegados. Otro ejemplo de adaptación es el Matiliguat (*T. rosea*), especie que se adapta tanto a sitios anegados como muy secos.

11.4. Síntesis de sitios incluidos en la muestra

Tabla 6

Rodales y sitios muestreados en el proyecto

Sitios	Región	Municipio	Altitud (m)	Zona Vida	Topografía	Especie dominante	GTM X	GTM Y
San Juan La 15 Parcela 1	FTN	Ixcán	224	bmh-S(c)	Planicie	<i>D. stevensonii</i>	464225	1769224
San Juan La 15 Parcela 2	FTN	Ixcán	220	bmh-S(c)	Planicie	<i>D. stevensonii</i>	464354	1769406
San Juan La 15 Parcela 3	FTN	Ixcán	214	bmh-S(c)	Ladera	<i>D. stevensonii</i>	464264	1769278
San Juan La 15 Parcela 4	FTN	Ixcán	210	bmh-S(c)	Ladera	<i>D. stevensonii</i>	464214	1769208
El Peñón	FTN	Ixcán	197	bmh-S(c)	Planicie	<i>C. brasiliense</i>	471996	1772620
Finca Cari Parcela 1	FTN	Ixcán	200	bmh-S(c)	Planicie	<i>C. brasiliense</i>	459610	1770029
Finca Cari Parcela 2	FTN	Ixcán	170	bmh-S(c)	Ladera	<i>Mezcla especies</i>	459541	1770200
Monte Alegre	FTN	Ixcán	200	bmh-S(c)	Ladera y planicie	<i>S. macrophylla</i>	468950	1773115
Santa Rita	FTN	Ixcán	170	bmh-S(c)	Planicie	<i>Mezcla especies</i>	461891	1775298
Atlántida	FTN	Ixcán	175	bmh-S(c)	Planicie	<i>Mezcla especies</i>	461874	1777527
Santos Martin	FTN	Ixcán	219	bmh-S(c)	Ladera	<i>C. brasiliense</i>	461634	1769742
Tun Pirir	FTN	Ixcán	193	bmh-S(c)	Ladera	<i>Mezcla especies</i>	460240	1769347
Silvio Raquel Rabanales	FTN	F.B. Las Casas	174	bmh-S(c)	Planicie	<i>V. guatemalensis</i>	576967	1758210
Rancho Noe	FTN	F.B.Las Casas	179	bmh-S(c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	575379	1751969
Xalaja, Chicucul	FTN	Chahal	217	bmh-S(c)	Ladera	<i>D. stevensonii</i>	604143	1742473
Talita Kumi Parcela 1	FTN	F. B. Las Casas	214	bmh-S(c)	Planicie	<i>S. macrophylla & C. brasiliense</i>	585115	1756315
Talita Kumi Parcela 2	FTN	F. B. Las Casas	214	bmh-S(c)	Planicie	<i>S. macrophylla & C. brasiliense</i>	585206	1756407
Don Bosco	FTN	Chisec	140	bmh-S(c)	Depres	<i>Mezcla especies</i>	547713	1754603
Bentzul	FTN	Cahabón	288	bmh-S(c)	Ladera	<i>Mezcla especies</i>	561853	1737586
Sacuitz Parcela 1	FTN	Chahal	120	bmh-S(c)	Ladera/Planicie	<i>S. macrophylla</i>	610349	1749194
Sacuitz Parcela 2	FTN	Chahal	138	bmh-S(c)	Ladera	<i>S. macrophylla</i>	610524	1749070
Hacienda Río Dulce Parcela 1	Izabal	Livingst	28	bmh-T	Ladera	<i>D. retusa</i>	660218	1731632

