

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES
Más bosques. Más vida



DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE 28 ESPECIES EN PLANTACIONES FORESTALES DE GUATEMALA

Dirección de Desarrollo Forestal
Departamento de Investigación Forestal

Con el
apoyo de:



SERIE TECNICA
DT-006(2015)

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

Dirección de Desarrollo Forestal
7ª. Avenida 6-80 zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América

Departamento de Investigación Forestal
7ª Avenida 6-80, zona 13
Guatemala, Guatemala, Centro América
Teléfono: 2321-4600 y 2321-4601

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

Elaborado por:

José Israel Cojóm Pac
Asistente Parcelas Permanentes de Medición Forestal
Departamento de Investigación Forestal

Revisión técnica:

Edwin Oliva Hurtarte, Programa Forestal Nacional -INAB-
Lusvi Yaneth Hurtado Domingo, Investigación Forestal -INAB-

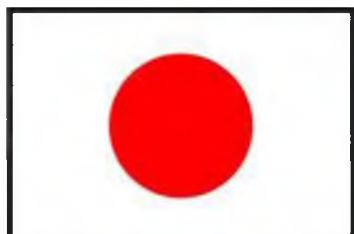
Revisión de redacción y estilo

Adela Aguilar, Dirección de Desarrollo Forestal -INAB-

Citar este documento como:

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES.2014. Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala, Serie Técnica No. DT-002(2015). Guatemala 212 p.

Impresión gracias al apoyo de:



Embajada del Japón



JUNTA DIRECTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

- José Sebastián Marcucci Ruiz
- Alvaro Enrique Guillen Santizo

Ministerio de Finanzas Públicas

- Marco Antonio Gutierrez Montúfar
- José Gustavo Arévalo Henríquez

Asociación Nacional de Municipalidades

- Miguel Ángel Arriaza Morales
- Selvin Geovani Santizo López

Escuela Nacional Central de Agricultura

- Rolando Corado Montepeque
- Gustavo Adolfo Mendizábal Gálvez

Cámara de Industria, Gremial Forestal

- Oscar Enrique Staackmann Álvarez
- Roberto Andrés Bosch

Asociación Nacional de Organizaciones No Gubernamentales de los Recursos Naturales, Ecología y el Medio Ambiente

- Byron Ottoniel Villeda Padilla
- Marcedonio Cortave

Universidades

- Edwin Josué Castellanos López
- Mario Humberto Rivera Ordoñez

Instituto Nacional de Bosques

- Josué Iván Morales Dardón
- Amauri Rendolfo Molina Álvarez

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	10
1.1. Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-.....	10
1.2. Definiciones de plantación forestal	10
1.2.1. Clasificación de las plantaciones forestales.....	10
1.2.1.1. Clasificación con base en el ecosistema utilizado.....	11
1.2.1.2. Clasificación con base a la composición de especies.....	11
1.2.1.3. Clasificación con base al origen de las especies.	11
1.3. Parcela Permanente de Medición Forestal (PPMF)	12
1.4. Crecimiento y productividad.....	12
1.5. Incremento	13
1.6. Concepto de modelo y modelado.....	13
1.7. Concepto de simulación y modelo matemático	14
1.8. Modelos teóricos	15
1.9. Modelos empíricos	16
1.10. Calidad de sitio:	16
1.11. Determinación de la calidad de sitio.....	16
1.12. Podas	16
1.13. Raleos.	17
1.14. Intensidad de raleo.	17
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
2.1 Localización de la muestra de plantaciones forestales.....	18
2.2 Sistema de PPMF	18
2.3 Distribución de unidades de muestreo.....	19
2.4 Especies evaluadas.	22
2.5 Mantenimiento de las PPMF.....	23
2.6 Registro de la información proveniente de las PPMF.	23
2.7 Análisis de información para presentación de resultados.....	24
2.7.1 Análisis de bibliografía	24

2.7.2 Análisis de la base de datos del PINFOR del periodo 1998 al 2013	24
2.8 Desarrollo de modelos de crecimiento	24
2.9 Mapas preliminares de distribución potencial:	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	27
3.1 <i>Abies guatemalensis</i> Rehder (ABIEGU).....	28
3.2 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight & Arn (ACROFR).....	34
3.3 <i>Alnus jorullensis</i> Kunth (ALNUJO)	39
3.4 <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (AZADIN).....	43
3.5 <i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose) Standl. (CAESVE).....	47
3.6 <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. (CALOBR)	52
3.7 <i>Casuarina equisetifolia</i> L. (CASUEQ)	58
3.8 <i>Cedrela odorata</i> L. (CEDROD)	62
3.9 <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. (CUPRLU).....	69
3.10 <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. (ENTEKY)	77
3.11 <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex. Sm (GMELAR)	81
3.12 <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (GUAZUL)	88
3.13 <i>Nectandra</i> sp. (NECTSP).....	92
3.14 <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari (PINUCH)	96
3.15 <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore (PINUMI).....	105
3.16 <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl. (PINUOO).....	119
3.17 <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham. (PINUPA)	129
3.18 <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. (PINUPS).....	135
3.19 <i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq. (PTEROF).....	143
3.20 <i>Senna guatemalensis</i> (Donn.Sm.)H.S.Irwin & Barneby (SENNGU).148	
3.21 <i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerem. (SIMISA)	153
3.22 <i>Swietenia macrophylla</i> G. King (SWIEMA).....	157
3.23 <i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose (TABEDO).....	166
3.24 <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) A. DC. (TABERO).....	176
3.25 <i>Tectona grandis</i> L. f. (TECTGR)	184
3.26 <i>Terminalia buceras</i> (L.) C. Wright (TERMBU).....	193

3.27 <i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud (TERMOB)	198
3.28 <i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm. (VOCHGU)	202
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA	209
IV.1 CONCLUSIONES	209
IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	210

PRESENTACIÓN

Guatemala es un país eminentemente forestal, pues cuenta con las condiciones para el desarrollo de especies forestales nativas, y con el desarrollo adaptativo de especies exóticas con fines de establecimiento de plantaciones comerciales; por ello es necesario considerar aspectos relacionados como: la selección de la mejor semilla, los sitios más adecuados y el manejo silvicultural oportuno, con el fin de maximizar la producción de las plantaciones.

Desde el año de 1,997 en que inicia el Programa de Incentivos Forestales PINFOR, el país dio un salto importante hacia la recuperación de tierras desprovista de cobertura, a través, de su incorporación a proyectos forestales con especies comerciales para su aprovechamiento en un mediano y largo plazo, dando paso al establecimiento de plantaciones a un ritmo promedio de 7000 ha anuales con distintas especies forestales.

Una de las principales preguntas que surgió en ese entonces fue planteada desde la perspectiva del crecimiento que manifestarían las especies bajo distintos escenarios de manejo, y distintas condiciones proporcionadas por el entorno a nivel de una misma finca o bien a nivel nacional, ya que en la literatura proporciona los rangos de distribución natural de las especies, pero no indica cuál es su producción dentro del rango puesto que dicha información no ha sido generada.

Fue entonces cuando se identificaron vacíos de información y además se vio la oportunidad de aprovechar las experiencias (buenas y malas) proporcionadas por las reforestaciones llevadas a cabo por usuarios del PINFOR a nivel nacional, con el fin de generar información de base, para así poder orienten las decisiones de los usuarios actuales y potenciales sobre el crecimiento de las especies por las aplicaciones que dicha información ofrece a los distintos actores del sector forestal.

A partir del año 2,003, el Instituto Nacional de Bosques -INAB- tomó la determinación de implementar unidades de monitoreo a largo plazo, denominadas Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF-, en algunas plantaciones representativas identificando distintos sitios, especies y edades.

En este contexto, para el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, es muy importante poner a disposición del sector forestal; los principales resultados generados de procesos de investigación de corto y largo plazo, basados en información del sistema de evaluación de plantaciones, a través de Parcelas Permanentes de Medición Forestal.

La información presentada en este documento, será de gran utilidad para los reforestadores, pues les ayudará a seleccionar los sitios y a planificar el manejo silvicultural de sus plantaciones, y principalmente les ofrece una opción para proyectar la producción y estimación de la oferta actual y futura in situ, acorde, a las condiciones individuales de crecimiento de cada unidad de manejo.

Agradezco al personal técnico del INAB por su compromiso con este proceso de investigación a largo plazo, a los propietarios de los proyectos evaluados y a las personas que colaboraron en la elaboración del presente documento.

Josué Iván Morales Dardón
Gerente INAB

DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES EN GUATEMALA

RESUMEN

En Guatemala se han desarrollado distintos esfuerzos por evaluar la dinámica de los bosques, persiguiendo distintos objetivos entre los que se encuentra la productividad, estructura, diversidad, sin dejar de mencionar como contribución especial, la evaluación de la respuesta de los bosques a los distintos tratamientos silviculturales implementados en cada uno de ellos, como insumo determinante para respaldar propuestas técnicas de manejo.

Específicamente para el caso de Plantaciones Forestales se dio inició a la evaluación y seguimiento de forma institucional a partir del año 2003, aprovechando como primera instancia los proyectos de reforestación establecidos y beneficiados con el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y desde luego generando información sobre el desempeño de las distintas especies empleadas para la recuperación de la cobertura forestal en distintos sitios.

La evaluación de la dinámica de plantaciones forestales se ha desarrollado a través de la implementación de una red de unidades de muestreo denominadas Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- instaladas en plantaciones de distintas especies, sitios, regímenes de manejo; que por sus características han permitido la realización de mediciones consecutivas y por consiguiente han permitido la consecución de los principales objetivos de estas sistemas de evaluación.

Actualmente se cuenta con una base de datos que contiene el registro de poco más de 800 PPPMF, de las cuales, hasta la medición realizada a finales del año 2013 se encuentran activas o bajo seguimiento un total de 576 PPMF distribuidas a nivel nacional. Con estas unidades de muestreo se ha obtenido información de la dinámica de crecimiento de 28 especies forestales en plantaciones con una sola especie o puras y alrededor de 21 especies en plantaciones con la mezcla de varias especies.

La sistematización de la información dentro de la base de datos ha conllevado una fuerte y ardua tarea debido al impresionante volumen de datos almacenados hasta la fecha; esfuerzos que han sido enfocados al desarrollo de herramientas que traduzcan más de 10 años de trabajo en insumos aplicables que contribuyen a dar respuesta a distintas interrogantes que se formulan repetidamente en el que hacer del sector forestal.

Los productos del presente "Informe sobre dinámica de crecimiento y productividad de plantaciones forestales en Guatemala" correspondiente al año 2013 se constituye como la presentación de resultados de una labor que ha desarrollado el INAB desde el año 2003, cuyos análisis se basan en la estrecha relación **especie-sitio** como principal determinante de la productividad en las plantaciones forestales beneficiadas por el PINFOR, a partir del cuales se establecen relaciones matemáticas que modelan las principales variables dasométricas que son Diámetro, Altura dominante, Área Basal y Volumen, que dependen además del sitio, del tiempo y del manejo silvicultural proporcionado.

Los productos en este documento se presentan a nivel de especie, según el siguiente orden:

- i. Una breve descripción de la especie, referida al sistema de plantación
- ii. Análisis de la cobertura obtenida a partir de proyectos beneficiados con el PINFOR.

- iii. Presentación del crecimiento y productividad la especie.
- iv. La descripción de la dinámica de crecimiento a través de familia de ecuaciones matemáticas para modelar las principales variables de crecimiento, que además incluyen las gráficas generadas con dichas ecuaciones
- v. Para algunas especies (entre estas las prioritarias del PINFOR) se incluyen resultados de investigaciones que han determinado características de sitio que determinan su buen desarrollo, conteniendo también mapas nacionales de distribución potencial de las mismas.

INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta con una extraordinaria diversidad biológica, debido a una serie de factores como: posición intercontinental, características y orígenes geológicos, el sistema de cordilleras que atraviesan el país de Oeste a Este y dos masas oceánicas de gran proximidad; lo que en conjunto determina su ecosistema natural (climas y microclimas) y sus recursos naturales renovables y no renovables.

Los bosques son los ecosistemas terrestres más importantes; estos juegan un papel sumamente importante en la protección del medio ambiente como: reguladores del clima, protectores genéticos, protectores del suelo y hábitats humanos, mismos que a su vez, proporcionan una amplia variedad de bienes a nivel local, nacional y mundial.

De acuerdo con el estudio de capacidad de uso de la tierra elaborado por el -INAB- en el 2002, se estima que el 40.16 % del territorio nacional tiene una aptitud preferentemente forestal dentro del cual un 24.13 % cuenta con la capacidad forestal productiva. Los principales objetivos de las plantaciones forestales en Guatemala se relacionan con la producción de madera y la restauración hidrológico-forestal de tierras de aptitud forestal, desprovistas de cobertura.

Según los registros del INAB, hasta el año 2013, se ha generado una dinámica en torno a las plantaciones forestales, beneficiando e incentivando el establecimiento de 4,944 proyectos de reforestación durante el periodo 2007-2013, los que suman una cobertura de 114,276.24 hectáreas; habiendo invertido el Estado guatemalteco, por concepto de pago de incentivos forestales, la cantidad de GTQ 1,218,890,722.80 equivalentes a US\$ 158,297,496 a una tasa de cambio de US\$ 1 = GTQ 7.70, a Mayo de 2015).

Juntamente con el inicio del PINFOR, se identificó la necesidad de contar con información sobre el comportamiento de las diferentes especies forestales de mayor significancia económica e industrial para el país, con el fin de apoyar las decisiones para la selección de especies y así realizar el establecimiento de plantaciones forestales, mismas que permitan fomentar la planificación y ejecución de manejo silvicultural por parte de los usuarios del programa y/o propietarios de los proyectos.

A partir del año 2003 el INAB ha impulsado tan importante actividad, a través del establecimiento y seguimiento de una red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) a nivel nacional, en plantaciones con edades arriba de los 3 años de edad, utilizando tanto para el establecimiento en campo, como para registro y tabulación de los datos, la metodología de "Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos en el componente de Silvicultura" (MIRASILV).

Los resultados constituyen una herramienta para el sector forestal, puesto que contiene información de base que permitirá elaborar propuestas técnicas enfocadas a mejorar la planificación y aplicación del manejo forestal sostenible en Guatemala, específicamente en la selección de especies de acuerdo a los requerimientos climáticos y fisiográficos de las especies, una buena planificación y adecuada ejecución de las actividades silviculturales, hasta llegar a una corta final de los mejores árboles de la plantación.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-

El Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, es el principal instrumento de política forestal del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, el cual, ha facilitado el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales en tierras que antes no tenían cobertura forestal, propiciando así un clima favorable para que los inversionistas del sector forestal inicien, con el apoyo del Estado, un camino directo hacia el desarrollo forestal de Guatemala.

Por otra parte, también se han incorporado bosques naturales a un proceso de manejo sostenible (con fines de protección y de producción) en el espacio y en el tiempo, en beneficio del país, de la sociedad en general y de quienes invierten en proyectos forestales.

La Ley Forestal (Decreto Legislativo No. 101-96), en su Título VII, Capítulo I y Artículo 71 se refiere a los Incentivos Forestales, así: Incentivos. El Estado otorgará incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques, INAB, en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas conforme esta ley; a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales; y las agrupaciones sociales con personería jurídica, que virtud a arreglo legal, ocupan terreno de propiedad de los municipios.

Estos incentivos no se aplicarán a la reforestación derivada de los compromisos contraídos según los casos indicados en esta ley. Las plantaciones derivadas de programas de incentivos forestales se conceptúan como bosques plantados voluntarios.

1.2. Definiciones de plantación forestal

Una plantación se define como un conjunto de árboles o plantas cultivadas; acción de plantar. Por su parte, la palabra forestal es todo lo relativo a bosques (italiano: forestales; latín medieval forestis) (Gómez de Silva, 1996, citado por Cabrera 2003)

Según el Diccionario Forestal Multilingüe (Metro, 1975 citado por Cabrera 2003) una plantación forestal se define como la acción de plantar árboles con el objetivo de crear un bosque; también como la acción de crear un bosque a partir de la siembra de plántulas; o el conjunto de un terreno y los árboles que crecen después de haber sido plantado.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (2002 citado por Cabrera 2003), las plantaciones forestales se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o nativas, que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10% de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m.

1.2.1. Clasificación de las plantaciones forestales.

Existen diferentes criterios para clasificar las plantaciones forestales. Los más comunes son los siguientes; a) clasificación determinada por el ecosistema en el cual se realizó la plantación; b) clasificación en función de la composición florística de la plantación; c) clasificación determinada por el origen de las especies plantadas y; d) clasificación con

base en el destino de la producción. A continuación se presentan las diferentes categorías establecidas.

1.2.1.1. Clasificación con base en el ecosistema utilizado.

Plantación en pleno: La plantación en pleno, es el sistema de reforestación más utilizado a nivel mundial, se trata de la siembra de árboles en un sitio que carece de cobertura vegetal y arbustiva. Los individuos de las especies plantadas se convierten en la especie dominante.

Plantación agroforestal: su objetivo principal es la producción forestal, e incorpora a la plantación un cultivo agrícola o pecuario. Posee la ventaja que durante el turno de cosecha de los árboles, el propietario puede percibir ingresos de la cosecha de los productos agropecuarios y además las actividades culturales del cultivo contribuyen al mejor crecimiento de los árboles plantados.

Plantación de enriquecimiento: la plantación de enriquecimiento se puede realizar en brechas, en parcelas o en claros. Se denomina enriquecimiento porque la plantación realiza con el objeto de recuperar el valor comercial de los bosques naturales (sobre todo tropicales) que han sido objeto de extracciones sucesivas de los árboles de especies de valor comercial.

Estas plantaciones se realizan dentro del bosque creando o buscando áreas desprovistas de árboles. Existe el enriquecimiento en brechas el cual se realiza posterior a realización de brechas de diferente ancho dentro del bosque. En el caso del enriquecimiento realizado en parcelas es un tipo de plantación que también puede ser considerada como una plantación en pleno. El enriquecimiento aprovecha los espacios generados por la dinámica natural de bosque, que por la muerte de grandes árboles, deja claros propicios para la actividad.

Plantación de enriquecimiento, con manejo de la regeneración natural: El enriquecimiento con manejo de la regeneración, además de incorporar individuos a través de la plantación, también pretende favorecer el crecimiento de los individuos del bosque que poseen valor comercial. El manejo de la regeneración natural se realiza fundamentalmente a través de la liberación de la competencia para las especies comerciales.

1.2.1.2. Clasificación con base a la composición de especies.

Plantación pura o mono específica: las plantaciones puras o mono específicas son las que se realizan con una sola especie. Es el sistema de plantaciones de mayor frecuencia a nivel nacional. Este método obedece al traslado tecnológico de la silvicultura clásica, originaria de Europa.

Plantación mixta: las plantaciones mixtas, incluyen dos o más especies combinadas en un mismo espacio geográfico, con el objeto de proveer diferentes productos forestales e ingresos escalonados en el tiempo. Esto le permite al propietario poseer retribuciones más o menos continuas, hasta la cosecha final de la especie con el turno más largo.

1.2.1.3. Clasificación con base al origen de las especies.

Plantación nativa: son las plantaciones que utilizan especies nativas, es decir pertenecen al sistema natural donde se establecen.

Plantación exótica: son las plantaciones realizadas con especies exóticas, las cuales no pertenecen al sistema natural en el cual se establecen.

Plantación combinada: son plantaciones que utilizan en el mismo espacio geográfico, especies nativas y exóticas.

1.2.1.4. Clasificación con base en el destino de la producción

Plantación industrial: son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a abastecer la industria.

Plantación energética: son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a ser utilizados como combustibles.

Plantación de uso múltiple: son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a satisfacer múltiples propósitos

1.3. Parcela Permanente de Medición Forestal (PPMF)

Es la unidad mínima de muestreo, cuyo tamaño varía con respecto a los objetivos para los cuales es establecida; tiene como fin principal permitir mediciones periódicas y seguimiento del crecimiento y desarrollo de los árboles que quedan dentro de la parcela, por un período de años lo cual dependerá de la edad de rotación de la especie, del producto y calidad de sitio (Reglamento PINFOR, INAB 2007)

Las parcelas de medición, son la herramienta más eficaz y eficiente para conocer y evaluar el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además proporcionan información valiosa, para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros. (Ugalde, 2003).

1.4. Crecimiento y productividad

Corresponde al aumento gradual en el tamaño del árbol, en un determinado período de tiempo. Este aumento se produce por la actividad fisiológica de la planta. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada, representa el rendimiento a esa edad (modificado de Padilla, 1977 citado por Vaides 2004).

El crecimiento de los árboles individuales está determinado por factores internos (genéticos), externos (sitio) y por el tiempo. El modelo de crecimiento de las especies forestales en relación con su edad, generalmente sigue una curva en forma sigmoideal. Inicialmente crecen lento, después crecen rápidamente y luego la velocidad de crecimiento se reduce nuevamente.

El crecimiento del árbol y del bosque es similar, sin embargo no son iguales, pues en el crecimiento del bosque como en toda población interviene un nuevo factor que es la mortalidad, consecuencia de la ley de la competencia. A través del manejo silvicultural se puede controlar la competencia en una masa forestal (Padilla, 1977 citado por Vaides 2004).

Ahora producción, según SPURR (1952, citado por Moscovich, 2004), es la cantidad total de madera producida hasta un cierto momento. Para Avery y Burkart (1983), op. cit. por BRENDA & BOM (1991) y AHRENS (1990), producción se puede definir como la cantidad total de madera disponible para la explotación en un momento dado, o sea, la suma de los incrementos anuales (todos citados por Baluarte 2011).

De acuerdo con VANCLAY (1994 citado por Baluarte 2011), producción se refiere a las dimensiones finales al término de un cierto período de tiempo que alcanza el rodal (por ejemplo: volumen en m³ ha).

Las definiciones citadas anteriormente permiten que se elabore un concepto genérico bajo el contexto de la Ingeniería Forestal, siendo estos:

Crecimiento: Es el aumento observado en la dimensiones de un determinado atributo de un árbol o rodal, por unidad de tiempo.

Producción: Es la cantidad total de un atributo o de una característica mensurable de un árbol o rodal, y que puede ser evaluado en un momento específico.

1.5. Incremento

Es la magnitud del crecimiento y consiste en la diferencia de tamaño entre el comienzo y final de un período de crecimiento. El incremento se define como el aumento en volumen, área basal, diámetro o altura de un árbol o de una masa forestal en un período de tiempo determinado.

Para tener un significado específico del término crecimiento se debe clasificar de acuerdo con el parámetro o variable considerada, el período de tiempo considerado y la porción o parte del rodal considerado. En árboles maduros, el crecimiento se expresa normalmente en términos de volumen.

El volumen del fuste es un parámetro válido para expresar el crecimiento del árbol. Considerando el período de tiempo, se distinguen básicamente tres tipos de incrementos, siendo éstos los siguientes:

- Incremento corriente anual (ICA)
Corresponde al incremento producido en un año de intervalo. Se calcula haciendo la diferencia entre el valor al final del año menos el valor al inicio del año.
- Incremento medio anual (IMA)
Corresponde al promedio de incremento determinado hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad.
- Incremento periódico anual (IPA)
Corresponde al incremento producido en un período de tiempo mayor de un año. Los períodos usados pueden ser 5 o 10 años. El incremento periódico dividido entre el número de años del período puede utilizarse como sustituto del ICA.