Hacienda Río Dulce Parcela 2	Izabal	Livingst	11	bmh-T	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	660517	1731450
Hacienda Río Dulce Parcela 3	Izabal	Livingst	27	bmh-T	Depres	<i>A. graveolens</i>	660478	1731558
Hacienda Río Dulce Parcela 4	Izabal	Livingst	47	bmh-S(c)	Ladera	<i>S. macrophylla</i>	659670	1733879
Hacienda Río Dulce Parcela 5	Izabal	Livingst	50	bmh-T	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	660338	1731449
Finca Flores	Izabal	Livingst	42	bmh-T	Depres sitio anegado	<i>C. brasiliense</i>	657610	1737302
La Esperancita	Izabal	Livingst	33	bmh-T	Ladera	& <i>V. guatemalensis</i> . <i>C. brasiliense</i> & <i>V. guatemalensis</i>	664375	1732828
Río Seja Parcela 1	Izabal	Livinsgt	59	bmh-T	Cima	<i>E. cyclocarpum</i>	658910	1733679
Río Seja Parcela 2	Izabal	Livingst	68	bmh-S (c)	Ladera	<i>D. retusa</i> & <i>S. macrophylla</i>	659363	1733440
Río Seja Parcela 3	Izabal	Livingst	53	bmh-S (c)	Planicie	<i>D. stevensonii</i>	659420	1733773
Río Seja Parcela 4	Izabal	Livingst	58	bmh-T	Ladera	<i>A. graveolens</i>	659670	1733879
Chultunes Parcela 1	Sur Peten	Santa Ana	150	bmh-S (c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	586512	1875298
Chultunes Parcela 2	Sur Peten	Santa Ana	150	bmh-S (c)	Planicie	<i>C. odorata</i>	586615	1875255
Pilones Antigua 1	Sur Peten	San Francisc	225	bmh-S (c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	561393	1858475
Pilones Antigua 2	Sur Peten	San Francisc	226	bmh-S (c)	Planicie	<i>C. odorata</i>	561457	1858703
Las dos Marias Parcela 1	Sur Peten	San Francisc	140	bmh-S (c)	Planicie	<i>C. odorata</i>	546766	1835901
Las dos Marias Parcela 2	Sur Peten	San Francisc	140	bmh-S (c)	Ladera	<i>C. odorata</i>	545723	1835211
Las dos Marias Parcela 3	Sur Peten	San Francisc	125	bmh-S (c)	Planicie	<i>C. odorata</i>	546278	1835490
Las dos Marias Parcela 4	Sur Peten	San Francisc	140	bmh-S (c)	Planicie	<i>C. odorata</i>	546583	1835784
Santa Amelia	Sur Peten	Dolores	181	bmh-S (c)	Ladera	<i>S. Macrophylla</i>	555449	1799559
Nueva esperanza	Sur Peten	Sayaxché	179	bmh-S (c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	532280	1802105
Finca El Ramonal	Sur Peten	La Libertad	182	bmh-S (c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i>	510796	1848710
Finca La Constancia	Polochic-Izabal	Panzos	70	bmh-S (c)	Planicie	<i>S. macrophylla</i> & <i>D. stevensonii</i>	583335	1692272
Finca El Porvenir	Izabal	Panzos	658	bmh-S (c)	Ladera	<i>C. alliodora</i> & <i>T. donnell-smithii</i>	580044	1688668
Hidroelec Secacao 1	Izabal	Senahu	272	bmh-S (c)	Ladera	<i>S. macrophylla</i> & <i>T. donnell-smithii</i>	578580	1702308

Hidroelec	Izabal	Senahu	338	bmh-S	Cima	<i>C. odorata</i> & <i>T. donnell-smithii</i>	579398	1703186
Secacao 2	Izabal	Tucuru	466	bmh-S	Ladera	<i>C. odorata</i>	550588	1690071
Finca Guaxpom	Motag	Los Amates	102	bmh-S	Ladera	<i>C. odorata</i>	661722	1694999
La Huerta	Motag	Gualan	600	Bh-S(t)	Ladera	<i>C. odorata</i>	630316	1667474

FTN: Franja Transversal del Note; Izabal: Cuencas Polochic-Lago Izabal; Motag: Cuenca Baja Rio Motagua; Sur Peten: Zona Sur Departamento Peten.

Tabla 7

Información dasométrica de las especies de estudio por unidad de muestreo

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB especies Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>S. macrophylla</i>	13	70	1.3	11	1.31	1.02
<i>S. macrophylla</i>	19	180	12.7	57	1.53	
<i>S. macrophylla</i>	11	270	3.6	24	1.13	1.07
<i>S. macrophylla</i>	11	320	4.8	35	1.24	1.25
<i>S. macrophylla</i>	15	540	2.8	14	0.61	0.64
<i>S. macrophylla</i>	9	70	0.5	5	1.05	0.77
<i>S. macrophylla</i>	15	470	0.69	7	0.88	0.63
<i>S. macrophylla</i>	15	520	16.5	92	1.30	0.90
<i>S. macrophylla</i>	15	320	5.4	100	0.96	0.61
<i>S. macrophylla</i>	14	160	0.21	15	0.92	0.81
<i>S. macrophylla</i>	8	30	0.7	15	0.71	0.69
<i>S. macrophylla</i>	11	160	1.3	10	0.85	0.78
<i>S. macrophylla</i>	16	150	1.5	10	0.64	0.98
<i>S. macrophylla</i>	19	500	14.4	65	0.97	0.79
<i>S. macrophylla</i>	19	280	21.86	100	1.56	1.19
<i>S. macrophylla</i>	6	840	12.39	100	2.25	1.94
<i>S. macrophylla</i>	6	190	2.68	53	2.09	1.62
<i>S. macrophylla</i>	13	160	3.87	33	1.33	1.08
<i>S. macrophylla</i>	14	140	3.34	29	1.21	0.89
Media	13			(41	1.19	0.98
Rango	(6 - 19)			(5 - 100)	(0.61 - 2.25)	(0.61 - 1.94)