1.6. Concepto de modelo y modelado

Según SANQUETTA (1996, citado por Baluarte, 2011), modelo: es una representación física o abstracta de la forma o función de entidades u objetos reales. Por ejemplo puede ser: ecuaciones matemáticas de procesos fisiológicos, figuras o estatuas. Sobre consideraciones similares; VANCLAY (1994, citado por Baluarte, 2011) define modelo como una abstracción, o una representación simplificada, de algunos aspectos de la realidad.

Los modelos están siendo usados para los análisis de sensibilidad, esto se refiere a, la búsqueda de las partes de un sistema donde sea más probable de alcanzar un resultado exitoso.

Levins (1966.), op. cit. por GLENN-LEWIN et al. (1992, citado por Baluarte 2011), argumenta que los modelos pueden mostrar propiedades generales, precisión o realidad o alguna combinación de estos, pero nunca las tres propiedades simultáneamente.

Por esto, es necesario sacrificar por lo menos una de estas propiedades en función de maximizar las otras. Esta es una importante consecuencia para una aproximación del modelado, haciendo la naturaleza y la forma del modelo como un reflejo de una preferencia sobre cuál de las propiedades debería tener mayor peso.

En función de lo anterior, modelado: expresa procesos, en nuestro caso procesos de dinámica forestal, en lenguaje de símbolos lógico y matemáticos. El modelado inevitablemente simplifica los procesos, no obstante los modernos procesos ecológicos pueden ser bastantes complejos (GLENN-LEWIS et al., 1992, citado por Baluarte 2011).

También, se puede decir que, un modelo de crecimiento es una abstracción de la dinámica forestal natural, abarcando crecimiento, mortalidad y otros cambios en la composición y estructura del rodal. Generalmente se usa el término "Modelo de Crecimiento" para hacer referencia un sistema de ecuaciones con una predicción decrecimiento y producción de un rodal bajo una amplia variedad de condiciones (VANCLAY, 1994, citado por Baluarte 2011).

Los modelos generados durante el modelado testan hipótesis que son una explicación explícita de las presuposiciones del modelo. Los modelos son usados para observar las consecuencias de las predicciones que de ser hechas naturalmente serían muy complicadas, tomaría demasiado tiempo, o no podrían realizarse por razones prácticas o éticas.

El mayor problema en el modelado es la validación del modelo (GLENNLEW Set al., 1992). Existen muchos modelos plausibles de un test de validación apropiado. La aptitud de un modelo con pocos datos en sí mismo no es suficiente para mostrar la eficiencia del modelo: modelos diferentes con restricciones diferentes, no obstante, pueden tener resultados similares.

SANQUETTA (1996, citado por Baluarte 2011) afirma que, inicialmente cualquier modelo es una representación imperfecta, no obstante este puede ser mejorado poco a poco.

Algunos llegan a la perfección, tornándose la propia realidad (en el caso de objetos artificiales como un aeromodelo), otros jamás (objetos naturales, como un pájaro, por ejemplo). Por esto, un modelo de procesos biológicos no puede ser perfecto (cierto o errado), puede apenas ser una representación bien hecha o no de la realidad.

1.7. Concepto de simulación y modelo matemático

La simulación difiere del término modelado, pues no es simplemente la reproducción de resultados de un modelo matemático. Es, en verdad, una técnica para testar las características teóricas y prácticas de modelos, a través de la validación de condicionantes. Esto es, la técnica que permite testar las consecuencias de alteraciones en las condiciones originales en que un modelo dado fue concebido (SANQUETTA, 1996, citado por Baluarte 2011).

Un modelo matemático, según EZEQUIEL y FOX (1959) citado por Moscovich, 2004, es una ecuación algebraica que expresa la relación lógica esperada entre dos o más variables. Así, un modelo es una expresión matemática de las hipótesis, según el cual, los datos observados serán examinados para verificar si los hechos soportan o no las hipótesis, y para determinar los valores de las estadísticas.

Por otro lado, un modelo puede ser una representación simplificada de un sistema, una vez que los componentes principales de un sistema real o hipotético deben estar representados en la investigación, en el ámbito del manejo forestal y especialmente en el estudio de crecimiento y producción forestal, el crecimiento de un árbol o de un rodal puede ser evaluado bajo la óptica de un sistema de producción.

1.8. Modelos teóricos

Los modelos teóricos son aquellos desarrollados con base en alguna teoría biológica del crecimiento de los seres vivos, En este caso, los coeficientes del modelo matemático se relacionan con un fenómeno o característica biológica.

Los modelos teóricos son también denominados "Modelos Biológicos", dado que su concepción fue basada en alguna ley biológica de crecimiento. Por este motivo, según SMITH & KOZAK (1984) citado por Moscovich 2004, se puede decir que los modelos teóricos son útiles para auxiliar en el esfuerzo que eventualmente pueda existir para "explicar" el crecimiento, y que, consecuentemente, estos pueden ser usados para realizar extrapolaciones.

Los estudios elaborados por CLUTTER et al. (1983), citado por Moscovich 2004, contienen un análisis bastante detallado sobre los modelos teóricos de crecimiento y de producción más frecuentemente usados: ecuación exponencial, ecuación de Gompertz y la función de Chapman-Richards.

Con el objetivo de ejemplificar la estructura matemática, de los modelos teóricos en este estudio, se presentará solamente una descripción del modelo de Chapman-Richards, dado que este incorpora, también, importantes características de los demás modelos teóricos.

El modelo de Chapman-Richards, según lo citado por CHAPMAN (1962) después de los estudios desarrollados por RICHARDS (1959), es una generalización del modelo de crecimiento propuesto por Von Bertalanffy, op. cit. por AHRENS (1990). Fue usado, inicialmente, para el modelado del crecimiento forestal en estudios realizados por TURNBULL (1963), PIENAAR (1965) y PEINAR & TURNBULL (1973) todos citados por Moscovich 2004.

La formulación del modelo, se basa en considerar la tasa de crecimiento de un organismo, o población, como la resultante de la tasa de crecimiento anabólico (metabolismo constitutivo de un organismo) y la tasa de crecimiento catabólico (metabolismo destructivo de un organismo). La tasa anabólica es considerada proporcional al tamaño del organismo o población, elevado a una potencia, en tanto que la tasa catabólica, es directamente proporcional al tamaño (BRENA & BOM, 1991) citado por Moscovich 2004.

1.9. Modelos empíricos

Existen, básicamente, dos tipos de modelos de crecimiento: los empíricos y los biológicos. Los biológicos son más complejos en el ajuste, porque envuelven regresiones no-lineales, y de difícil manejo, a pesar de brindar buenos resultados de crecimiento y producción forestal. Los modelos empíricos, o funciones artificiales, presentan forma matemática más simple, facilitando el ajuste y manejo, y brindan, igualmente, buenas estimativas del crecimiento.

Estos modelos intentan explicar que sucedió, está sucediendo o puede suceder en el futuro. Es un método con énfasis en la calidad de ajuste de los datos y de las reducciones (SANQUETTA, 1996) citado por Moscovich 2004.

Según CLUTTER et al. (1983) citado por Moscovich 2004, estos modelos son aplicados para la predicción de la producción presente y futura.

1.10. Calidad de sitio:

La calidad de sitio, se define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar.

Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal, para elegir los mejores sitios, para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar sus características. Antes se estaba sólo supeditado a cambios en el manejo, especialmente en la densidad del rodal; sin embargo, actualmente puede modificarse sus características físicas y químicas, a través de la fertilización, irrigación, preparación del suelo, etc.

La productividad es un concepto biológico y no puede expresarse matemáticamente, por ello, se ha optado por representar la calidad de sitio a través de un valor denominado índice de sitio, el cual es una expresión cuantitativa de la calidad de sitio (Prodan, et al. 1997).

1.11. Determinación de la calidad de sitio.

Se han propuesto diferentes métodos para desarrollar funciones de sitio, que varían según el principio aplicado, el tipo de datos, el método de construcción y el modelo empleado.

La técnica más usada para determinar índices de sitios es el método conocido como "de la curva guía", el cual es un procedimiento ideado para construir sistemas de curvas anamórficas (igual forma) de índices de sitios.

El método produce familias de curvas paralelas con pendiente constante pero con intercepto al origen variable. En una familia de curvas anamórficas la altura de una de dos curvas cualquiera, a cualquier edad, es una proyección constante de la otra a la misma edad. Cada una de las curvas representa la tendencia promedio de una clase o categoría de calidad de sitio a lo largo del tiempo.

1.12. Podas

Es la acción y efecto de cortar o remover parcialmente ramas inferiores de los árboles, estas pueden estar vivas o muertas. En términos forestales esto implica un desrame, lo

cual asegura la obtención de madera libre de nudos, misma que es altamente cotizada en los mercados internacionales.

¿Por qué es importante podar?

- Ayuda a eliminar la resencia de nudos a través de la poda de ramas, aumentar de la longitud utilizable, mayor rendimiento durante el procesado.
- Previene potenciales fuentes de infección y pudrición de la madera al eliminar ramas viejas, ganchos, y otros defectos indeseables;
- Mejora la estabilidad de los individuos ante agentes dañinos externos como el viento; y mejora de la rectitud, cilíndricidad (disminución del efecto de conicidad del tronco) y verticalidad de los fustes que redundan en mejores rendimientos durante su procesamiento (aserrío).

1.13. Raleos.

Consisten en la extracción de los ejemplares defectuosos y suprimidos, con el fin de mejorar la provisión de nutrientes del suelo y radiación solar para los árboles de mejores características.

Son cortas hechas en masas inmaduras con el fin de estimular el crecimiento de los árboles que quedan conformando la plantación y de aumentar la producción de material utilizable de la masa boscosa

1.14. Intensidad de raleo.

Se refiere a la magnitud de la intervención en términos cuantificables (en área basal, en volumen o en número de individuos), esto también puede expresarse en porcentaje. La intensidad no deberá de ser ni muy fuerte que resienta a los árboles y sea contraproducente, ni muy leve que no genere efectos positivos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La información base de los resultados presentados en este documento, proviene de la evaluación de unidades de muestreo denominadas "Parcelas Permanentes de Medición Forestal" -PPMF-, instaladas en plantaciones forestales a nivel nacional (principalmente beneficiadas por el PINFOR), varias de estas unidades se instalaron desde el año 2003 y aún persisten a la fecha, siendo su objetivo, permanecer hasta el aprovechamiento final de cada plantación, para conocer sobre la productividad de las mismas; a continuación se describen los principales aspectos metodológicos del sistema de PPMF distribuidas a nivel nacional:

2.1 Localización de la muestra de plantaciones forestales.

El marco geográfico del trabajo realizado con PPMF es la República de Guatemala, la cual limita al Norte y Oeste con México, al este con Belice y el Mar Caribe (Océano atlántico), las Repúblicas de Honduras y El Salvador, al Sur con el Océano Pacífico. Se ubica entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical, en los paralelos de 13°44' y 18°14' al Norte y Meridianos 87°30' y 92°14' al Este de Greenwich.

La temperatura media a nivel del mar es de 27 °C para el Océano Pacífico y 28.2 °C para el océano atlántico. A partir del nivel del mar la temperatura media anual desciende 1 °C por cada 100 m de ascenso. La humedad relativa varía desde un 60% en el oriente (zona seca) hasta un 85% en el norte, con un promedio nacional entre 70-80%.

Entre los 915 y 2440 msnm, zona en la que se concentra la mayor parte de la población, los días son más cálidos y las noches frías; la temperatura tiene un promedio anual de 20 °C el clima de las regiones costeras es de características más tropicales, la costa Atlántica, es más húmeda que las del pacífico, con una temperatura cuyo promedio anual es de 28.3 °C la estación de lluvias se presenta entre mayo y noviembre.

Las precipitaciones anuales de la zona norte oscilan entre los 1,525 mm y los 2,540 mm; la precipitación anual promedio en el país es de 2,034 mm, variando de 500 a 6,000 mm generando una oferta hídrica volumétrica anual de 127 km³.

La interacción de estos y otros factores hacen posible contar con un amplio número de especies forestales de importancia económica distribuidas en todo el territorio nacional.

El Instituto Nacional de Bosques, tiene cobertura a nivel nación a través de la división administrativa del recurso forestal en 9 Regiones Forestales con un total de 31 oficinas (Direcciones Subregionales) esta estructura fue empleada para desarrollar la investigación en las distintas localidades de la república, respectivamente.

2.2 Sistema de PPMF

Las Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF-, se encuentran distribuidas en 90 municipios dentro de los 22 Departamentos de Guatemala, su ubicación obedece al comportamiento de la distribución geográfica de las plantaciones forestales, establecidas con el beneficio del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- desde el año 1998.

Cuadro 1. Departamentos y Municipios donde se ubican las plantaciones evaluadas.

No.	Departamento	Municipio
1	Alta Verapaz	Santa María Chabón, Chahal, Chisec, Cobán, Fray Bartolomé de Las Casas, La Tinta, San Agustín Lanquín, Panzós, San Cristóbal Verapaz, San Pedro Carcha, Santa Cruz Verapaz, Senahú, Tactíc.
2	Baja Verapaz	Granados, Purulhá, Rabinal, Salamá, San Jerónimo, Santa Cruz El Chol
3	Chimaltenango	Patzún, San Martín Jilotepeque, Tecpán Guatemala
4	Chiquimula	Camotán, Jocotán
5	El Progreso	Morazán, San Agustín Acasaguastlán, Sanarate
6	Escuintla	Escuintla, Guanagazapa, La Democracia, Palín, San Vicente Pacaya, Siquinalá
7	Guatemala	Chinautla, San Pedro Ayampuc, San Raymundo
8	Huehuetenango	Nentón, Santa Cruz Barillas, San Mateo Ixtatán, Santa Eulalia
9	Izabal	El Estor, Livingston, Los Amates, Morales
10	Jalapa	Jalapa, San Pedro Pínula
11	Jutiapa	El progreso
12	Peten	Dolores, La Libertad, Poptún, San Luis Peten, Santa Ana, Sayaxché, Flores, San Francisco,
13	Quetzaltenango	Coatepeque, Colomba Costa Cuca, El Palmar, Quetzaltenango, San Carlos Sija, Zunil
14	Quiche	Chicamán, Nebaj, Ixcán Playa Grande
15	Retalhuleu	Nuevo San Carlos, San Andrés Villa Seca
16	Sacatepéquez	Jocotenango, Pastores, Santa Lucía Milpas Altas
17	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo, Malacatán, San Cristóbal Cucho, Tecún Umán, Tumbador
18	Santa Rosa	Chiquimulilla, Cuilapa, Santa María Ixhuatán, Taxisco
19	Sololá	San Andrés Semetabaj, Santa Catarina Ixtahuacan, Santa Lucía Utatlán, Santiago Atilán
20	Suchitepéquez	Chicacao, Cuyotenango, Patulul, Santo Domingo
21	Totonicapán	Momostenango, Santa Catarina Ixtatán
22	Zacapa	Estanzuela, Gualán

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2014.

2.3 Distribución de unidades de muestreo.

Hasta el año 2013, se cuenta con un total de 576 PPMF activas, las cuales están distribuidas en todo el país, y si bien es cierto, hay parcelas nuevas que tienen una sola medición, las evaluadas a partir del año 2003 cuentan con un registro histórico de hasta 9 mediciones consecutivas.

La permanencia y continuidad de las mediciones en las unidades muestreadas de forma permanente, representan una inversión necesaria para el sector forestal. Su distribución se ha realizado con base a la priorización de Departamentos del Programa de Incentivos Forestales que además contrasta con la intensidad de la actividad en estas áreas y por consiguiente la necesidad de generación de información.

Las unidades de muestreo son agrupadas y presentadas en el siguiente cuadro (2), de acuerdo con la división territorial que el INAB hace para administrar los recursos forestales correspondientes, esta obedece a 9 Regiones y 31 Subregiones que se muestran a continuación en el Mapa 1.

Mapa 1. División administrativa de INAB. (Regiones y Subregiones)



Fuente: Departamento de SIG, INAB, 2015

Es de esta forma como el INAB, cubre por completo el territorio nacional. Cada oficina está encargada a través de su personal técnico del mantenimiento y remediación de las PPMF, ubicadas dentro de su área de influencia, estas unidades de muestreo se distribuyen por Subregión en la forma descrita en el siguiente Cuadro (2):

Cuadro 2. Distribución de unidades de muestreo y especies por región y subregión

Región	Subregión	Parcelas	Especies
I METROPOLITANA	I METROPOLITANA	60	<i>Cassia siamea</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Tabebuia rosea</i>
II LAS VERAPACES	II-1 TACTIC	22	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Tabebuia donnell-smithii</i>
	II-2 RABINAL	14	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus oocarpa</i>
	II-3 COBAN	48	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> , Mezcla de especies, <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Tabebuia donnell-smithii</i>
	II-4 SAN JERONIMO	32	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus tecunumanii</i>
	II-5 FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	22	Mezcla de especies, <i>Tectona grandis</i>
	II-6 IXCAN	23	<i>Dalbergia stevensonia</i> , Mezcla de especies
	II-7 SALACUIN	24	Mezcla de especies
III NOR ORIENTE	III-1 IZABAL	33	<i>Calophyllum brasiliense</i> , <i>Gmelina arborea</i> , Mezcla de especies, <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Tectona grandis</i> , <i>Vochysia guatemalensis</i>
	III-2 ZACAPA	2	Mezcla de especies
	III-3 CHIQUIMULA	3	<i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
	III-4 EL PROGRESO	23	<i>Caesalpinia velutina</i> , <i>Cassia siamea</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
IV SUR ORIENTE	IV JUTIAPA	2	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>
	IV-1 JALAPA	8	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus oocarpa</i>
	IV-2 SANTA ROSA	16	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Tabebuia donnell-smithii</i> , <i>Tectona grandis</i>
V CENTRAL	V-1 ANTIGUA GUATEMALA	4	<i>Alnus jorouleensis</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
	V-2 CHIMALTENANGO	7	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
VI SUR OCCIDENTE	VI-1 QUETZALTENANGO	4	<i>Abies guatemalensis</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
	VI-2 SAN MARCOS	5	Mezcla de especies, <i>Cupressus lusitánica</i>
	VI-3 TOTONICAPAN	2	Mezcla de especies, <i>Pinus pseudostrobus</i>
	VI-4 SOLOLÁ	37	<i>Calophyllum brasiliense</i> , <i>Nectandra</i> sp., <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pterocarpus macrocarpus</i> , <i>Sickingia salvadorensis</i> , <i>Terminalia oblonga</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
VII NOR OCCIDENTE	VII-2 HUEHUETENANGO	23	<i>Cupressus lusitánica</i>
	VII-3 NEBAJ	7	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
	VII-4 SOLOMA	16	<i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
VIII PETÉN	VIII-1 SAN FRANCISCO	23	<i>Gmelina arborea</i> , Mezcla de especies, <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Tectona grandis</i>
	VIII-2 POPTÚN	10	<i>Gmelina arborea</i> , <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , <i>Tectona grandis</i>
	VIII-3 SAYAXCHÉ	46	<i>Bucida buceras</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Gmelina arborea</i> , Mezcla de especies, <i>Pithecelobium leucocalyx</i> , <i>Tectona grandis</i>
IX COSTA SUR	IX-1 SUCHITEPEQUEZ	14	<i>Gmelina arborea</i> , Mezcla de especies, <i>Tabebuia donnell-smithii</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Tectona grandis</i>
	IX-2 ESCUINTLA	27	Mezcla de especies, <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Tabebuia donnell-smithii</i> , <i>Tectona grandis</i> , <i>Cupressus lusitánica</i>
	IX-3 RETALHULEU	15	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> , <i>Tectona grandis</i>
	IX-4 COATEPEQUE	4	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> , Mezcla de especies, <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Tabebuia donnell-smithii</i>
TOTAL			576

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2014.

2.4 Especies evaluadas.

A nivel nacional se están evaluando un total de 31 especies, en plantaciones forestales beneficiarias del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, sin embargo, en el presente documento la información correspondiente únicamente a 28 especies debido a que algunas de las citadas en el cuadro 3, no cuentan con información para la elaboración de curvas de crecimiento.

El establecimiento y seguimiento de las unidades de muestreo mantiene el mismo marco de priorización de las especies definida por el Programa de Incentivos Forestales de acuerdo a factores económicos, sociales y ecológicos.

Cuadro 3. Especies forestales evaluadas en plantaciones puras o de una sola especie y unidades de muestreo por cada una.

No	Nombre Técnico	Nombre común	PPMF/Especie
1	<i>Abies guatemalensis</i> Rehder	Pinabete, Pashaque,	3
2	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight & Arn	Cedro rosado o mundani	18
3	<i>Alnus jorulensis</i> Kunth.	Aliso, ilamo	1
4	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Nim, Nem	1
5	<i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose) Stanley	Aripin, Malinche	3
6	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Santa maría, Marillo, Marío	3
7	<i>Cassia siamea</i> Lam	Casuarina	3
8	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Cassia de Flor amarilla	2
9	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	2
10	<i>Cupressus lusitánica</i> Mill	Cipres Común	65
11	<i>Dalbergia stevensonia</i>	Rosul	4
12	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste, Guanacaste	2
13	<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Melina	12
14	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunningham ex R. Br.	Gravilea	1
15	<i>Guazuma umifolia</i>	Caulote	
16	<i>Nectandra especie</i>	Aguacatillo	3
17	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Pino caribe, Pino de Peten	24
18	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Pino candelillo	93
19	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	Pino ocote, Pino colorado	100
20	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pino triste	12
21	<i>Pinus tecunumanii</i> Eguluz & J.P. Perry	Pino de la Sierra	2
22	<i>Pithecelobium leucocalyx</i>		2
23	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Palo de Sangre	7
24	<i>Sickingia salvadorensis</i>	Puntero	1
25	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	6
26	<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Palo Blanco	19
27	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Matilisqueate	12
28	<i>Tectona grandis</i> L. f.	Teca	61
29	<i>Terminalia buceras</i>		
30	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Volador, Guayabón	2
31	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. Sm.	San Juan	2

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2014.

En el anterior, se observa que la mayor cantidad de PPMF están distribuidas dentro de las especies prioritarias del -PINFOR-, sin embargo, en los casos donde se ubica una sola parcela se debe a que no se cuenta con la capacidad institucional permanente para incrementar el número de parcelas, lo que obliga a pensar en la priorización de especies a evaluar.

Por otro lado, se evalúan 110 parcelas en plantaciones MIXTAS, mismas que se detallan a continuación:

Cuadro 4. Especies evaluadas a nivel nacional en plantaciones mixtas

No.	Nombre Técnico	Nombre común	Código de especie
1	<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Malerio colorado	ASPIME
2	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo	ASTRGR
3	<i>Citharexylum donnell</i>	Fruto de paloma	CITHDO
4	<i>Cordia dodecandra</i>	Cericote	CORDDO
5	<i>Dalbergia Sp.</i>	Granadillo	DALBSP
6	<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	Eucalipto	EUCACA
7	<i>Eucaliptus torreliana</i>	Eucalipto	EUCATO
8	<i>Genipa americana</i>	Almendo	GENIAM
9	<i>Gliriscidia sepium</i>	Madre cacao	GLIRSE
10	<i>Lycania platipus</i>	Sunza	LYCAPL
11	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	Manchiche	LONCHA
12	<i>Ocotea guatemalensis</i>	Aguacatillo	OCOTGU
13	<i>Pachira acuática</i>	Zapotón	PACHAC
14	<i>Phytocolobium arboreum</i>	Frijolillo	PHYTAR
15	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Amapola	PSEUEL
16	<i>Sweetia panamensis</i>	Chichipate	SWEEPA
17	<i>Swietenia humilllis</i>	Caoba del pacífico	SWIEHU
18	<i>Terminalia amazonia</i>	Canxan	TERMAM
19	<i>Vatairea lundelli</i>	Danto	VATALU
20	<i>Virola koschny</i>	Sangre	VIROKO
21	<i>Zantoxylum sp.</i>	Lagarto	ZANTSP

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2014.

2.5 Mantenimiento de las PPMF.

Especialmente cuando las parcelas se establecen en plantaciones jóvenes, se debe realizar al menos una limpieza y verificar que las señas de ubicación y delimitación con el objetivo de que en los años posteriores sean fáciles de localizar.

2.6 Registro de la información proveniente de las PPMF.

El registro de la información, se lleva a cabo utilizando las boletas de campo impresas directamente del programa MIRASILV, con el cual se integran a la base de datos las mediciones consecutivas obtenidos en campo, desde el año 2003.

2.7 Análisis de información para presentación de resultados

Para la elaboración del presente documento se consideró presentar los resultados de la dinámica de crecimiento por especie, en este caso para 28 especies de las 31 especies evaluadas en plantaciones puras, para las que fue factible elaborar la familia de modelos de crecimiento descritos en el punto 1.2.3 de esta metodología.

Durante la estructuración del documento se identificó la necesidad de integrar el concepto de un Paquete Tecnológico Forestal a una escala muy reducida, que permitiera contextualizar cada especie por su importancia en el país, por lo que fue necesario desarrollar otros procesos para el análisis y sistematización de información secundaria como lo constituye las bases de datos de plantaciones forestales, principalmente la del PINFOR, así como la revisión bibliográfica de documento que contribuyeran con información sobre el manejo de cada especie.

A continuación se describen estas actividades integradas para la elaboración del presente documento.

2.7.1 Análisis de bibliografía

La primera consulta bibliográfica realizada para cada especie fue la validación del nombre técnico, la cual se realizó de forma electrónica en dos sitios de internet plenamente reconocidos para fines taxonómicos, en orden de prioridad la primera corresponde al proyecto "*Flora Mesoamericana*", que describe por primera vez, todas las plantas vasculares que se encuentran en los estados del sureste de México (incluyendo la península de Yucatán) y en todas las repúblicas de Centroamérica; y la segunda, el "*Catálogo de la Vida*", que es el índice mundial más completo y autorizado de las especies disponibles en la actualidad.

Posteriormente se realizó la consulta de documentos técnicos elaborados por distintos autores que puntualizan sobre características de cada especie y principalmente sobre experiencias que sugieren recomendaciones para el manejo silvicultural para el cultivo de cada especie dentro del territorio nacional, en casos muy puntuales como el de *P. patula*, la información incluida corresponde al vecino país de México, donde esta especie es más abundante. La mayoría de los documentos consultados y sistematizados han sido impulsados por el Departamento de Investigación Forestal.

2.7.2 Análisis de la base de datos del PINFOR del periodo 1998 al 2013

Uno de los insumos de mayor importancia para referenciar la importancia de las especies evaluadas en el País, fue la base de datos del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR– correspondiente al periodo de 1998 al 2013; de la cual se prepararon cuadros y graficas que demuestran la cobertura actual generada con plantaciones forestales y por consiguiente su importancia, tendencias para cada especie que a su vez evidencia la preferencia de cada especie para su inclusión en proyectos de reforestación, la distribución geográfica/política de la especie, principalmente.

2.8 Desarrollo de modelos de crecimiento

La información generada a través de la red de Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) a nivel nacional, implementada por INAB, constituye una importante y concreta contribución al sector, como respaldo de los Modelos de Crecimiento

generados para cada especie, los cuales explican la dinámica del crecimiento de las plantaciones a partir de observaciones reales en campo.

Para la elaboración de los modelos de crecimiento se emplearon los reportes de promedios por parcela generados por el software MIRASILV, donde se guarda y administra la base de datos de PPMF a nivel nacional; estos informes fueron manipulados de tal forma de elaborar bases individuales por especies con el consolidado de todas las Subregiones respectivamente.

No está demás indicar el proceso de control de calidad que recibe la base de datos previo a la generación de los distintos reportes, la cual consiste en verificar la secuencia lógica entre mediciones consecutivas de cada parcela; este proceso inicia desde la confrontación de las boletas de campo con la información ingresada al sistema para corregir posibles errores de digitación.

Una vez generada y verificada la información de mediciones consecutivas por especie, se vacía en la hoja de Excel denominada Perla, la cual fue desarrollada por Álvaro Vallejo, desarrollándose en esta otro control de calidad hasta obtener el modelo de crecimiento con el mejor ajuste calculado y observado.

Los modelos determinados en este estudio se basan en el Índice de sitio, establecido a través de las alturas dominantes. Con la información de cada especie fueron determinadas 5 categorías de índice de sitio (Excelente, Alto, Medio, Bajo, Pésimo), las cuales puntualizan 5 escenarios diferentes de producción; aunque no está demás aclarar que cada plantación tiene su propio Índice de Sitio.

No está demás citar que el Índice de Sitio es el método de estimación de la calidad del sitio más conocido y ampliamente utilizado para estimar la productividad de un sitio y se define como la altura promedio que alcanza los árboles dominantes dentro del rodal a una edad determinada, llamada edad típica, edad Índice o edad base (Monserud 1987; Ortega y Montero 1988; Stiff et al. 1991; citados por Revolorio, 1996)

Los modelos generados son de la forma descrita a continuación:

$$\text{Volumen Total (m}^3\text{/ha)} = \text{EXP}(1.768595 - 12.819398/T + 0.181328*S + 0.001175*N)$$

$$\text{Índice de Sitio} = \text{EXP}(\text{LN}(H) + 3.991491 * (1/T - 0.1))$$

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 26)

El Índice de Sitio (S) de cada plantación o rodal se obtiene determinando el promedio de altura total de los 100 árboles más altos por hectárea (Hamilton et al., 1981; citado por Bengoa, 1999), equivalente a los 10 árboles más gruesos en una parcela de 1,000 m² o los 5 árboles más gruesos en una parcela de 500 m², posteriormente se aplica la ecuación de Índice de sitio. Esta ecuación devolverá el Índice de Sitio a la edad de referencia o base de 10 años.

Una vez elaborados las familias de modelos de crecimiento para cada especie se procedió a desarrollar tablas y gráficas, entre las que se encuentra las siguientes:

- ✚ Cuadro con los promedios de Índice de sitio por municipio, determinado con la información de observaciones en PPMF.
- ✚ Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento por especie.

- + Familia de modelos de crecimiento por especie.
- + Grafica con la curva de crecimiento en DAP (cm) por especie
- + Grafica con la curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) por especie
- + Grafica con la curvas de crecimiento en Área Basal por especie
- + Grafica con la curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) por especie

A continuación se presenta un ejemplo sobre la utilización de los modelos en una hoja de cálculo de Excel para estimar y proyectar las variables de un rodal, demostrando los pasos para la elaboración de los resultados. Debe copiarse en una celda la ecuación y sustituir las variables T, S y N por valores reales del rodal de plantación; por ejemplo para el volumen de una plantación a los 12 años de edad, índice de sitio medio (17.33 m) y una densidad de 300árboles/ha, tal como se muestra en la Figura1.

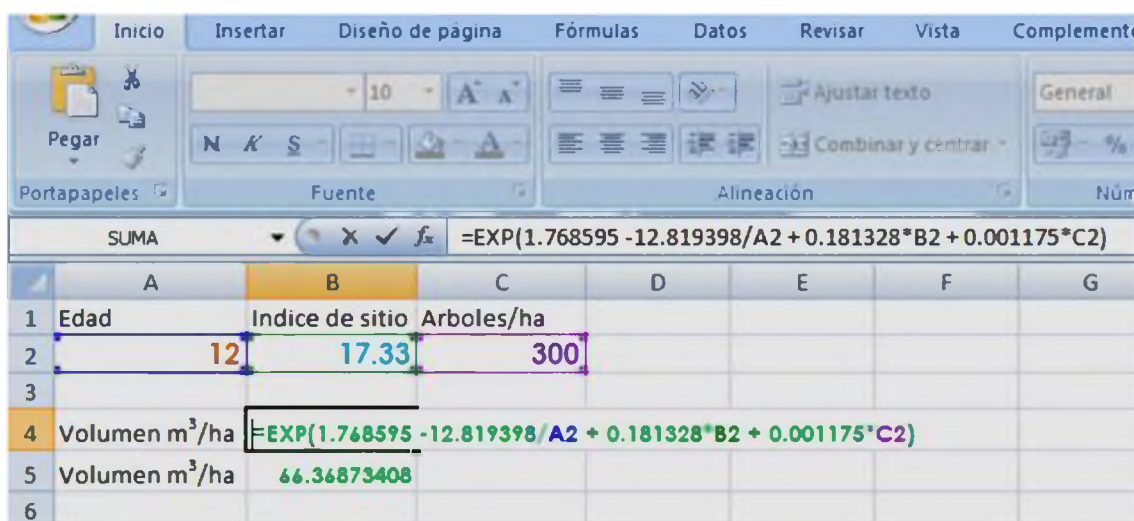


Figura 1. Demostración de ingreso de modelos de crecimiento en Excel.
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2014.

2.9 Mapas preliminares de distribución potencial:

Estos mapas fueron realizados utilizando de base la información fisiográfica y climática obtenida en la revisión bibliográfica de las especies definidas y a través del uso de la herramienta ArcGis ver. 3.2 para cotejar las capas correspondientes, dicha actividad se hizo en coordinación con la unidad de información forestal del INAB.

Con estos mapas y los datos de las PPMF se realizaron comparaciones de crecimiento de los sitios evaluados para comprobar y validar parcialmente la importancia de seleccionar una especie de acuerdo a las condiciones del área.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cada especie evaluada y reportada en el presente informe es abordada desde la importancia de conocer su contexto dentro del ámbito nacional y bajo la práctica de su incorporación en proyectos de reforestación principalmente como plantaciones forestales puras.

Estos aspectos se manifiestan desde que se presenta el nombre técnico de cada especie, cuya validez actual ha sido confirmado. Posteriormente se presenta una breve descripción de la especie, enfatizando consideraciones relacionadas con el cultivo de la especie, para finalmente presentar la situación de plantaciones forestales beneficiadas por el PINFOR del periodo de 1998 al 2013, tales como área cubierta por especie, la tendencia y preferencia para ser empleada en proyectos de reforestación y distribución de área reforestada por municipio.

El producto principal del presente informe lo constituye la sistematización de 10 años de investigación sobre la dinámica de plantaciones forestales (con un promedio de 6,000 registros de mediciones consecutivas) albergadas en una de las más completas bases de datos a nivel de la Región Centroamericana, la cual es traducida y explicada a través de familias de modelos de crecimiento para 28 especies forestales, que son puestas al servicio del sector forestal en general.

Estas familias de modelos de crecimiento son vitales para la planificación forestal, debido a que permiten programar las actividades a desarrollar en un rodal, en función de la velocidad de crecimiento y potencial del sitio, además ofrece la posibilidad de estimar los volúmenes maderables al final del turno.

Cada familia de modelos está compuesta de 5 ecuaciones matemáticas, cada una elaborada para las principales variables de crecimiento de un rodal, dichos modelos responden a factores agrupados en tres variables que son: i) Índice de Sitio (S), ii) Densidad o competencia (N) y, iii) Edad (T); con lo cual responden a condiciones individualizadas de cada rodal que se desee modelar.

Las 5 variables para las cuales corresponde una ecuación específica de crecimiento dentro de cada familia de modelos, se listan a continuación:

1. Altura Dominante: expresada en metros
2. Diámetro (DAP): expresado en centímetros
3. Área basal: expresado en m² por hectárea
4. Volumen total: expresada en m³ por hectárea, incluye la corteza y fue calculado con el promedio de alturas totales (de la base al ápice del árbol)
5. Índice de Sitio: expresado en metros. Este tema se presenta a través de 5 categorías de índice de sitio (excelente, alto, medio, bajo, pésimo), con escalas específicas para cada especie, mismas que pueden interpretarse como escenarios de crecimiento y que permiten predecir con mayor exactitud la producción de rodales.

Deben de usarse los resultados con cuidado, ya que aunque se presentan modelos para 28 especies, no todos son de aplicación nacional, siendo necesario tener presente siempre el número de unidades con los cuales fueron elaborados los modelos de algunas especies y las condiciones de sitio de las mismas, tal es la situación del cedro, donde se cuenta únicamente una parcela en plantaciones puras en el Departamento de Peten.

A continuación se presentan los resultados para las 28 especies evaluadas en plantaciones puras a nivel nacional.

3.1 *Abies guatemalensis* Rehder (**ABIEGU**)

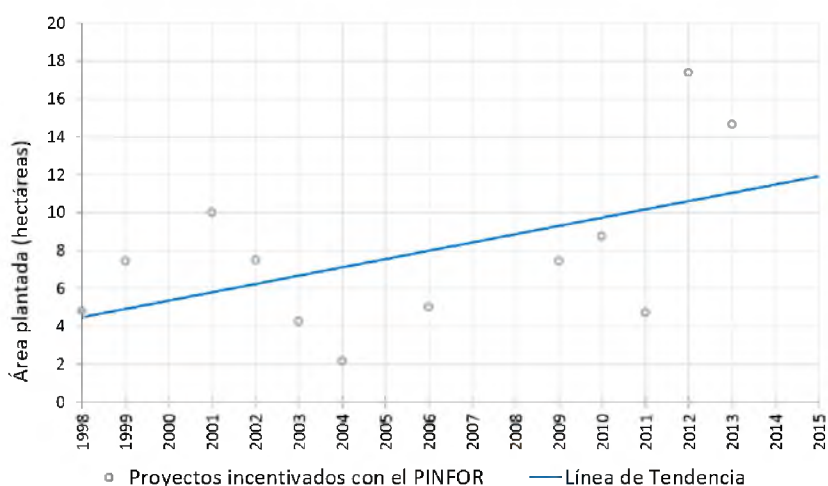
Taxón intraespecífico: *Abies guatemalensis* var. *guatemalensis*
Abies guatemalensis var. *Jaliscana* Martínez

Nombre Común: Pinabete, Pashaque, Abeto

A. guatemalensis es una especie que constituye un icono dentro de la cultura guatemalteca, por el uso que se le proporciona cada fin de año como árbol navideño, sin embargo, algunos documentos como los manuales de manejo silvicultural de esta especie señalan que la reacción de sembrar pinabete es sumamente lenta, sin embargo su producción con fines de árboles de navidad, ramillas y coronas podría ser un buen ingreso para la población local.

Según el CONAP (1999, p. 55) existe una demanda de 100,000 árboles de pinabete por año para la época navideña en el país, lo cual coloca una presión muy grande sobre los bosques de pinabete que sobreviven; Prado (2004) indica que la capacidad de producción de pinabete es de 4,000 árboles al año.

Existe una demanda insatisfecha que solo puede ser atendida a través del establecimiento de plantaciones voluntarias, debido a que el uso de ramillas provenientes del bosque natural esta complementen vedado por estar incluida dentro de la lista de especies en peligro de extinción de la la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES). De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 31 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 94.68 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, tal como se muestra en la Grafica 2, además se presenta una línea de tendencia que proyecta un aumento del área para los próximos años.



Grafica 1. Área de proyectos de pinabete incentivados durante el periodo 1998 al 2013.

Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

En contraste con el dato reportado dentro del PINFOR, se encuentran los registros del Departamento de Conservación de Ecosistemas Forestales del INAB, que hasta el año 2013 contabilizan entre plantaciones voluntarias y con incentivos, un total de 380 plantaciones que suman un total de 296.6 hectáreas. No está demás indicar que el objetivo de la mayoría de las plantaciones es la producción de árboles navideños y que no son proyectos con áreas grandes, sino que al menos el 50% tienen áreas menores a

1 manzana (7.000 m²), y por consiguiente son plantaciones voluntarias con fines de producción de árboles de navidad.

De acuerdo con la ficha técnica del INAB, la plantación y manejo de la plantación se desarrollan bajo las siguientes consideraciones.

a) Plantación.

Se planta en campo definitivo al alcanzar 30 a 40 cm de altura (1.5 a 2 años). Las plántulas son intolerantes a la sombra densa de los bosques maduros, requiriendo condiciones de alta iluminación de los hábitats abiertos. El control de maleza en el primer año parece ser crítico para una sobrevivencia y crecimiento adecuado (hasta 0.4 m en altura). En campo abierto se recomienda el uso de plantas protectoras, como la escobilla (*Baccharis sp.*) para protegerlo del sol directo y las heladas. Esta protección se retira entre el tercer y quinto año. Debido a que las plantaciones son destinadas a la producción de árboles de navidad, la densidad inicial no debe ser menor a 1,111 árboles/ha con un distanciamiento de 3 * 3 metros.

b) Manejo.

En la producción de árboles de navidad se cosechan por primera vez cuando alcanzan una altura de 1.5 a 2 metros de altura (aproximadamente a los 6 años de edad). Se recomienda hacer el corte por encima del primer o segundo verticilo (de la base hacia arriba), favoreciendo el desarrollo de 2 a 4 rebrotes, de los cuales se dejan dos.

Crecimiento y productividad en plantaciones.

Esta especie es evaluada a través de 3 PPMF distribuidas en 3 plantaciones ubicadas en la aldea Chimucub, del Municipio de Zunil, Quetzaltenango, cada una con un total de 9 mediciones consecutivas hasta el año 2013. El rango de datos registrados es a partir de los 8.6 años hasta los 16.4 años de edad, presentado en ese periodo, densidades que han pasado de 780 a 540 árboles/ha; diámetros (DAP) de 9.5 hasta 25.5 centímetros en promedio, y alturas dominantes que al inicio presentaron 7.7 m y que han llegado a 19.5 metros respectivamente.

En el cuadro 5 se presenta el promedio de Incremento anual (IMA) de las principales variables dasométricas que muestran el desempeño en cuanto a crecimiento de *A. guatemalensis* en el Municipio de Zunil, Quetzaltenango.

Cuadro 5. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *A. guatemalensis* en el Municipio de Zunil, Quetzaltenango.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (8.58 m)	1.33	1.18	1.53	8.99

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Tal como se muestra en el Cuadro 5, el Incremento en Volumen Total es alto por presentar 8.99 m³/ha por año, sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta variable es afectada directamente por el número de árboles dentro del bosque, y debido a que las plantaciones evaluadas están sometidas a un régimen de silvicultura (raleos) bajo, el volumen tiende a ser alto, aunque las demás variables no lo reflejen.

Dinámica de crecimiento:

A continuación se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con la muestra detallada anteriormente.

Cuadro 6. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Abies guatemalensis* en el Municipio de Zunil, Quetzaltenango.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -20.378291 * (1/T - 0.1))	0.79
Diámetro (cm)	= Exp(4.627246 -11.360686/T + -0.006167*S -0.00133*N)	0.65
Área basal (m ² /ha)	= Exp(5.447094 -21.576918/T + -0.015678*S -0.001387*N)	0.58
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(8.352033 -41.928436/T + 0.014195*S -0.00184*N)	0.81
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 20.378291 * (1/T - 0.1))	0.79

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

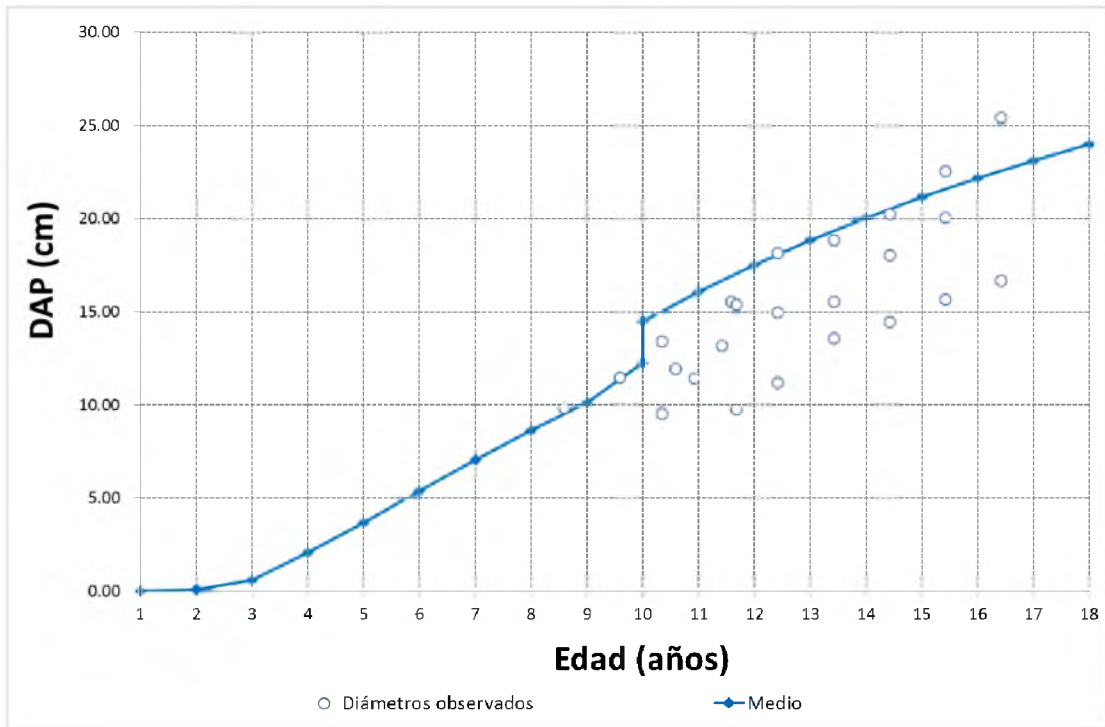
S = Índice de sitio (8.58 m para Zunil, Quetzaltenango)

Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *A. guatemalensis* en el Municipio de Zunil, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 6, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, el cual es de muy baja intensidad.

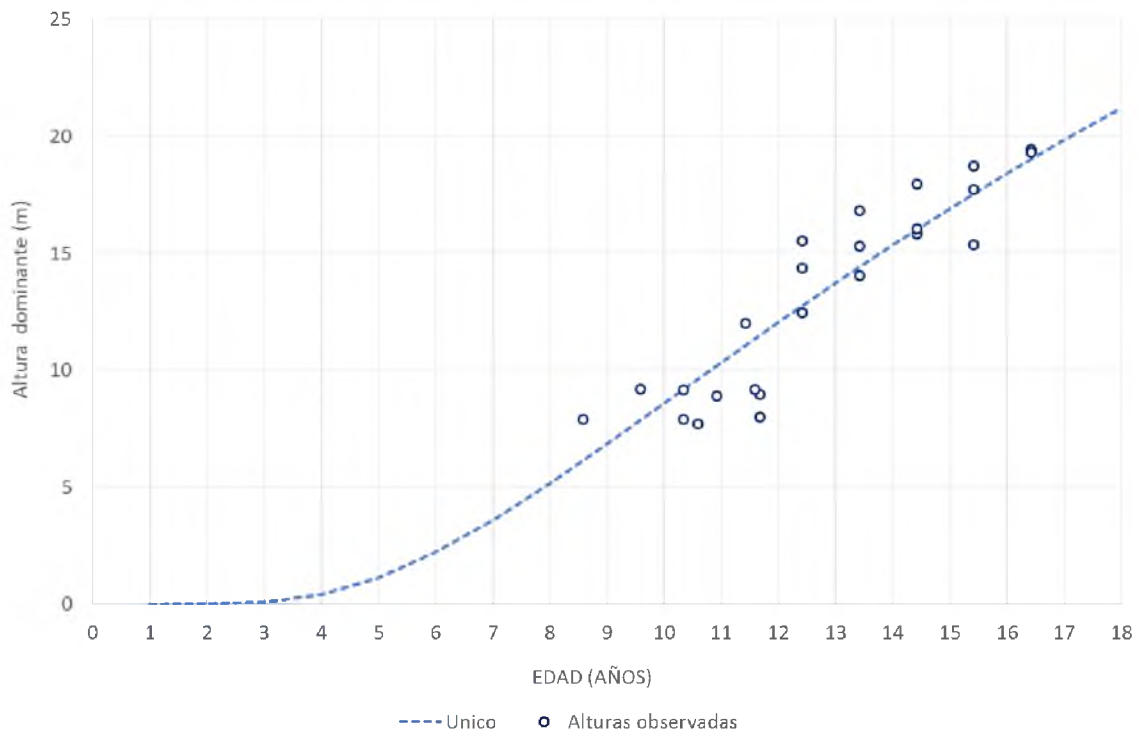
De esta cuenta es que el perfil de densidad se definió con 1,111 árboles/ha iniciales que al tercer año fueran únicamente 1,000 árboles/ha como producto de la mortalidad; posteriormente se plantea la aplicación de un raleo para dejar la plantación con un promedio de 750 árboles/ha que permanezcan hasta el décimo año en el que se aplicara un nuevo raleo con el que se dejaran un promedio de 575 árboles/ha.

Con el supuesto de perfil de manejo de densidad de baja intensidad y asumiendo un único índice de sitio (8.58 m) se procedió a graficar la familia de modelos de crecimiento a partir del año 1 hasta, los 18 años, que es el rango de edad de las plantaciones evaluadas; de esa forma es que modelo dibuja una curva de crecimiento para las principales variables de crecimiento de la plantación; a dicha grafica se le incluyeron como puntos, los valores observados para tener una apreciación del ajuste de la curva o explicación de los modelos con respecto a la realidad observada en campo.

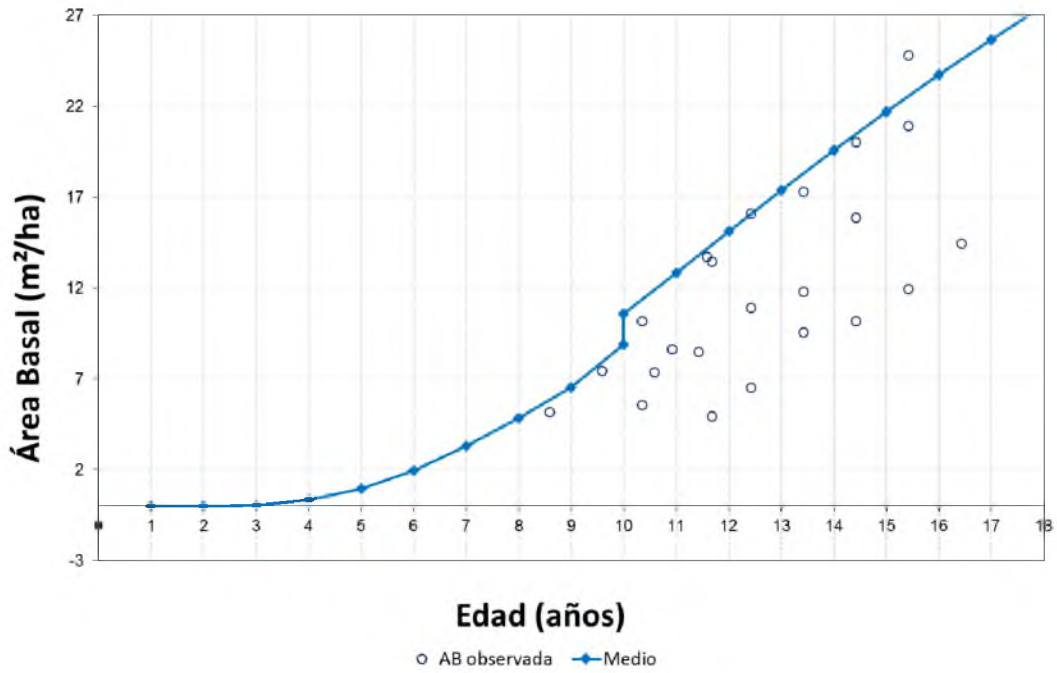
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total para la especie de *Abies guatemalensis* en el Municipio de Zunil, Quetzaltenango.



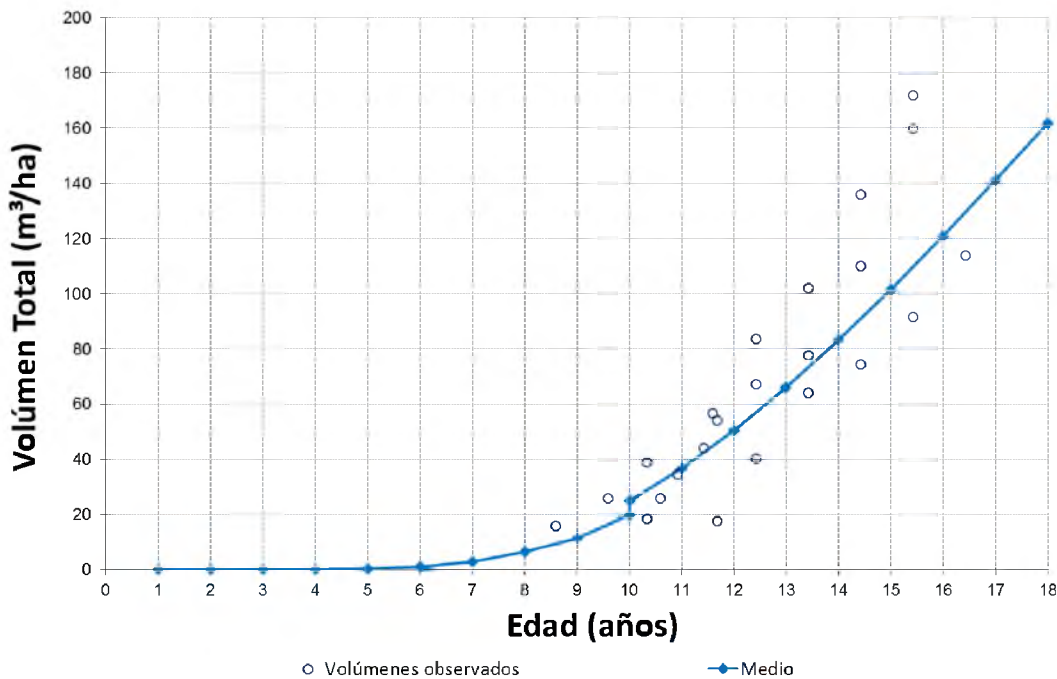
Gráfica 2. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Abies guatemalensis* en el municipio de Zunil, Quetzaltenango.
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



Gráfica 3. Curva de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Abies guatemalensis* en el municipio de Zunil, Quetzaltenango.
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



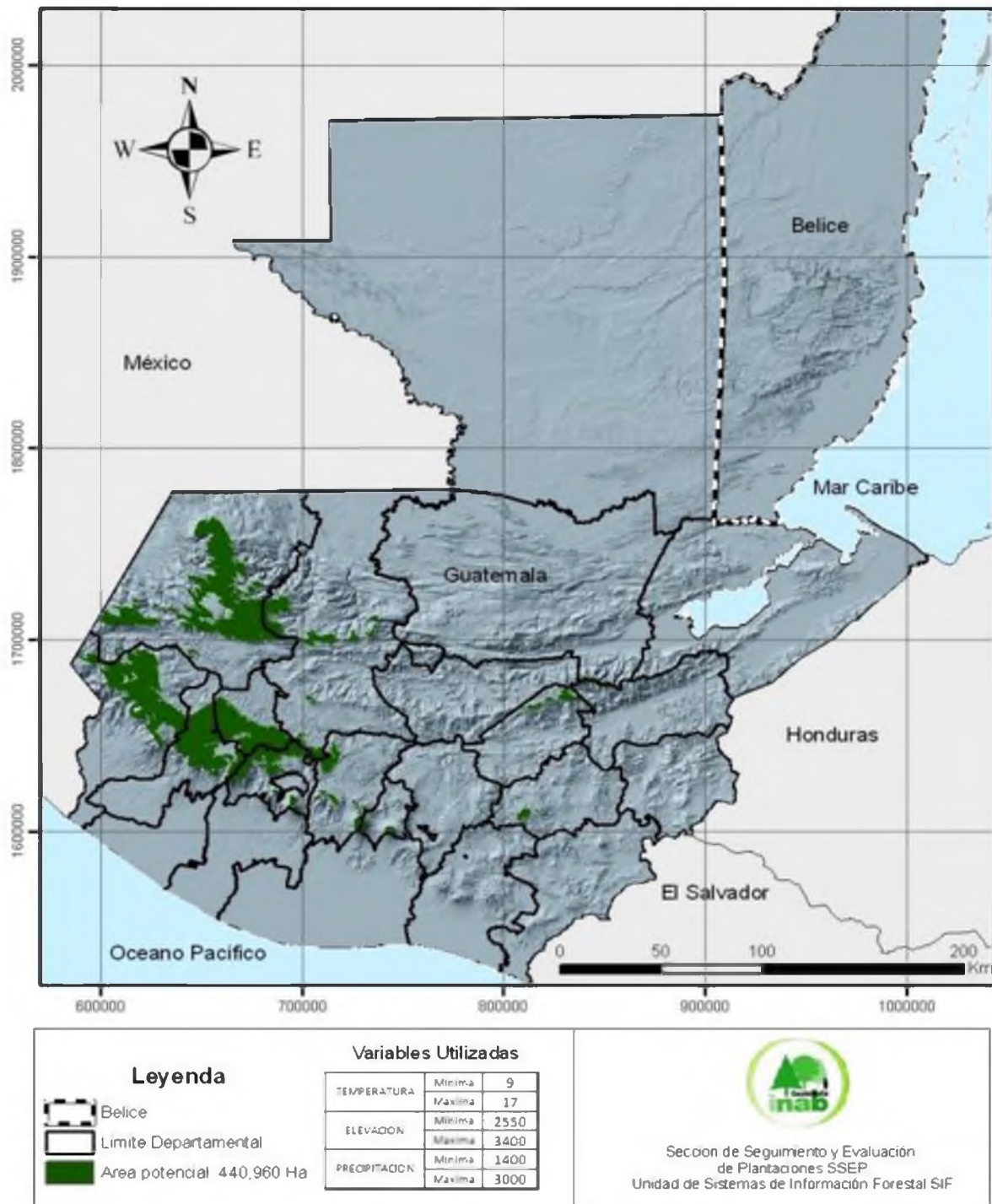
Gráfica 4. Curva de crecimiento en Área Basal (m²/ha) para la especie de *Abies guatemalensis* en el municipio de Zunil, Quetzaltenango.
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



Gráfica 5. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Abies guatemalensis* en el municipio de Zunil, Quetzaltenango.
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.

Mapa de distribución potencial para la especie de *Abies guatemalensis*:

Mapa 2. Distribución potencial preliminar para la especie de *Abies guatemalensis*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

El mapa de distribución potencial, para la especie de *Abies guatemalensis*, fue elaborado con variables climáticas y fisiográficas, sin embargo para la seleccionar definitivamente esta especie debe considerarse la variable de suelo.

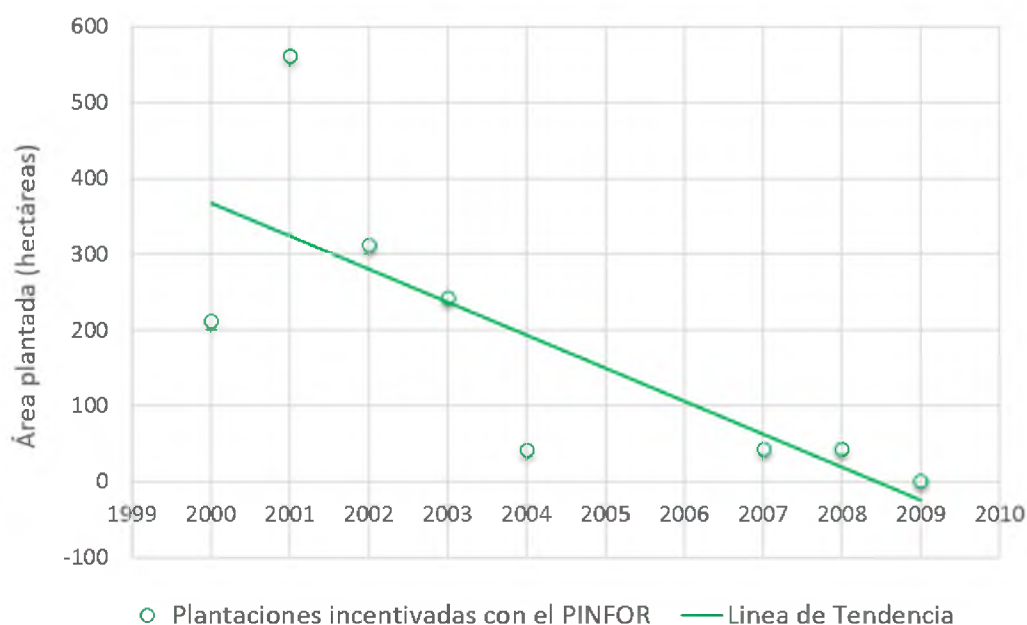
3.2 *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn (**ACROFR**)

Nombre Común: Cedro rosado de la India, Cedro roso, Mundani.

Características climáticas y fisiográficas para el desarrollo del cedro rosado:

Profundidad de suelo (cm)	15	PH	4 a 7
Precipitación anual (mm)	mayor de 2.000	Temperatura	19 a 28
Elevación (msnm)	0 - 1500		

Las primeras plantaciones de esta especie fueron incentivadas en el año 2000 y alcanzó su mayor área plantada al siguiente año (2001) con 562.04 hectáreas, a partir de entonces, las intenciones de reforestación fueron en detrimento hasta que en el año 2009 se incentivaron las últimas 1.5 hectáreas, tal como se puede observar en la Gráfica 6.



Gráfica 6. Área de proyectos de *A. fraxinifolius* incentivados durante el periodo 2000 al 2009.

Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

De acuerdo con la ficha técnica del INAB, el establecimiento y manejo de la plantación se desarrollan bajo las siguientes consideraciones.

Plantación:

Hasta alcanzar el estado de latizal, requiere limpiezas regulares para eliminar las malezas. A la edad de 3 a 4 años, se realizan los primeros raleos. Ya que para lograr un desarrollo óptimo, el árbol requiere una copa amplia, se deben continuar los raleos, hasta que el rodal alcance la edad maderable. Además del cultivo en áreas abiertas, es apropiado como árbol de sombra para plantaciones de té y café.

Rendimientos:

En Zambia, en cultivos experimentales de *Acrocarpus* con 2.5 a 7.8 años de edad, se comprobó un crecimiento vertical anual de 1.3 a 3.0 metros. En un rodal de 23 años, la altura media observada fue de 26 metros en condiciones medioambientales favorables, se puede contar con incrementos en volumen (IMA) de 10 m³/ha.

Crecimiento y productividad:

A. fraxinifolius es una especie que ha sido evaluada en 7 municipios de 6 departamentos del país, tal como se muestra en el Cuadro 7. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 42 Parcelas Permanentes de Medición Forestal donde se realizaron un total de 176 mediciones consecutivas se determinó, que para dicha especie se diferencian tres categorías de crecimiento o productividad, determinados a través del Índice de sitio, dentro de las cuales, tal como se muestra en el Cuadro 7, los sitios de mayor productividad se encuentran en el municipio de Nuevo San Carlos, Retalhuleu, debido a que presenta un promedio de Índice de sitio de 24.13 m y por el contrario el municipio mas bajo es en El Progreso, Jutiapa.

Cuadro 7. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Retalhuleu	Nuevo San Carlos	24.13	Excelente
San Marcos	Tumbador	23.40	Medio
Petén	La Libertad	22.70	Medio
	Poptún	21.27	Medio
Quetzaltenango	El Palmar	20.83	Medio
Alta Verapaz	Cobán	19.30	Malo
Jutiapa	El progreso	18.40	Malo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

En el cuadro 8, se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las variables dasométricas modeladas para *A. fraxinifolius* en las tres categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie, este constituye un estimador muy práctico para determinar la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 8. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *A. fraxinifolius*, evaluadas en 7 municipio del país.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (16.7)	1.21	1.09	0.73	6.13
Medio (21.9)	1.40	1.43	0.96	10.60
Excelente (27.9)	1.68	1.82	1.33	20.16

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Los registros en la base de datos contienen información correspondiente a un máximo de 9 mediciones consecutivas hasta el año 2013; dichas plantaciones se han evaluado desde los 1.9 años, hasta los 13.83 años de edad, habiendo presentado densidades que han pasado de 1180 a 180 árboles/ha; diámetros (DAP) que han pasado de 5.0 hasta 32.7 centímetros en promedio, y alturas dominantes que al inicio presentaron 7.7 m y que han llegado a 30.0 metros respectivamente.

A continuación, se presenta la familia de modelos de crecimiento realizados con la información anterior.

Cuadro 9. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius* en Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -3.638221 * (1/T - 0.1))	0.77
Diámetro (cm)	= EXP(2.805506 -2.624873/T + 0.029507*S -0.000251*N)	0.77
Área basal (m ² /ha)	= EXP(1.649195 -5.046975/T + 0.054066*S + 0.001012*N)	0.24
Volumen total (m ³ /ha)	= EXP(3.117363 -8.840466/T + 0.107077*S + 0.000951*N)	0.29
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 3.638221 * (1/T - 0.1))	0.77

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

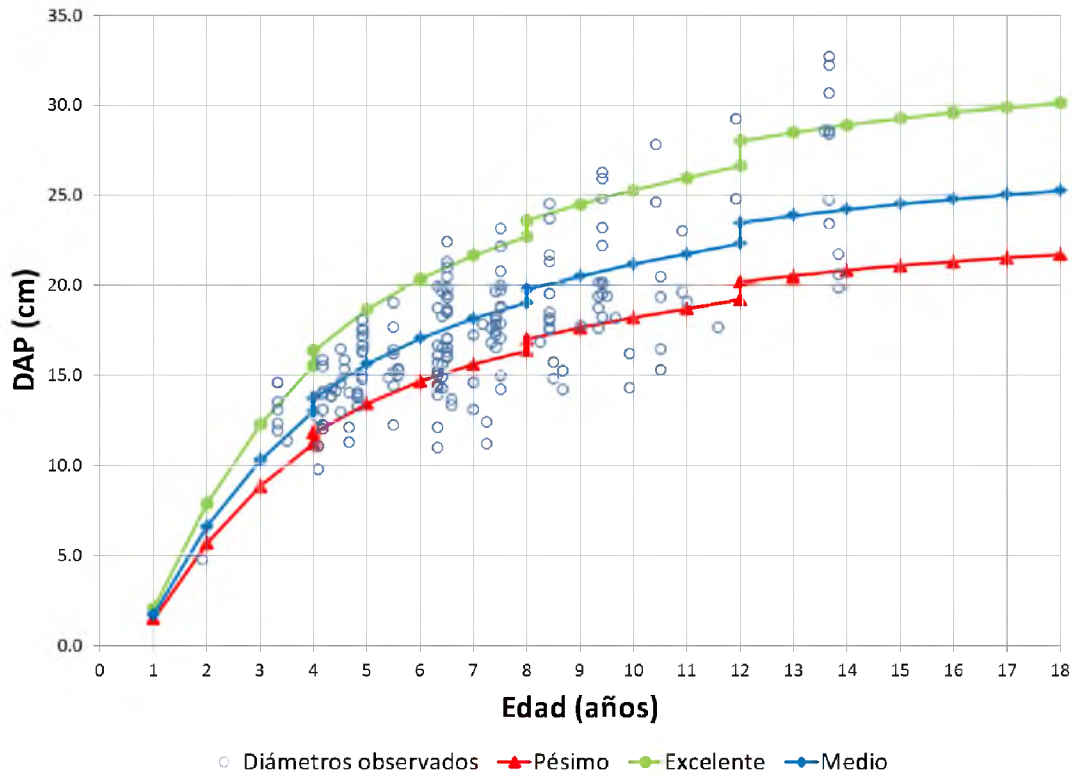
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 8)

Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *A. fraxinifolius* en 7 municipios del país, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 9, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, el cual es de muy baja intensidad.

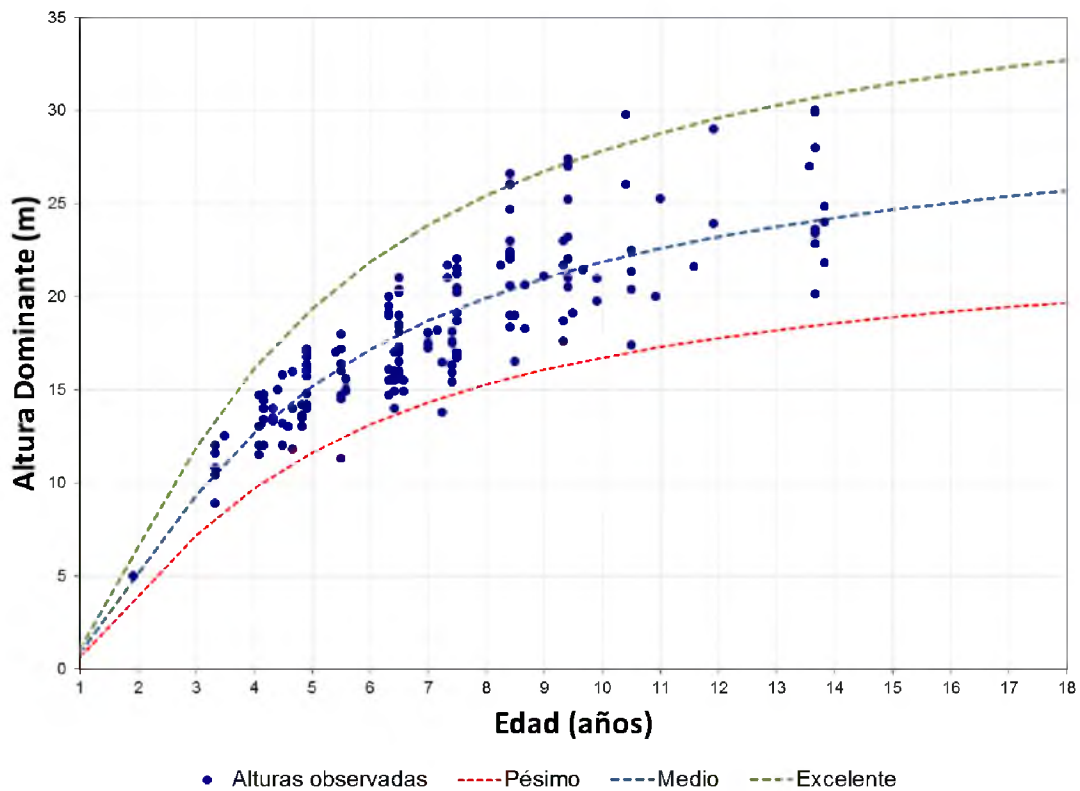
De esta cuenta es que el perfil de densidad se definió con 1,111 árboles/ha iniciales que al tercer año fueran únicamente habían 1,000 árboles/ha como producto de la mortalidad; posteriormente se plantea la aplicación de un raleo para dejar la plantación con un promedio de 750 árboles/hectárea con el fin de que permanezcan hasta el décimo año en el que se realizará un nuevo raleo para dejar un promedio de 575 árboles/ha, para la corta final al año 18.

A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *A. fraxinifolius* en 7 municipios del país.



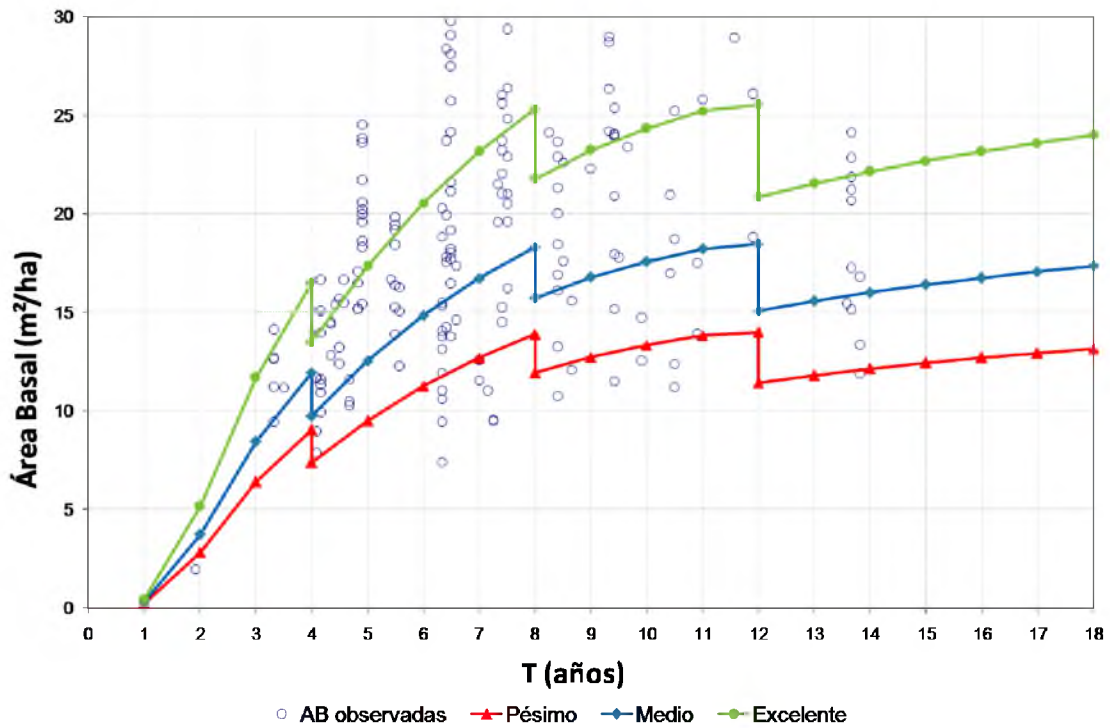
Gráfica 7. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



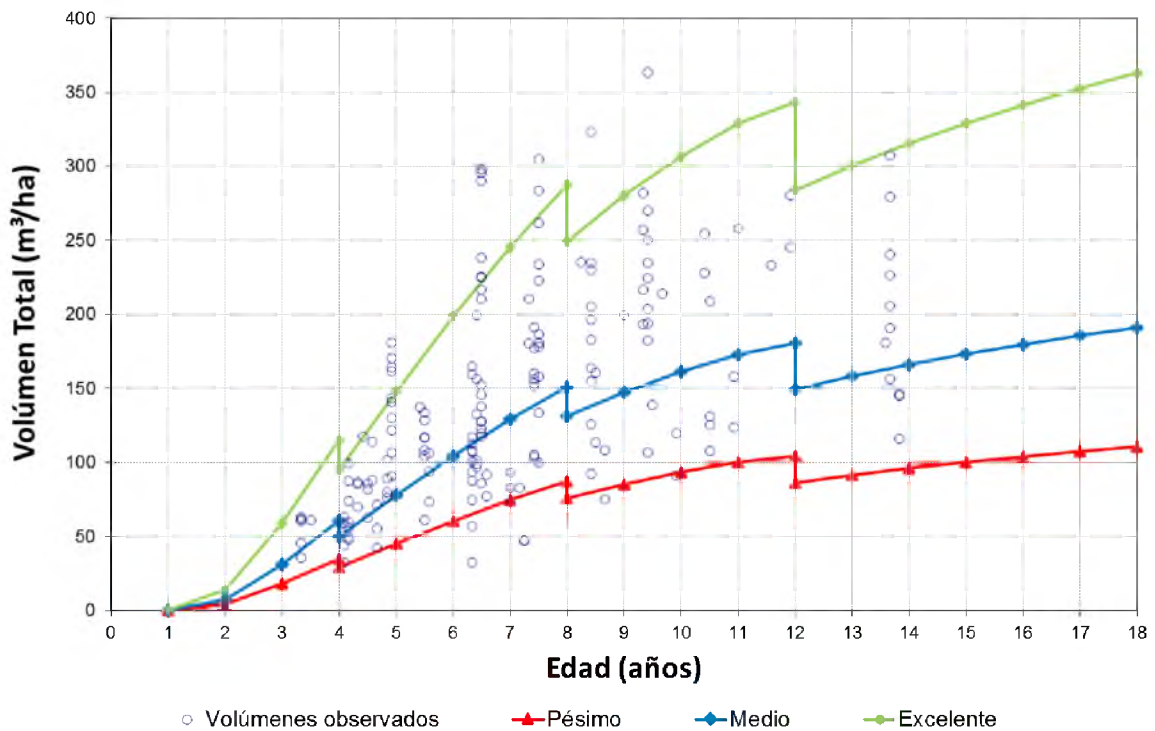
Gráfica 8. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



Gráfica 9. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.



Gráfica 10. Curva de crecimiento en Volumen Total, para la especie de *Acrocarpus fraxinifolius*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013.

3.3 *Alnus jorullensis* Kunth (ALNUJO)

Taxón intraespecífico: *Alnus jorullensis* subsp. *jorullensis*
Alnus jorullensis subsp. *lutea*

Nombre Común: Aliso

De acuerdo con Arboles de Centroamérica, la madera del género *Alnus* (*acuminata*), arde muy bien en forma pareja y tradicionalmente se ha usado para leña, especialmente en las zonas altas; siendo preferida para fines de aserrío; se emplea para la producen artesanías como joyeros y adornos finos; señalando además como muy buenas sus cualidades para la elaboración de fósforos y sus características aptas para pulpa.

Entre otros usos comunes en el país se utiliza para la protección de suelos y como abono verde. Los nódulos en sus raíces fijan el nitrógeno del aire, fertilizando el suelo y los cultivos junto a ellas; el mantillo que forman las hojas caídas en los alisares naturales se vende como abono orgánico, para las plantaciones de maíz, por su alto contenido de nitrógeno. El abundante polen, es un valioso alimento para las abejas, especialmente en invierno, cuando escasean otras fuentes. Por último y no menos importante es la utilidad de los taninos contenidos en su corteza en procesos industriales.

Actualmente, se ha reforestado una importante cantidad de área ya que durante el periodo de 1997 al 2013, de acuerdo con la base de datos del PINFOR se han incentivado un total de 144.96 hectáreas de cobertura, posicionándola como la número 35 con mayor área plantada. La ubicación de estas plantaciones son principalmente en municipios de los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Guatemala y Sololá, respectivamente.

Crecimiento y productividad:

El crecimiento de esta especie ha sido evaluado en una plantación ubicada en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez; en esta se encuentra ubicada una PPMF en la que se registran las principales variables dasométricas a partir de los 2.9 hasta los 11.6 años, periodo en el cual, la densidad paso de 1520 a 200 árboles/hectárea producto de los raleos; los diámetros han oscilado de 4.6 a 21.6 centímetros y para el caso de la altura dominante, al inicio fue de 4.3 m , llegando a 15.2 metros para el año 2013.

A continuación en el cuadro 10 se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que reflejan el desempeño en crecimiento y productividad de la especie en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez. Tomar en cuenta que la densidad de 200 árboles/hectárea, a los 12 años de edad, afecta directamente el incremento en volumen total reportado.

Cuadro 10. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *Alnus jorullensis* en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (13.91 m)	1.33	0.90	0.76	5.94

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Con la información de las mediciones consecutivas en la parcela descrita anteriormente, se elaboró la familia de modelos de crecimiento, para la finca evaluada.

Cuadro 11. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Alnus jorullensis* en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -5.183772 * (1/T - 0.1))	0.99
Diámetro (cm)	= Exp(3.479904 -5.100774/T + 0.005329*S -0.000192*N)	1.00
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.046634 -13.359966/T + 0.071346*S + 0.001672*N)	0.92
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(5.002828 -19.579749/T + 0.028559*S + 0.001735*N)	0.98
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 5.183772 * (1/T - 0.1))	0.99

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

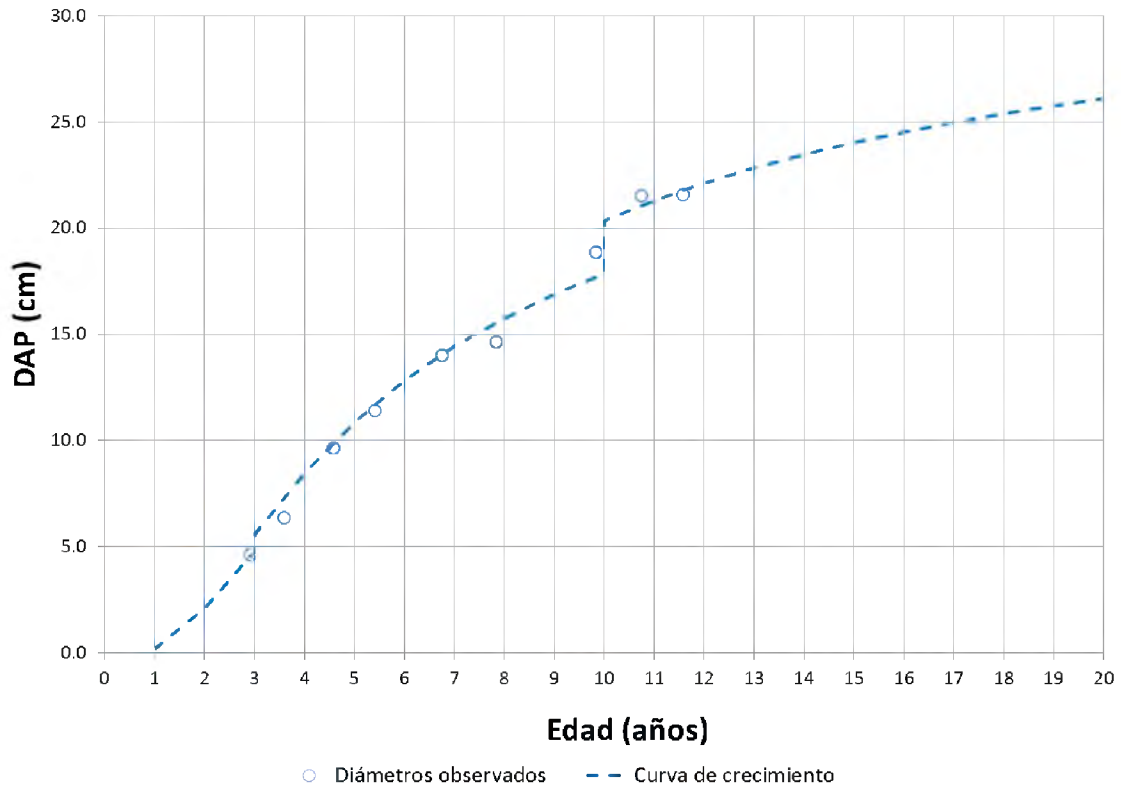
S = Índice de sitio (único de 13.91 m)

Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *A. jorullensis* en el municipio de San Miguel Dueñas, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 11, para el efecto, se estableció un perfil similar al proporcionado en el sitio de evaluación. Es preciso hacer la salvedad que modelar con perfiles de manejo diferentes, reducirán los ajustes a la posible realidad, debido a que estos fueron generados con los datos de una sola parcela.

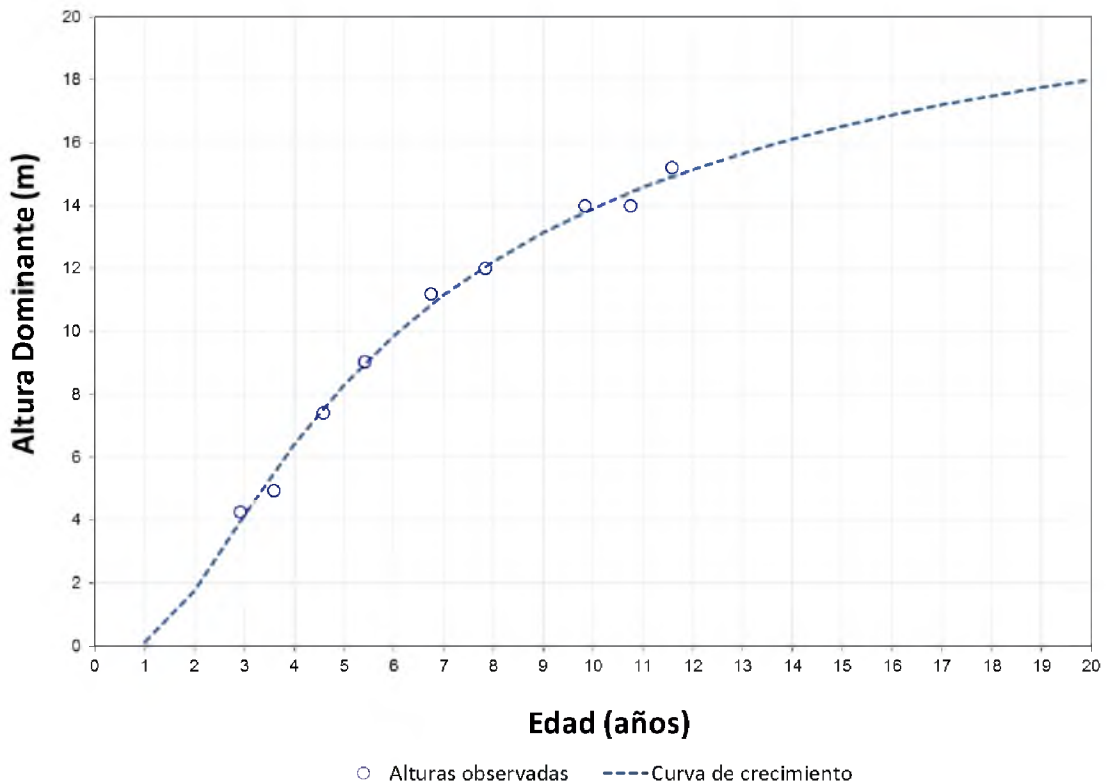
El perfil de manejo de la densidad definido, corresponde a una densidad inicial de 1500 árboles/ha, realizando un primer raleo a inicios del año 4 de aproximadamente el 50% de intensidad, dejando 800 árboles/ha hasta el año 10, en el cual se realiza el segundo raleo de aproximadamente un 75% el cual deja como resultado un promedio de 200 árboles/hectárea.

Una vez definido el perfil de manejo, se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada, a partir del año 1 hasta el año 20, haciendo una predicción de la producción a partir del año 12 (edad de la última observación en campo).

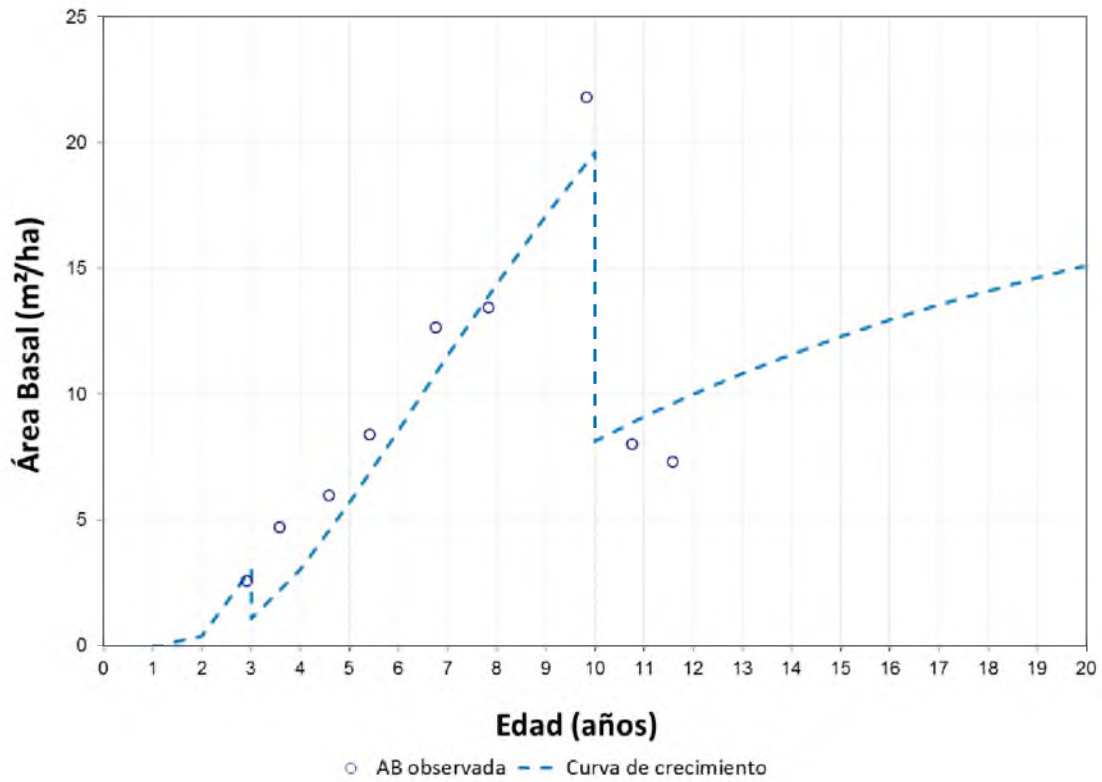
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *A. jorullensis* en el municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo, para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad.



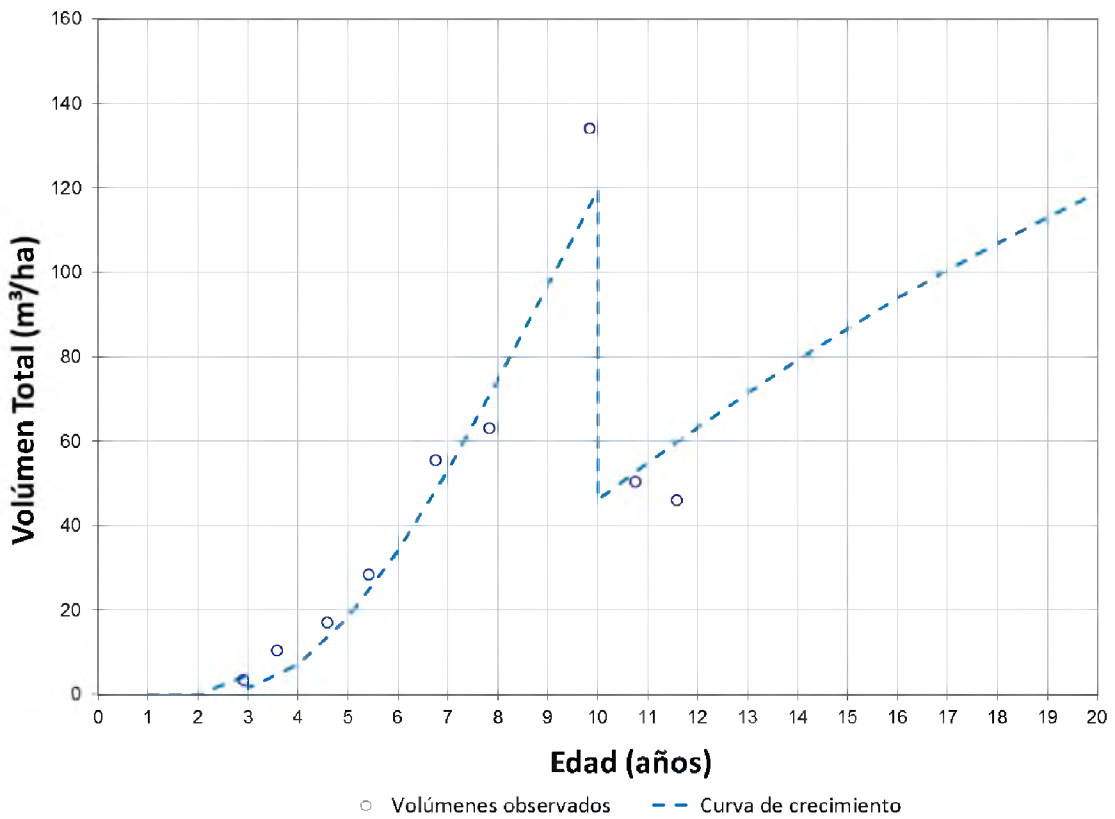
Gráfica 11. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Alnus jorullensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 12. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Alnus jorullensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 13. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Alnus jorullensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 14. Curva de crecimiento en Volumen Total, para la especie de *Alnus jorullensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.4 *Azadirachta indica* A. Juss (**AZADIN**)

Nombre Común: Nim, Neem.

El establecimiento de plantaciones forestales con esta especie están reportadas únicamente en los municipios de Estanzuela y Gualán, ambos del departamento de Zacapa, con un total de 41.51 hectáreas plantadas.

Crecimiento y productividad

A. indica, es una especie cuyo crecimiento y productividad, se había venido evaluando a través de 4 PPMF instaladas en el municipio de Estanzuela, Zacapa. Estas parcelas han registrado información de la plantación a partir de los 5.2 a los 8.42 años de edad, con una densidad inicial de 1160 que producto de la silvicultura se ha reducido a 840 árboles/ha; los diámetros han pasado de 6.1 a 12.7 centímetros y las alturas dominantes que en promedio pasaron de 4.8 a 10 metros.

En el siguiente cuadro, se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las principales variables que muestran el crecimiento y productividad de *A. indica*, en el municipio de Estanzuela, Zacapa. La densidad de la plantación al 2013 fue de 800 árboles/hectárea.

Cuadro 12. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *A. indica* en los municipios de Estanzuela.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Malo (6.51)	1.04	0.71	0.84	2.09
Bueno (10.09)	1.49	1.10	1.71	6.26

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

A continuación se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con la muestra detallada anteriormente, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 13. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *A. indica* en el municipio de Estanzuela, Zacapa.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -1.725435 * (1/T - 0.1))	0.04
Diámetro (cm)	= Exp(1.567832 -2.675935/T + 0.100498*S + 0.000284*N)	0.94
Área basal (m ² /ha)	= Exp(-0.421023 -5.328057/T + 0.199157*S + 0.001581*N)	0.95
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(-0.96776 -7.358693/T + 0.307991*S + 0.002469*N)	0.97
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 1.725435 * (1/T - 0.1))	0.04

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

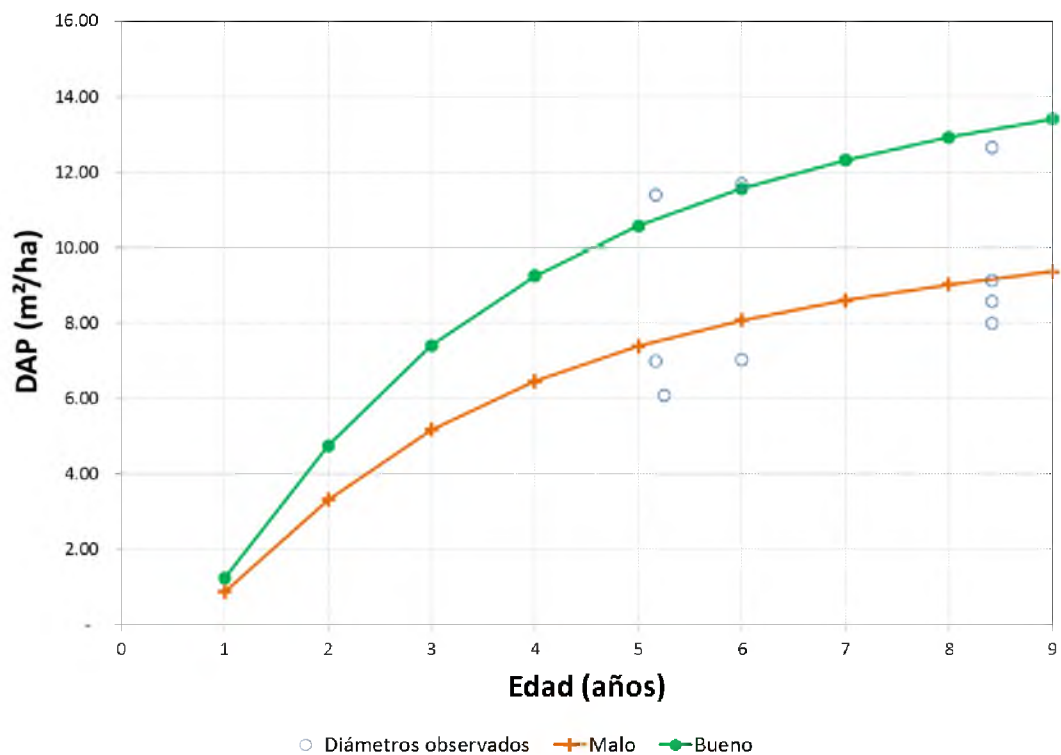
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 12)

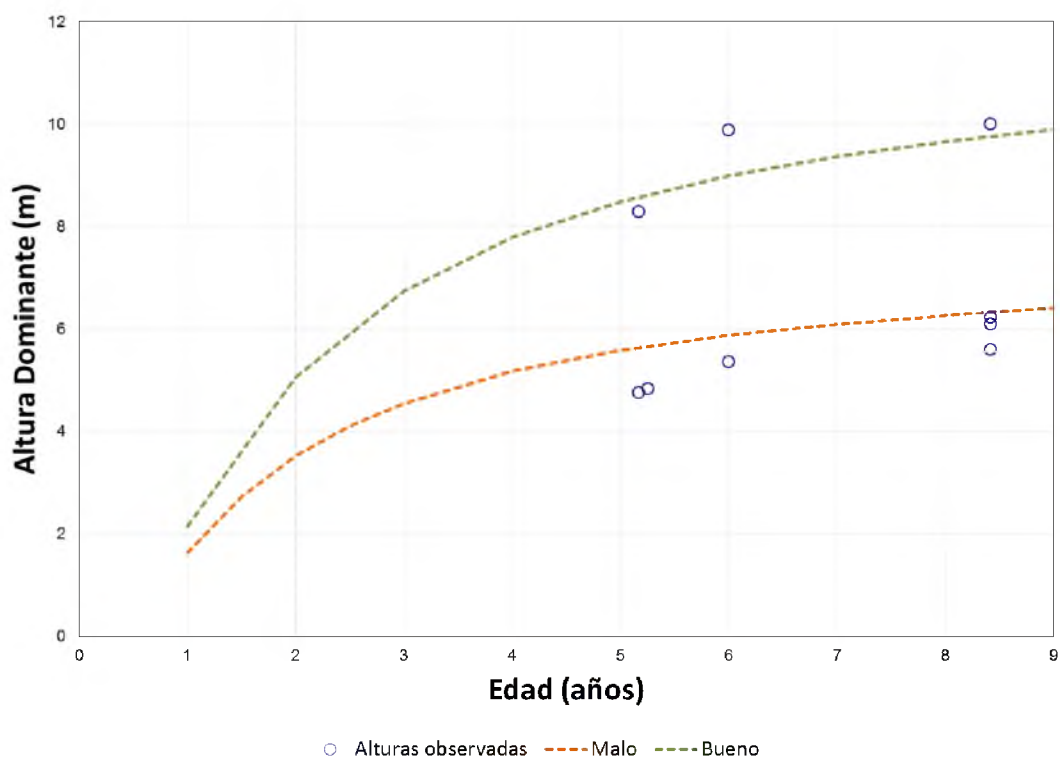
Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *A. indica* en el municipio de Estanzuela, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 13, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, el cual es de muy baja intensidad.

De esta cuenta es que el perfil de densidad se definió con 1,111 árboles/ha iniciales, de las cuales para el tercer únicamente 1,000 árboles/ha como producto de la mortalidad; posteriormente se plantea la aplicación de un raleo para dejar la plantación con un promedio de 750 árboles/hectárea con el fin de que permanezcan hasta el décimo año, en el que se realice un nuevo raleo para dejaran un promedio de 575 árboles/ha. Para la corta final.

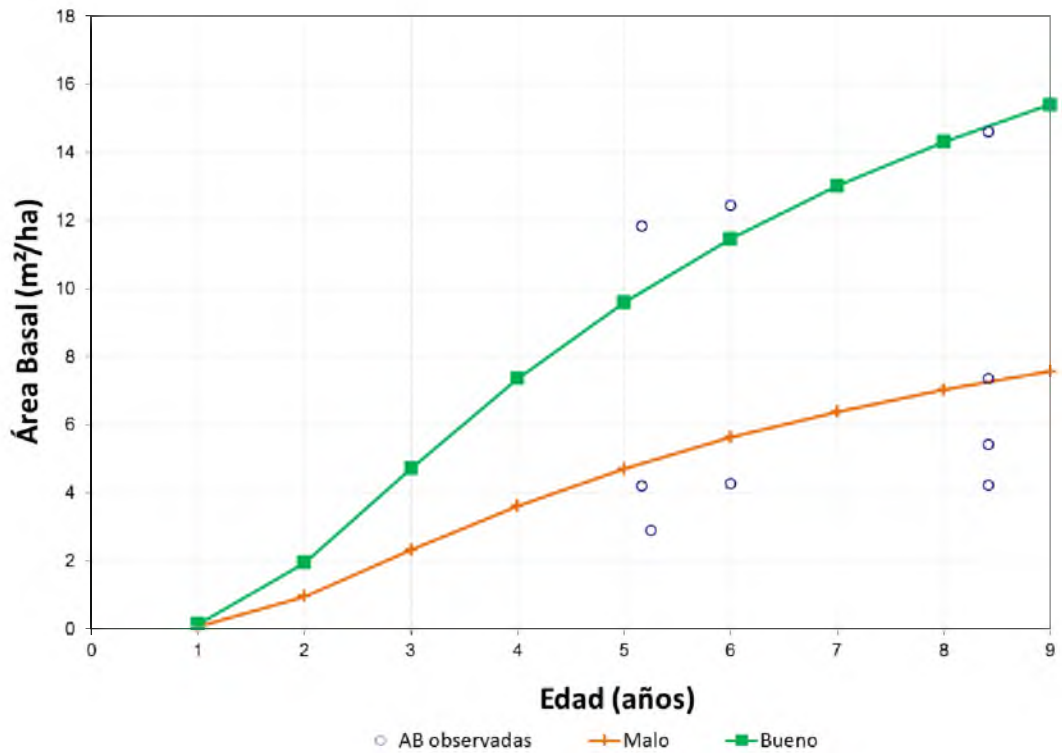
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *A. indicas* en los municipios de Estanzuela, Zacapa.



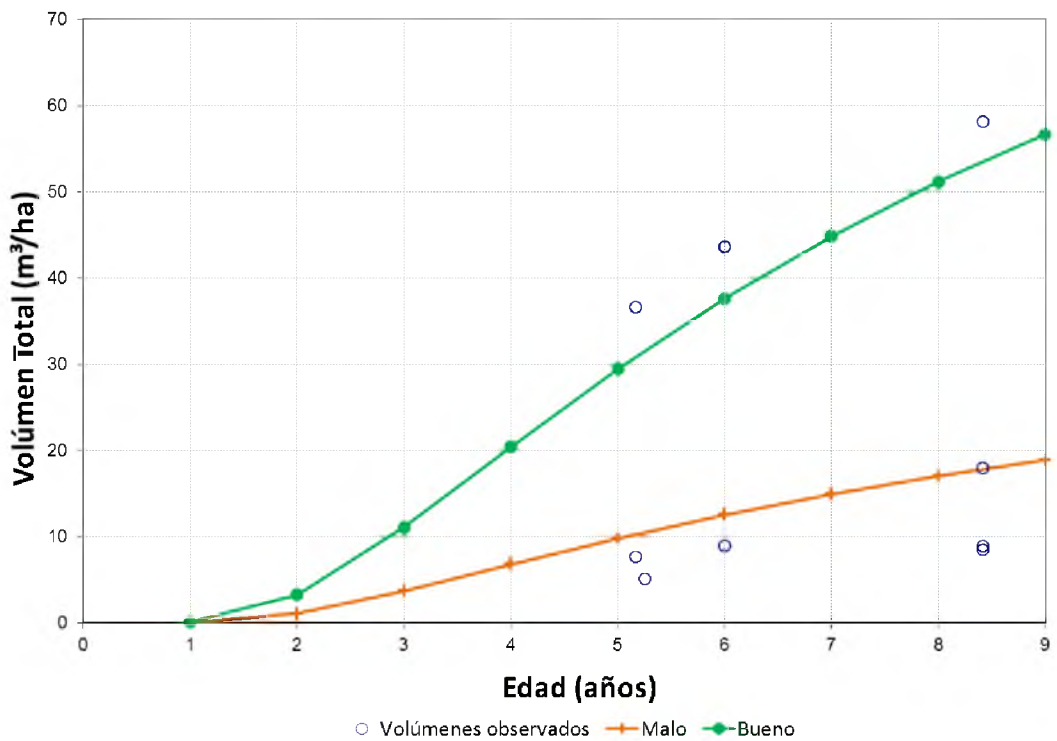
Gráfica 15. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Azadirachta indica*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 16. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Azadirachta indica*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 17. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Azadirachta indica*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 18. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Azadirachta indica*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.5 *Caesalpinia velutina* (Britton & Rose) Standl. (CAESVE)

Nombre Común: Aripín

Descripción¹:

Crece en las zonas secas de América Central, en laderas con suelos rocosos, en asociación con vegetación arbustiva y espinosa o en bosques poco densos. Especie frecuentemente asociada con *Gliricidia sepium*, *Guaicum sanctum* y *Leucaena* spp. Los rodales naturales, se localizan normalmente en suelos calcáreos y suelos derivados de serpentín, aunque también tolera suelos salinos.

Coloniza tierra agrícola abandonada por campesinos de agricultura migratoria. Es un árbol que enraíza profundo, con una fuerte raíz pivotante y raíces secundarias superficiales, incluso en suelos rocosos, aunque exista una capa endurecida, desarrolla un sistema radical superficial.

El uso más importante de esta especie es para leña, y además la madera sirve en las industrias rurales, cercas vivas, postes para cercas y conservación de suelos. Es de alta calidad para leña, se raja muy fácil, seca rápidamente y quema bien, produciendo buenas brasas, poco humo y ningún olor desagradable. Puede almacenarse al aire libre por un año o más sin sufrir pérdidas, siempre que esté protegida de la lluvia, y puede quemarse en verde si se mezcla con madera seca.

También puede usarse para elaborar carbón de alta calidad. Por todos estos motivos se ha usado en plantaciones energéticas, siendo una de las especies más ampliamente usadas en las áreas más secas de Guatemala. Aunque no se considera habitualmente como una especie forrajera, las cabras comen las hojas jóvenes.

Aunque no se considera una especie fijadora de nitrógeno, es capaz de establecerse en suelos degradados, por lo que en Guatemala se usa para la estabilización de pendientes y protección de cuencas, a menudo en asociación con cultivos anuales. Produce gran cantidad de flores amarillas que le confieren gran potencial para producción de miel, especialmente en áreas secas.

La supervivencia en plantaciones es normalmente alta (por encima del 80%). El crecimiento en diámetro y altura es moderadamente rápido. En buenos sitios se puede esperar 1 m de altura de crecimiento y más de un centímetro de diámetro por año. Tres ensayos en Guatemala dieron una producción media de leña de 3.2 tm/ha/año a los 22 meses y 6.1 tm/ha/año a los 33 meses, en sitios con lluvias variando desde 512 mm a 1163 mm por año.

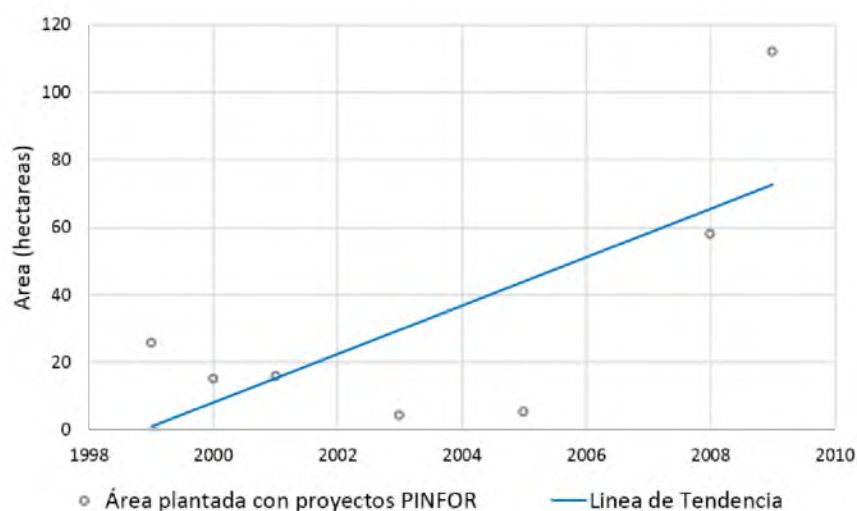
El ciclo de corta es de 5 años para leña y 7 años para postes pequeños. Después de la corta, la especie mantiene una moderada capacidad para rebrotar de nuevo (3 a 5 tallos por árbol). El ciclo de corta para madera debe ser más largo.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, hasta el año 2013 se registró un total de 236.22 hectáreas plantadas con *C. velutina* a nivel nacional, aunque en su mayoría se concentran en los departamentos de Baja Verapaz (156.7 ha), El Progreso (54.1 Ha) y Zacapa (16.76), debido a que la ecología de esta especie la ubica con mayor abundancia en el valle de Motagua. Las restantes 8.66 se encuentran distribuidas entre Zacapa, Peten, Alta Verapaz y Quiché, este último con una extensión de 0.94 ha.

¹ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

La tendencia en la cobertura obtenida con esta especie había venido en crecimiento durante el período de 1999 al 2010, tal como se muestra en la figura 19, sin embargo, a partir de dicha fecha hasta el año 2013 no se registran más proyectos incentivados con esta especie.

A continuación se presenta la tendencia de área plantada con proyectos de *C. velutina* en Guatemala, observándose que la mayor área plantada se obtuvo en el año 2010 con un total de 112 hectáreas a lo cual se atribuye la tendencia de crecimiento en esta especie.



Gráfica 19. Área plantada con *C. velutina* durante el periodo 1999 al 2010.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

Crecimiento y productividad:

C. velutina, es una especie cuyo crecimiento y productividad se ha venido evaluando a través de 5 PPMF instaladas en plantaciones de la Finca El Achotal, ubicada en el municipio de Sanarate, El Progreso.

Estas parcelas han registrado información plantaciones a partir de los 5.3 a los 14.75 años de edad, con una densidad inicial de 1,800 que producto de la silvicultura se ha reducido a 1,280 árboles/ha; diámetros iniciales de 4.9 a 8.9 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 6.3 a 9.5 metros durante el periodo evaluado.

A continuación en el cuadro 14, se presenta el promedio de incremento medio anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran el crecimiento y productividad de *C. velutina* en el municipio de Sanarate, El Progreso. La densidad de la plantación al 2013 fue de 800 árboles/hectárea.

Cuadro 14. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *C. velutina* en el municipio de Sanarate, El Progreso.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único ² (8.03 m)	0.55	0.57	0.46	1.72

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

² Categoría único, determinado para la finca El Achotal, del municipio de Sanarate

Dinámica de crecimiento:

A continuación en el Cuadro 15, se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con la muestra de 5 PPMF detallada anteriormente, mismo que explica la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 15. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *C. velutina* en el municipio de Sanarate, El Progreso.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -1.872405 * (1/T - 0.1))	0.39
Diámetro (cm)	= Exp(1.983661 -2.330208/T + 0.095564*S -0.000385*N)	0.93
Área basal (m ² /ha)	= Exp(0.832226 -4.71375/T + 0.189626*S -0.000097*N)	0.92
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.278762 -7.15454/T + 0.35243*S -0.000352*N)	0.94
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 1.872405 * (1/T - 0.1))	0.39

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

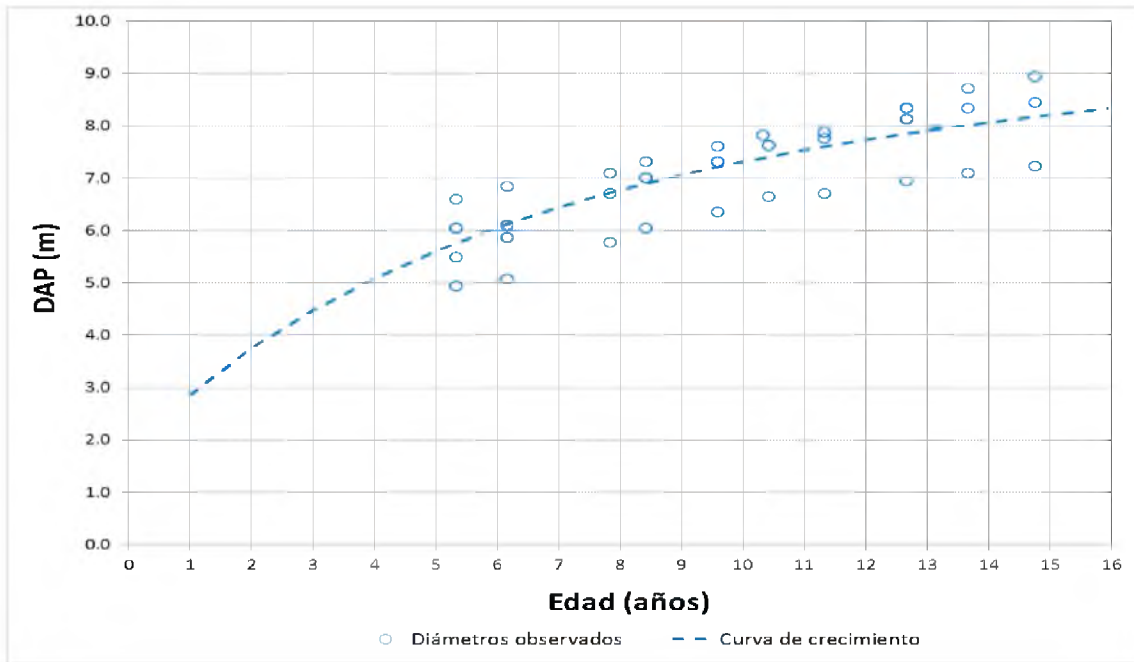
N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

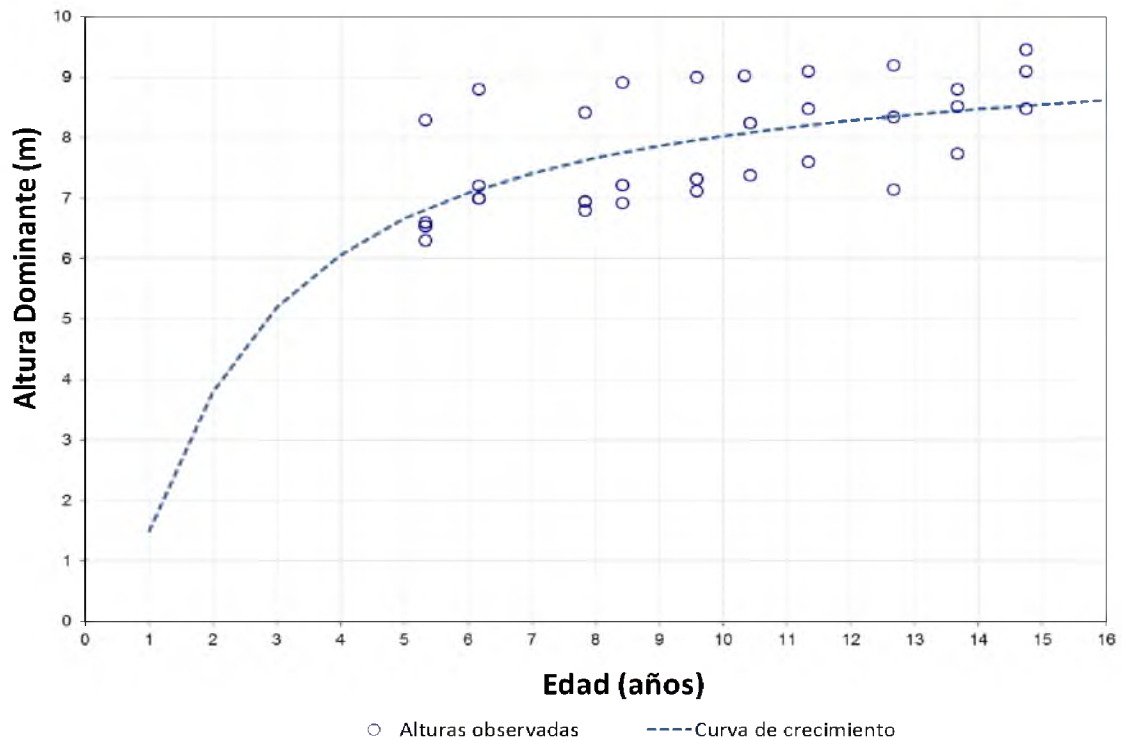
S = Índice de sitio (8.03 m)

Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *C. velutina* en el municipio de Sanarate, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el cuadro anterior, a una densidad constante de 1100 árboles/ha, similar al sitio evaluado.

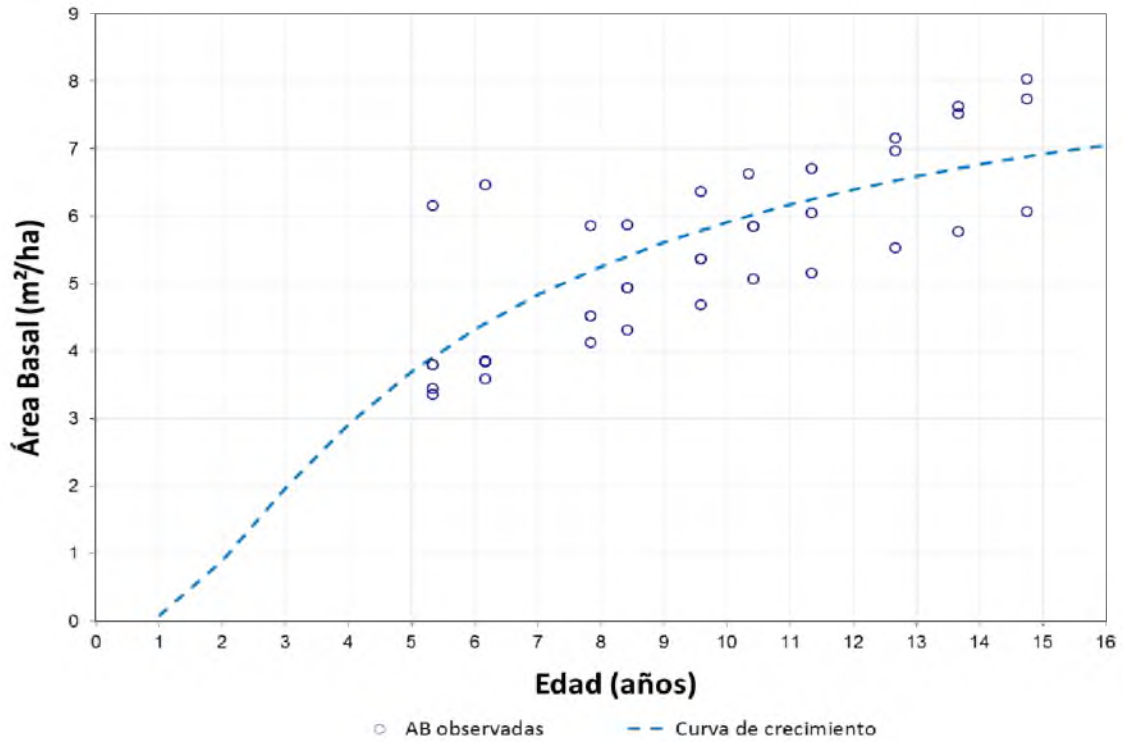
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total para la especie de *C. velutina*.



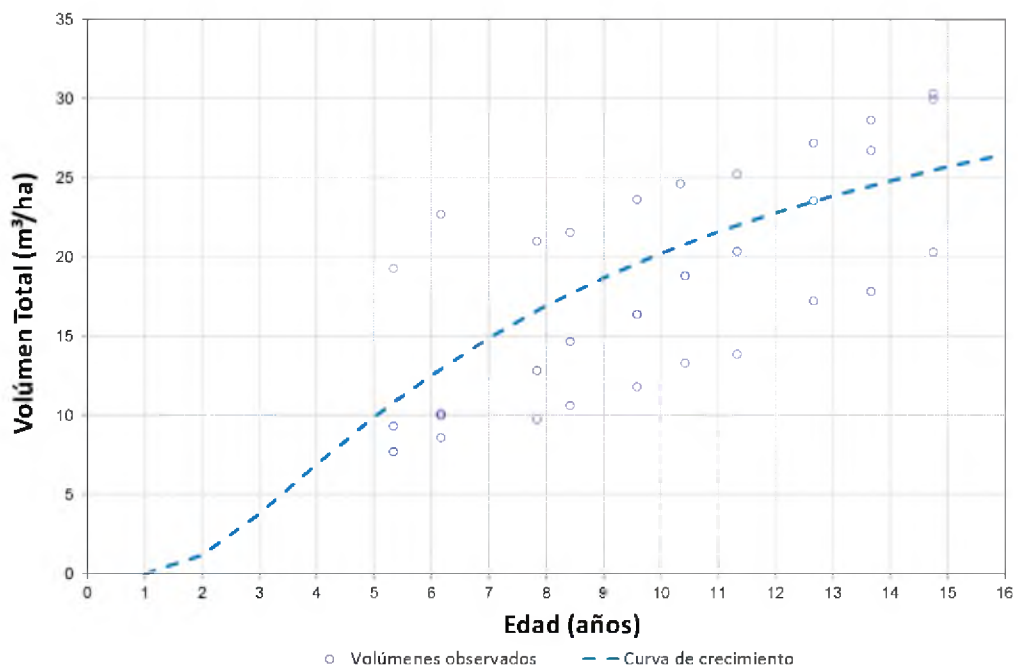
Gráfica 20. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Caesalpinia velutina*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 21. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Caesalpinia velutina*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 22. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Caesalpinia velutina*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 23. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Caesalpinia velutina*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.6 *Calophyllum brasiliense* Cambess. (CALOBR)

Nombre Común: Santa María, Marío, leche (Alta Verapaz-GU); leche amarilla (Alta Verapaz-GU).

Descripción³:

Árbol del bosque húmedo tropical, desde el nivel del mar hasta 1700 msnm, con precipitaciones desde 1350 hasta 4000 mm y temperaturas medias anuales de 20-28°C. Crece bien en las faldas de pequeñas colinas, en suelos aluviales, profundos, arcillosos, muy húmedos y ácidos (4.5-6.0). También se le encuentra en las faldas de colinas costeras, en suelos ricos en hierro y aluminio pero pobres en potasio y fósforo, o en planicies cercanas a cursos de agua, donde incluso puede tolerar inundaciones estacionales, pero allí su crecimiento es menor. Tolera bien la sombra, de manera que se puede encontrar regeneración abundante bajo el dosel.

Actualmente, es una de las especies forestales de mayor interés debido a la gama de usos que se puede dar a su madera, lo cual la ubica entre las especies más versátiles. Muchos madereros incluso la comparan con la caoba, debido a las cualidades de la madera. Se emplea para traviesas de ferrocarril, construcción marina, costillas, mástiles, quillas y pisos de embarcaciones, estructuras de puentes, postes, carpintería general, construcción de interiores y exteriores. También se considera buena para pulpa para papel.

La madera es utilizada para la fabricación de puertas de tablero, de tambor, y persianas. Tiene un gran potencial para ser usada en cortinas rompevientos y es resistente a muchos herbicidas usados en agricultura.

En algunos países de Centroamérica, se ha utilizado en pequeña escala para recuperación de pastizales degradados, en plantaciones puras. Sin embargo, bajo este sistema y debido a su lento crecimiento inicial, requiere un control de malezas intensivo durante los primeros 3 y 4 años de edad.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, se han plantado un total de 1,162.32 hectáreas hasta el año 2013, mismas que se encuentran distribuidas principalmente en municipios de la franja transversal del norte. A continuación en el Cuadro 16, se presenta área reforestada por municipio con la especie de *C. brasiliense*.

Cuadro 16. Área reforestada por municipio con la especie de *C. brasiliense* en Guatemala.

Municipio	Área plantada (ha)	Municipio	Área plantada (ha)
Ixcán	281.97	Los amates	25.59
Cobán	159.72	Flores	19.00
Livingston	141.02	Morales	16.66
Sayaxché	130.53	San pedro carcha	15.86
Santa María Cahabón	127.56	Chahál	15.00
La libertad	54.02	Senahú	13.00
Fray Bartolomé de las Casas	45.40	Panzós	7.05
Dolores	37.56	San Luis	6.17
Chisec	31.51	Santiago Atitlán	5.24
Poptún	30.46		
TOTAL 1,163.32			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

³ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edit. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

Crecimiento y productividad:

Cuando el INAB inició la instalación de parcelas permanentes, habían muy pocas áreas reforestadas con *C. brasiliense* y las plantaciones establecidas para ese entonces tenían la particularidad que se mezclaron o combinaron con otras especies afines a su ecología.

Esta especie en plantaciones puras se han evaluado únicamente a través de 3 parcelas de las cuales dos se encuentran en la finca El Brote, en el Municipio de Santiago Atitlán, Sololá y una en la finca El Florido, en el municipio de Livingston, Izabal.

Estas parcelas, han registrado información de plantaciones a partir de los 5.3 a los 13.42 años de edad, con una densidad inicial de 1,200 que producto de la silvicultura se ha reducido a 770 árboles/ha; diámetros iniciales de 5.1 a 16.3 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 5.1 a 14.7 metros durante el periodo evaluado.

A continuación, en el cuadro 17, se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran la productividad de *C. brasiliense*, en el municipio de Livingston y Santiago Atitlán a una edad de 14 años.

Cuadro 17. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *C. brasiliense* en el municipio de Livingston y Santiago Atitlán.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (11.72 m)	1.20	1.10	1.21	6.72

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En el cuadro 17, se presenta una sola categoría de índice de sitio, debido a que las las dos fincas evaluadas muestran crecimientos muy similares.

Dinámica de crecimiento:

Con la información de las mediciones consecutivas en las parcelas descritas anteriormente se elaboró la familia de modelos de crecimiento, para las fincas evaluadas, los cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 18. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *C. brasiliense* en el municipio de Livingston y Santiago Atitlán.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -7.657288 * (1/T - 0.1))	0.92
Diámetro (cm)	= Exp(3.861522 -7.008542/T + 0.027548*S -0.001144*N)	0.97
Área basal (m ² /ha)	= Exp(4.181024 -13.83883/T + 0.051651*S -0.001286*N)	0.96
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(6.72825 -21.067206/T + 0.087027*S -0.002144*N)	0.97
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 7.657288 * (1/T - 0.1))	0.92

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 17)

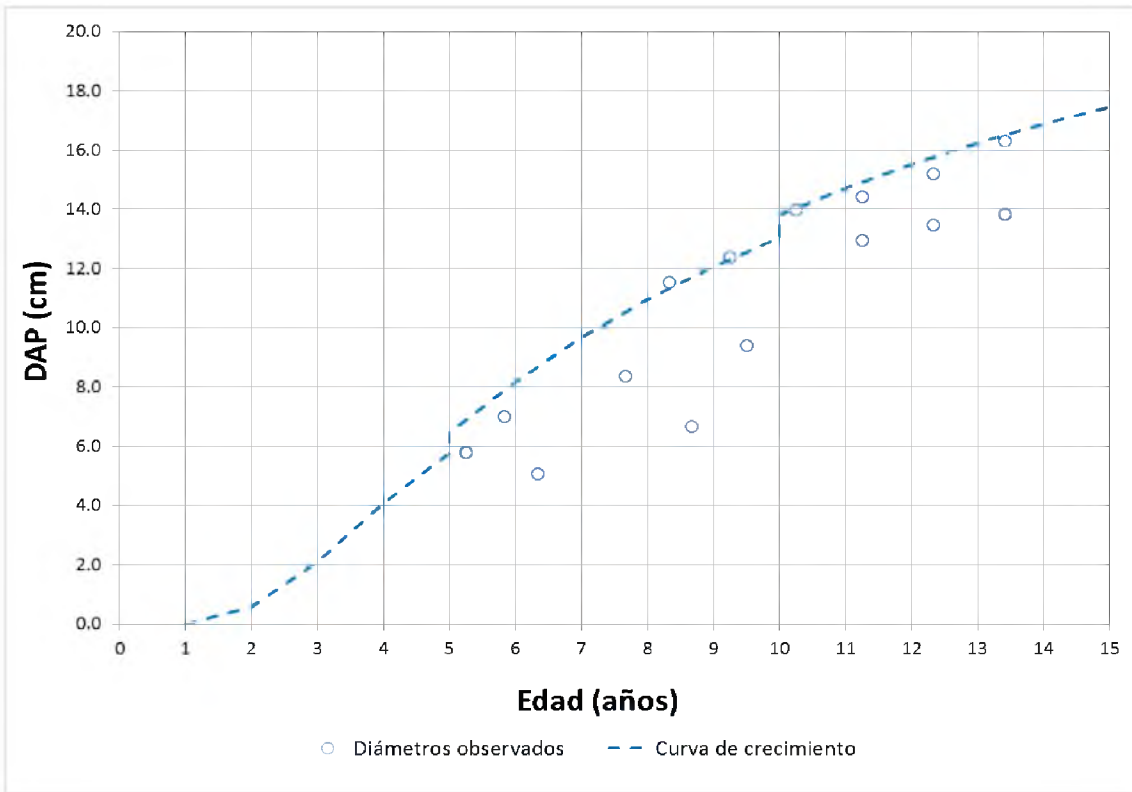
Para presentar de forma gráfica, la dinámica de crecimiento de *C. brasiliense* en el municipio de Livingston y Santiago, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 18, para el efecto, se estableció un perfil similar al proporcionado en el sitio de evaluación. Es preciso hacer la salvedad que al modelar con perfiles de manejo diferentes al de los sitios evaluados, se reducirá el ajuste de las proyecciones realizadas con los mismos, debido a que los modelos fueron generados con los datos de tres parcelas.

El perfil de manejo de la densidad definido fue de baja intensidad, ya que las plantaciones evaluadas no han sido sujetas a raleos periódicos, sino que en su mayoría la reducción de la densidad ha sido producto de la mortalidad o bien raleos de baja intensidad que han ocasionado que a los 14 años, estas plantaciones cuenten aun con 750 árboles/ha.

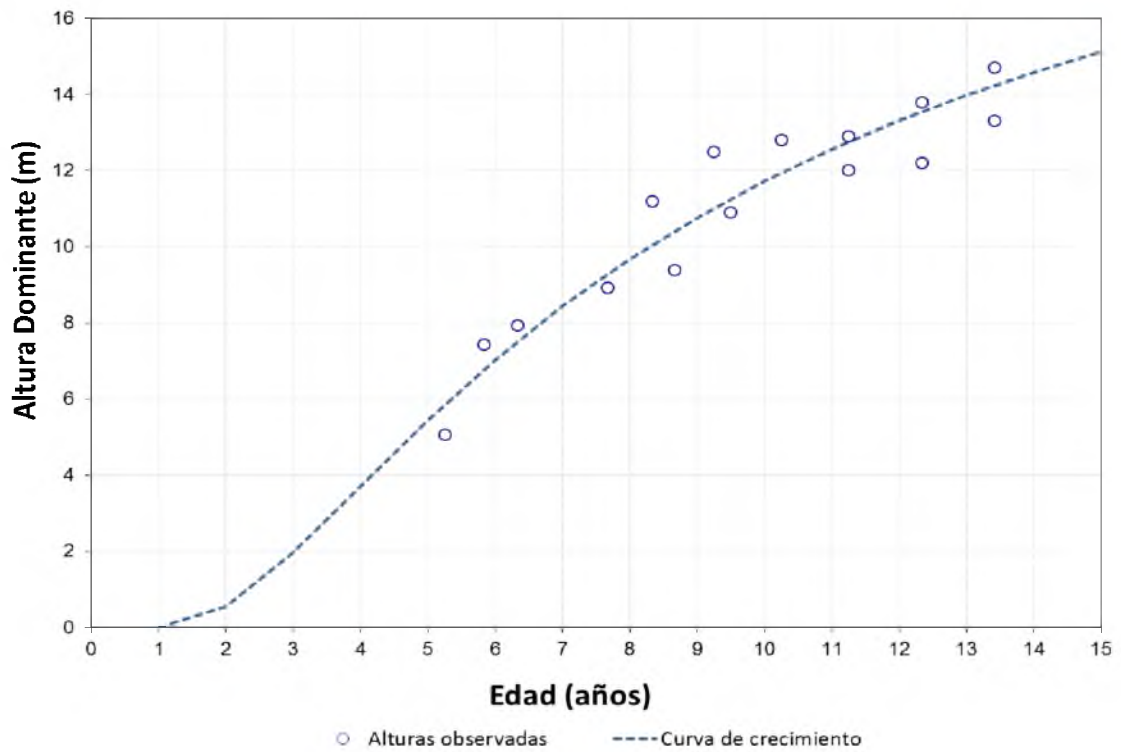
Entonces, el perfil emplea una densidad inicial de 1500 árboles/ha, realizando un primer raleo a inicios del año 4 de aproximadamente el 50% de intensidad, dejando 800 árboles/ha hasta el año 10, en el cual se realiza el segundo raleo de aproximadamente un 75% de intensidad que deja como resultado un promedio de 200 árboles/hectárea, para la corta final.

Una vez definido el perfil de manejo, se procedió a modelar el crecimiento de las plantaciones evaluadas a partir del año 1 hasta el año 15, haciendo una predicción de la producción a partir del año 12 (edad de la última observación en campo).

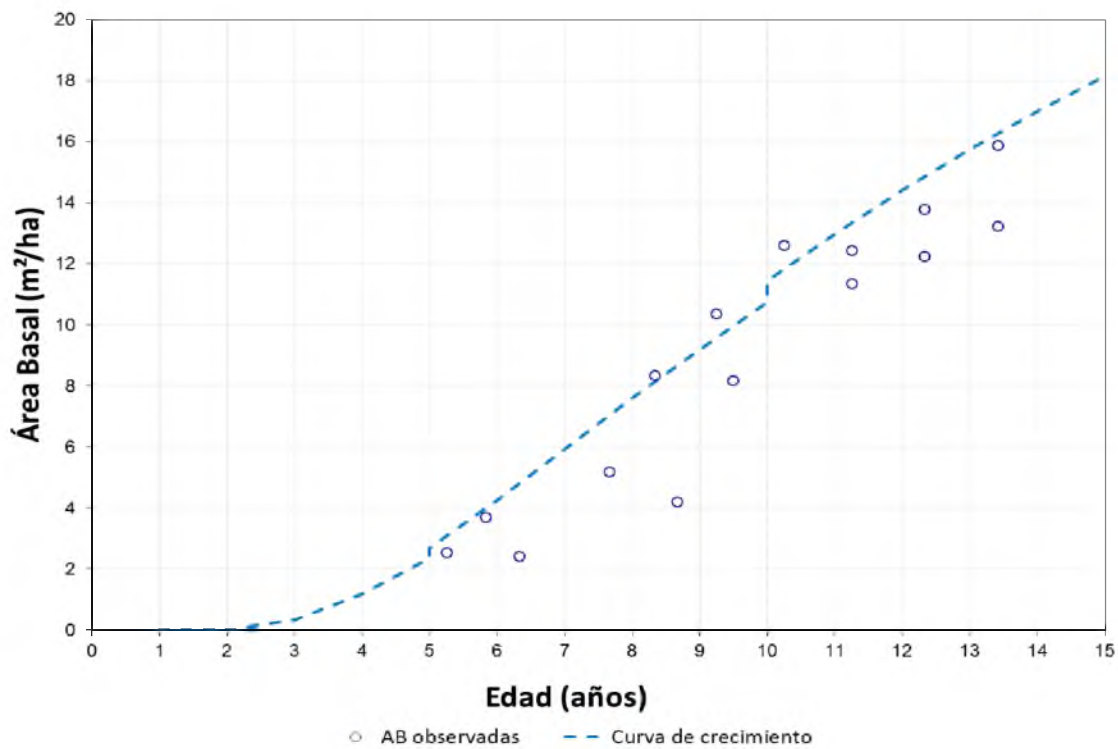
A continuación se representan de forma gráfica la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *C. brasiliense* en el municipio de Livingston y Santiago Atitlán; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo.



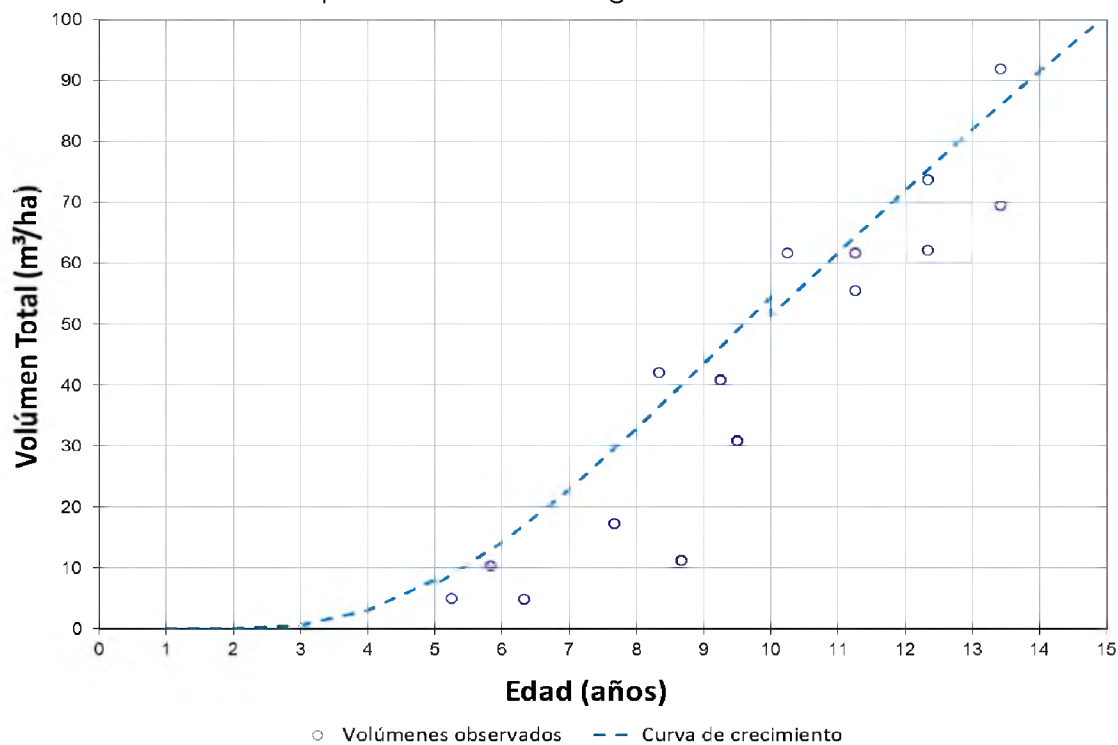
Gráfica 24. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Calophyllum brasiliense*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 25. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Calophyllum brasiliense*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



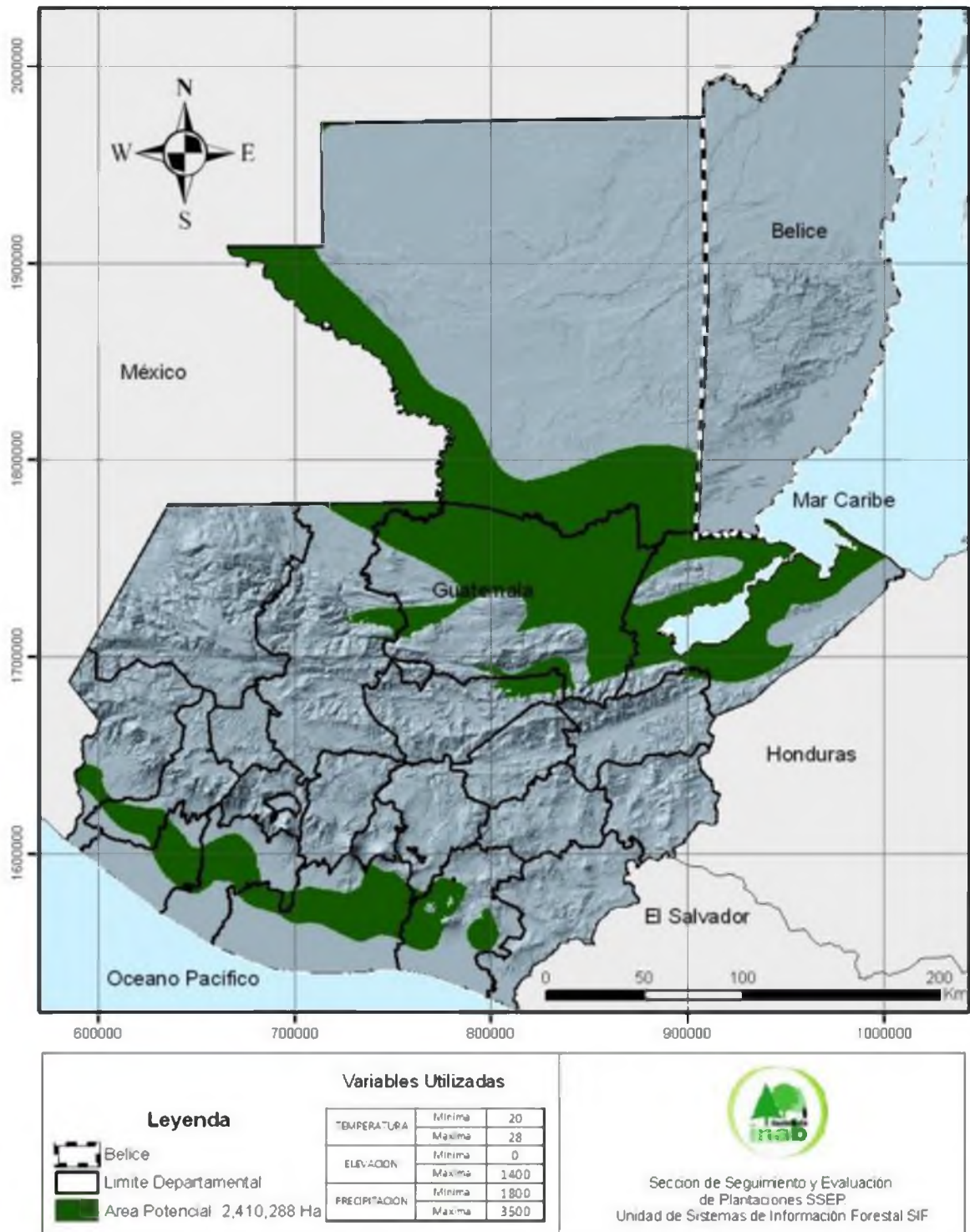
Gráfica 26. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Calophyllum brasiliense*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 27. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Calophyllum brasiliense*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Calophyllum brasiliense*:

Mapa 2: Distribución potencial preliminar para la especie de *Calophyllum brasiliense*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

El mapa 2, muestra el área de distribución potencial para la especie de *Calophyllum brasiliense*, el cual fue elaborado con las variables climáticas y fisiográficas, sin embargo para la seleccionar definitivamente esta especie debe considerarse la variable de suelo.