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>S. humilis</i>	20	10	0.5	2	1.23	1.23
<i>S. humilis</i>	13	120	3.464	30	1.46	1.11
Media	16.5			16	1.35	1.17
Rango	(13 - 20)			(2 - 30)	(1.23 - 1.46)	(1.11 - 1.23)

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB especies Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>C. odorata</i>	19	90	5.6	25	1.43	0.88
<i>C. odorata</i>	20	30	3.9	13	1.95	1.48
<i>C. odorata</i>	9	70	0.5	5	1.01	0.69
<i>C. odorata</i>	18	40	0.5	2	0.70	0.49
<i>C. odorata</i>	19	40	1.8	39	0.99	0.89
<i>C. odorata</i>	5	510	5.9	100	1.95	1.83
<i>C. odorata</i>	9	520	20.4	100	2.43	1.61
<i>C. odorata</i>	14	160	7.5	58	1.72	1.08
<i>C. odorata</i>	10	680	26.1	100	2.05	2.19
Media	14			49	1.58	1.24
Rango	(5 - 20)			(2 - 100)	(0.70 - 2.43)	(0.49 - 2.19)

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>D. retusa</i>	13	430	10.9	89	1.31	1.02
<i>D. retusa</i>	19	40	0.7	3	0.74	0.64
<i>D. retusa</i>	19	60	2	43	1.05	0.82
<i>D. retusa</i>	6	200	2.34	51	1.51	1.48
Media	14			47	1.15	0.99
Rango	(6 - 19)			(3 - 51)	(0.74 - 1.51)	(0.64 - 1.48)

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>D. stevensonii</i>	15	60	1.1	6	1.02	1.11
<i>D. stevensonii</i>	14	10	0.0	2	1.31	1.43
<i>D. stevensonii</i>	19	60	2	43	1.05	0.82
<i>D. stevensonii</i>	16	520	13.4	100	1.12	0.00
<i>D. stevensonii</i>	19	360	11.03	100	1.03	0.00
<i>D. stevensonii</i>	16	260	6.2	100	1.05	0.00
<i>D. stevensonii</i>	16	620	10.6	100	0.91	0.00
<i>D. stevensonii</i>	19	30	0.8	9	0.59	0.00

<i>D. stevensonii</i>	19	40	1	5	0.94	0.95
<i>D. stevensonii</i>	13	100	1.8372	16	1.15	1.12
Media	17			48	1	1
Rango	(13 - 19)			(5 - 100)	(0.59 - 1.31)	(0.82 - 1.43)
Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>A. graveolens</i>	20	140	7.4	25	1.26	1.06
<i>A. graveolens</i>	13	790	1.2	78	1.06	1.08
<i>A. graveolens</i>	14	60	0.01	1	0.33	0.38
<i>A. graveolens</i>	16	30	0.2	1	0.48	0.41
<i>A. graveolens</i>	19	20	0.1	2	0.29	0.45
Media	16			21	0.68	0.68
Rango	(13 - 19)			(1 - 78)	(0.29 - 1.26)	(0.38 - 1.08)
Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>S. panamensis</i>	15	430	6.9	67	0.91	0.70
	14	40	0.02	1	0.83	0.76
Media	14.5			34	0.87	0.73
Rango	(14 - 15)			(1 - 67)	(0.83 - 0.91)	(0.70 - 0.76)
Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>T. donnell-smithii</i>	13	10	0.11	7	2.88	
<i>T. donnell-smithii</i>	15	580	15.70	77	1.20	1.18
<i>T. donnell-smithii</i>	13	20	0.83	7	1.77	1.56
<i>T. donnell-smithii</i>	14	340	5.85	17	1.98	1.96
<i>T. donnell-smithii</i>	14	440	5.45	42	0.88	0.83
Media	14			30	1.74	1.38
Rango	(13 - 15)			(7 - 77)	(0.88 - 2.88)	(0.83 - 1.96)
Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>T. rosea</i>	9	90	1	10	1.23	1.34
<i>T. rosea</i>	15	30	0.5	5	0.87	0.00
<i>T. rosea</i>	18	20	0.9	3	1.12	0.25
Media	14			6	1.07	0.80
Rango	(9 - 18)			(3 - 10)	(0.87 - 1.12)	(0.25 - 1.34)
Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)