3.7 *Casuarina equisetifolia* L. (CASUEQ)

Nombre Común: Casuarina

Esta especie no es preferida para la realización de plantaciones forestales, lo cual se ve reflejado en los registros actuales, ya que dentro de la base de datos del PINFOR únicamente hay 8 Proyectos incentivados que reúnen un total de 11.42 hectáreas plantadas hasta el año 2013.

Crecimiento y productividad:

Se ha llevado el registro de información del crecimiento de esta especie en un rodal plantado en el año 1997 en la Finca La Mina, del municipio de Chiquimula, del Departamento de Chiquimula.

En dicha plantación, se instaló 1 PPMF en el año 2003, a los 5.9 años de edad tenía una densidad de 1420 árboles/ha, diámetros de 4.3 cm y alturas dominantes de 4.9 m; misma que se ha venido remidiendo hasta los 15.33 años de edad cuando se observa una densidad de 780 árboles/ha, diámetros de 10.7 cm y altura dominante de 9 metros.

A continuación en el siguiente cuadro se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las principales variables de crecimiento, que muestran la productividad de *C. equisetifolia* en la Finca la Mina, Chiquimula.

Cuadro 19. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *C. equisetifolia* en la Finca la Mina, Chiquimula.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (7.1 m)	0.68	0.56	0.42	1.25

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Con la información de las mediciones consecutivas en la parcela descrita anteriormente se elaboró la familia de modelos de crecimiento, mismos que se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 20: Familia de modelos de crecimiento para la especie de *C. equisetifolia* en la Finca la Mina, Chiquimula.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -5.886381 * (1/T - 0.1))	0.92
Diámetro (cm)	= Exp(3.041145 -8.076789/T + -0.014162*S -0.000069*N)	0.99
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.462079 -17.066455/T + -0.019585*S + 0.00093*N)	0.98
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(4.147779 -16.451739/T + -0.039504*S + 0.000229*N)	0.98
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 5.886381 * (1/T - 0.1))	0.92

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

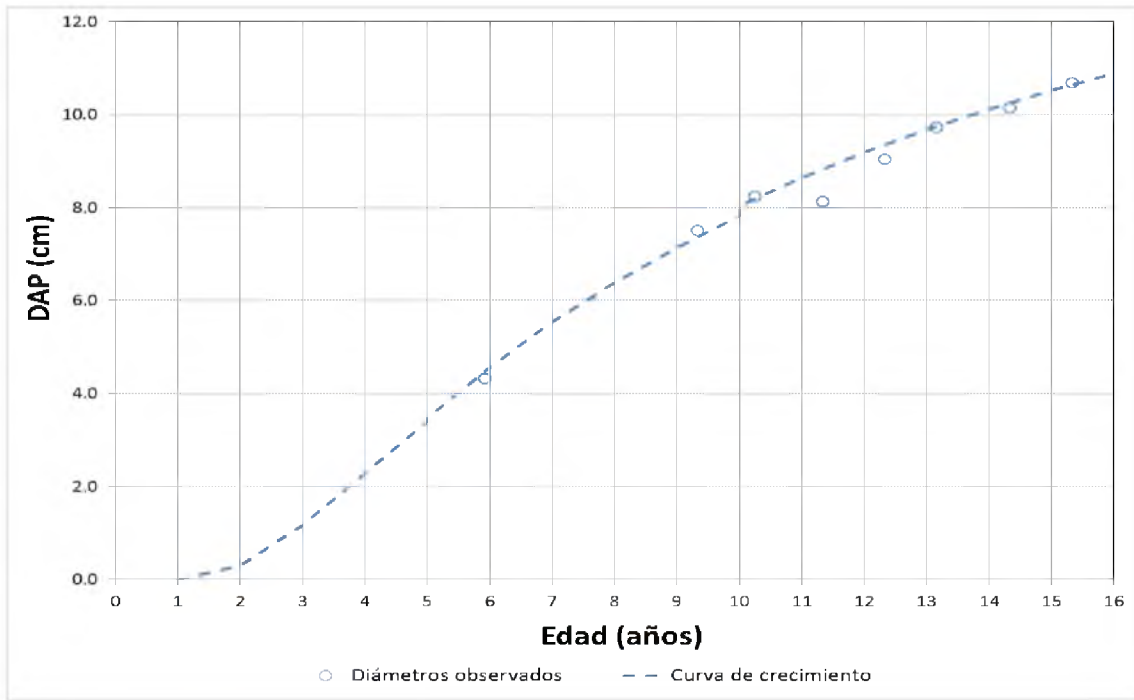
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *C. equisetifolia* en la finca La Mina, en el municipio de Chiquimula, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 20, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, mismo que tiene muy baja intensidad.

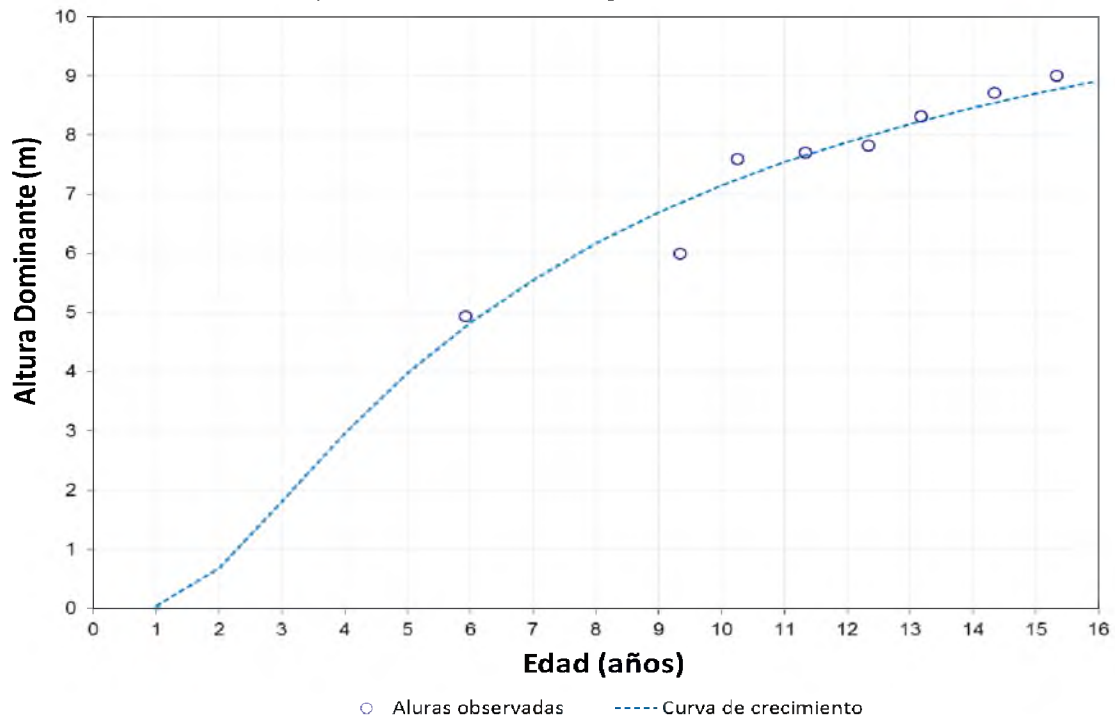
De esta cuenta es que el perfil de densidad se definió con 1,400 árboles/ha mismos que para el tercer año únicamente contaba con 1,100 árboles/ha como producto de la mortalidad; posteriormente se plantea la aplicación de un raleo para dejar un promedio de 700 árboles/hectárea en el décimo año de edad.

A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *C. equisetifolia* en la finca La Mina, en el municipio de Chiquimula.



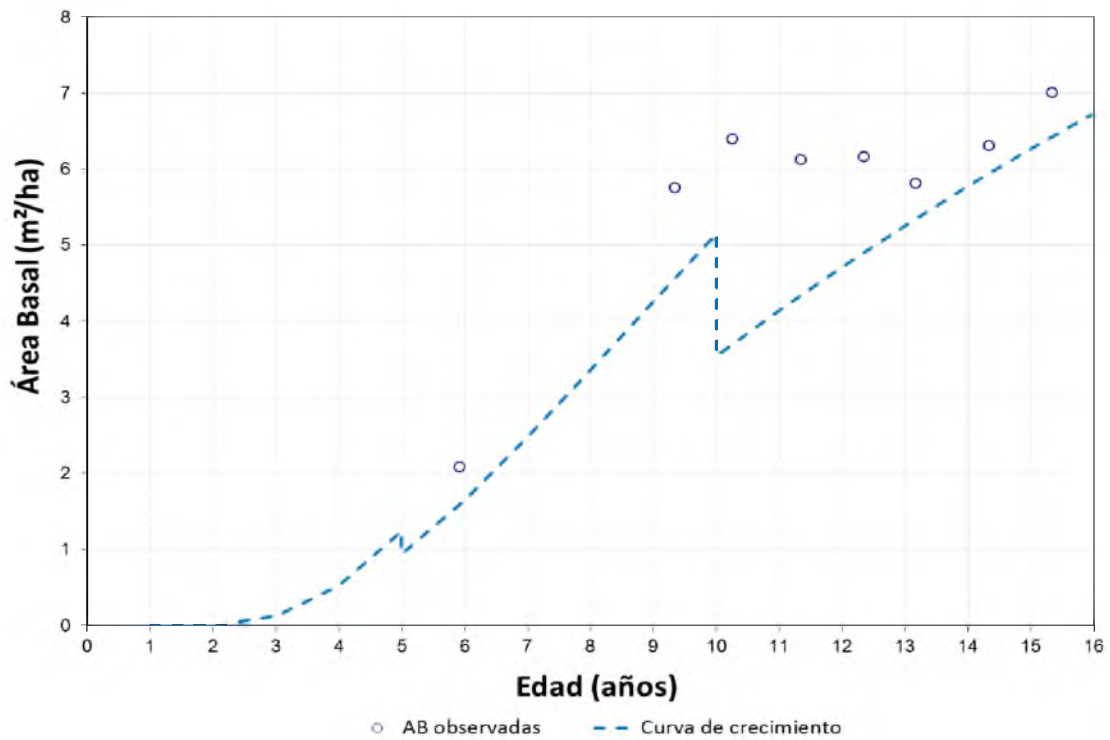
Gráfica 28. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Casuarina equisetifolia*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

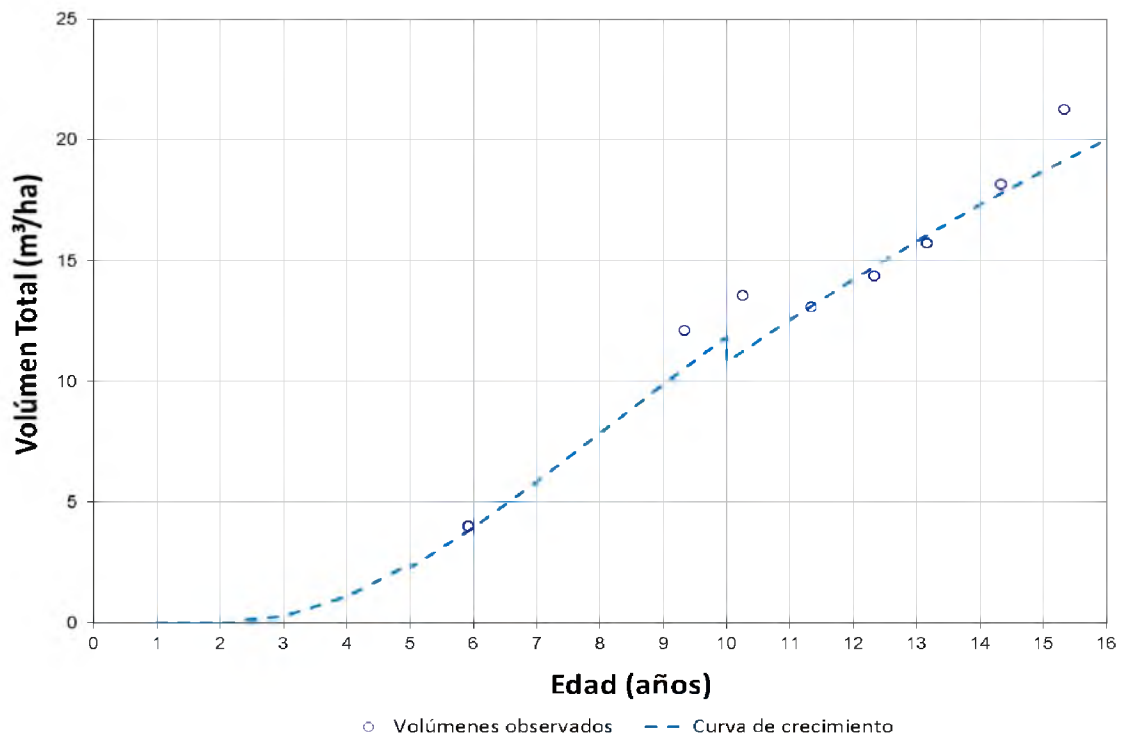


Gráfica 29. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Casuarina equisetifolia*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 30. Curvas de crecimiento en Área Basal (m²/ha), para la especie de *Casuarina equisetifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 31. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Casuarina equisetifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.8 *Cedrela odorata* L. (CEDROD)

Nombre Común: Cedro, Cedro rojo

Descripción⁴:

Sin duda, su principal producto es la madera de excelente calidad, se usa para construcción ligera, decoración de interiores, construcción de barcos (cubiertas y forros). Además se hacen muebles finos, instrumentos musicales, baúles, cajas de puros, estuches, parquet, carpintería y ebanistería en general. El olor de la madera hace que se use para joyeros, cajas de cigarrillos, gabinetes, etc. También se usa para chapa decorativa (rebanada y desenrollada) y tableros contrachapados.

También se utiliza como árbol de sombra en cafetales, es quizá el más común entre pequeños productores, principalmente en Nicaragua, pero también en el resto de la Región. Sin embargo, no gusta a todos, pues algunos dicen que es "muy caliente" y bota las hojas en verano.

Plantación:

Es una especie que demanda luz y debe plantarse en lugares abiertos o en líneas en plantaciones de enriquecimiento. Crece mejor mezclada con otras especies o cultivos perennes, lo que además reduce el riesgo de ataques del barrenador. Los espaciamientos recomendados varían con el sitio y el cultivo asociado. En plantaciones de enriquecimiento se usan hileras separadas 10 m y se dejan 6 metros entre árboles.

Manejo:

Son importantes las limpiezas durante los primeros dos años. En caso de ataque de insectos se recomienda la poda de la parte dañada y cuando vienen los rebrotes, realizar una selección del mejor rebrote y eliminar los demás con tijeras podadoras.

Esto evitará la formación de bifurcaciones en la parte baja del árbol, que será la más valiosa desde el punto de vista maderable. Este procedimiento se repite las veces que sea necesario para lograr una buena sección de fuste recto o hasta que el ataque se diluya en ramas secundarias (donde el efecto no es tan importante).

Es importante un manejo cuidadoso dirigido a mantener el máximo vigor durante la época inicial. El árbol es más susceptible en los 2-3 primeros años, principalmente porque en árboles de más edad y con más follaje, el ataque se diluye entre muchos otros posibles sitios de ovoposición, y no tanto en el eje principal.

El ataque por el barrenador (*Hypsipyla grandella*) es un problema muy serio en plantaciones forestales puras y a la fecha son muy pocas las que se han librado de daños severos, las que lo han logrado, lo han hecho a través del manejo de la densidad en conjunto con la aplicación de productos químicos, obteniendo resultados positivos, además, como señala Holdridge (1943), dichas plantaciones se ubican en sitios excepcionalmente favorables para el desarrollo de dicha especie.

En plantaciones mixtas la presencia del barrenador disminuye, aunque no deja de manifestarse daños en los árboles; es importante mencionar que en la mayoría de estas plantaciones el cedro se asocia con especies nativas del área que no ofrecen mayor

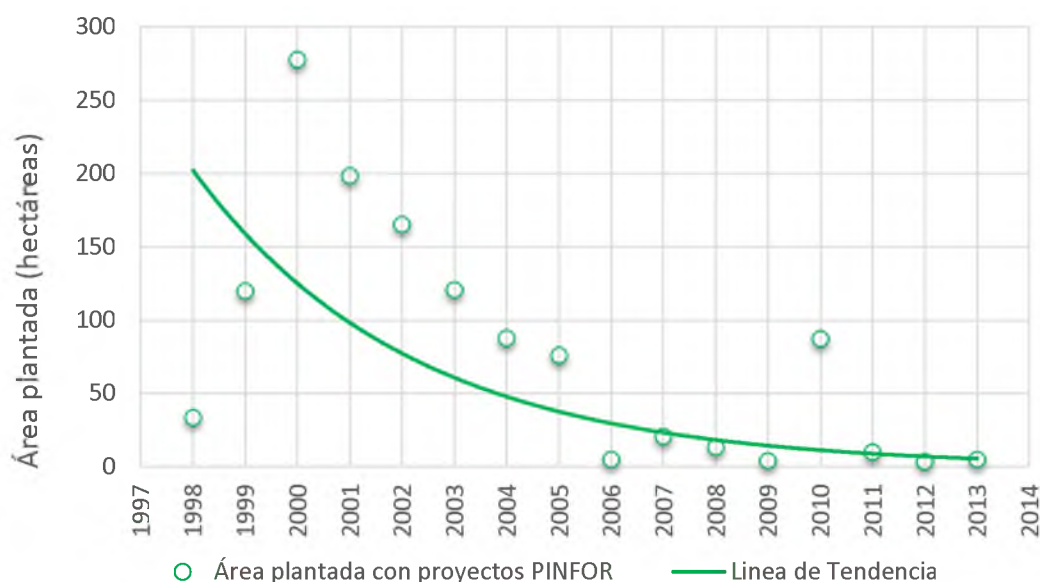
⁴ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

distractor para esta plaga más que reducir la concentración del aroma emitido por los árboles de cedro ya que estos se encuentran intercalados.

De acuerdo con la ficha técnica de esta especie incluida en Árboles de Centroamérica, señala que en Cuba se ha experimentado mezclando 'reina de la noche' (*Datura spp.*) por que el aroma de sus flores dificulta a las hembras del barrenador encontrar los árboles de cedro.

Debido a las limitaciones proporcionadas por esta plaga al crecimiento del cedro, varios autores concuerdan con que las plantaciones puras están destinadas al fracaso y atribuyen a esta especial condición la preferencia por otras especies para la implementación de proyectos de reforestación.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, se ha plantado un total 1,227.62 hectáreas hasta el año 2013, aunque también sugiere que la preferencia para plantar esta especie ha ido en detrimento, tal como se muestra en la siguiente Grafica 32.



Gráfica 32. Área plantada con *C. odorata* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

En los registros del PNFOR, *C. odorata* ocupa el **treceavo (13)** lugar en área plantada, que la ubican en una importante posición de preferencia en proyectos de reforestación.

Las plantaciones de *C. odorata* beneficiadas con el PINFOR se encuentran distribuidas en 52 municipios de los cuales varios forman parte de la franja transversal y el norte del país, en las cuales se reúnen las condiciones naturales para el desarrollo de esta especie, siendo Sayaxché donde se ubica la mayor cantidad de estas plantaciones, seguido de Fray Bartolomé de las casas y el norte del municipio de Cobán.

A continuación se presenta en el Cuadro 21 el área reforestada con la especie de *C. odorata* por municipio.

Cuadro 21. Área reforestada por municipio con la especie de *C. odorata* en Guatemala.

Municipio	Área plantada (ha)	Municipio	Área plantada (ha)
Sayaxché	228.64	La unión	7.73
Fray Bartolomé de las casas	117.95	Chinautla	7.27
Cobán	100.86	San Juan Cotzal	6.12
San francisco	73.23	Las cruces	5.37
Poptún	67.12	Cuilapa	5.32
La libertad	66.17	Guanagazapa	4.77
Santa María Cahabón	45.23	Chicacao	4.5
San Miguel Tucurú	45.21	Taxisco	4.00
Chisec	41.51	San Raymundo	3.61
Dolores	34.24	Nuevo san Carlos	2.75
San José	32.92	San miguel dueñas	2.00
Flores	32.58	Jacaltenango	1.82
San Luis	31.37	Zacapa	1.78
Gualan	27.95	Los amates	1.66
San Pedro carcha	27.19	Río bravo	1.65
Santa Ana	24.63	La gomera	1.62
Panzós	21.33	Chiquimulilla	1.43
Chahal	20.76	San Vicente Pacaya	1.21
El estor	18.3	San Gaspar Chajul	0.75
Ixcán	17.79	San Juan Tecuaco	0.50
San Andrés	17.60	Escuintla	0.47
Sanarate	15.82	Patulul	0.41
Livingston	15.09	San Agustín Acasaguastlán	0.33
Morales	12.92	Guazacapán	0.32
San Benito	11.97	Santa Cruz Barillas	0.30
Senahú	11.30	San Agustín Lanquín	0.25
Total general 1227.62 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

A pesar de que esta especie se desempeña como plantaciones puras y mixtas y que se distribuyen algunas pocas parcelas en ambos escenarios, en este informe se presenta la información de una sola parcela de *C. odorata*, evaluada en una plantación pura ubicada en la Finca Las Dos Marías de Sayaxché, Peten.

En esta parcela han registrado información de la plantación a partir de los 6.1 a los 14.16 años de edad, con una densidad de 380 árboles/hectárea la cual ha permanecido hasta durante los 8 años de la evaluación con diámetros iniciales de 7.2 a 13.4 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 5.5 a 8.0 metros durante el periodo evaluado.

A continuación en el cuadro 22, se presenta el promedio de incremento medio anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran la productividad de *C. odorata* en la Finca Las Marías de Sayaxché, Peten a una edad de 15 años.

Cuadro 22. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *C. odorata* en la Finca Las Marías de Sayaxché, Peten.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (7 m)	0.77	0.54	0.25	0.69

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

A continuación en el cuadro 23 se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con las mediciones consecutivas de la muestra detallada anteriormente, mismos que presentan la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 23. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *C. odorata* en la Finca Las Marías de Sayaxché, Peten.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -4.034014 * (1/T - 0.1))	0.99
Diámetro (cm)	= Exp(2.334384 -4.530798/T + 0.145447*S -0.001743*N)	1.00
Área basal (m ² /ha)	= Exp(-0.173934 -9.532625/T + 0.302835*S -0.000013*N)	0.99
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(0.988436 -11.063187/T + 0.417214*S -0.002467*N)	1.00
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 4.034014 * (1/T - 0.1))	0.99

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