					Media (Rango)	
<i>C. brasiliense</i>	11	640	11.5	76	1.32	1.10
<i>C. brasiliense</i>	11	560	8.9	65	1.22	1.04
<i>C. brasiliense</i>	9	530	5.9	61	1.30	1.08
<i>C. brasiliense</i>	14	80	0.24	17	1.35	1.31
<i>C. brasiliense</i>	8	620	2.5	53	0.87	1.05
<i>C. brasiliense</i>	11	50	1	8	1.45	1.00
<i>C. brasiliense</i>	16	150	3.5	23	1.05	1.15
<i>C. brasiliense</i>	19	480	8.6	91	0.74	
Media	12			49	1.16	1.10
Rango	(8 - 19)			(8 - 91)	(0.74 - 1.45)	(1.04 - 1.31)

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>C. alliodora</i>	18	50	0.9	3	0.80	0.88
<i>C. alliodora</i>	19	20	0.62	3	1.04	1.07
<i>C. alliodora</i>	13	20	1.61	14	2.46	2.08
<i>C. alliodora</i>	5	160	3.17	41	3.12	2.56
Media	14			15	1.85	1.65
Rango	(5 - 19)			(3 - 41)	(0.80 - 3.12)	(0.88 - 2.56)

<i>E. cyclocarpum</i>	23	240	32.2	100	1.82	0.73
-----------------------	----	-----	------	-----	------	------

Especie	Edad Media (Rango)	Árboles/ha todas especies rodal	Total AB (m2/Ha)	%AB Media (Rango)	IMA DAP (cm/año) Media (Rango)	IMA Altura (m/año) Media (Rango)
<i>V. guatemalensis</i>	15	20	1.2	12	1.81	0.67
<i>V. guatemalensis</i>	18	34	23.5	91	1.60	1.10
<i>V. guatemalensis</i>	14	150	0.47	34	1.33	1.25
<i>V. guatemalensis</i>	8	10	0.8	17	3.89	2.07
<i>V. guatemalensis</i>	11	220	8.7	68	1.53	1.34
<i>V. guatemalensis</i>	16	270	8.1	53	0.96	0.96
<i>V. guatemalensis</i>	19	40	0.2	4	0.46	0.35
<i>V. guatemalensis</i>	19	20	6.2	28	3.33	1.29
Media	15			38	1.86	1.13
Rango	(8 - 19)			(4 - 91)	(0.46 - 3.89)	(0.35 - 2.07)

Fuente. Elaboración propia; Inab, 2016.

La información de la tabla 7 es el resultado de los datos tomados en campo de todas las especies muestreadas en la zona de estudio. Cada especie se encontró en diferentes proporciones y grados de mezcla. El porcentaje de área basal (%AB) es el indicador del peso de las especies en el rodal; cuando el área basal es 100% se trata de una plantación pura o monocultivo.

Se determinó el Incremento Medio Anual (IMA) en altura promedio (m/año) y diámetro promedio (cm/año) de cada especie. Para ello se consideró la edad de plantación. En el cuadro se observan los rangos y la media de los incrementos por especie en la zona de estudio. Los incrementos expresan el ritmo de crecimiento de cada especie.

La especie que más crece en altura al año es el Laurel (*C. alliodora*). La especie llega a crecer hasta 2.56 metros por año. La especie que crece con mayor lentitud es Jocote fraile (*A. graveolens*), la cual alcanza alturas máximas al año de 1.08 metros; esta especie tolera sombra y su crecimiento lento da lugar a la formación de madera densa, habiéndose encontrado a bajas densidades de plantación; es utilizada como sombra baja para cultivos permanentes, requiriendo de otras especies que proporcionen sombra en un estrato superior del dosel.

Integrantes del equipo de investigación.

Contratados por contraparte y colaboradores	
Boris Augusto Méndez Paiz	Coordinador de proyecto de investigación

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago	
			SI	NO
Adrián Francisco Serech Van Haute	Auxiliar de investigación II	2017-0591	X	
Gerson Vicente Mejicanos González	Auxiliar de investigación II	2014-0267	X	

Ing. M. Sc. Boris A. Méndez Paiz
Coordinador del Proyecto

Ing. Saúl Guerra Gutiérrez
Coordinadora Programa Universitario de
Recursos Naturales y Ambiente

Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas.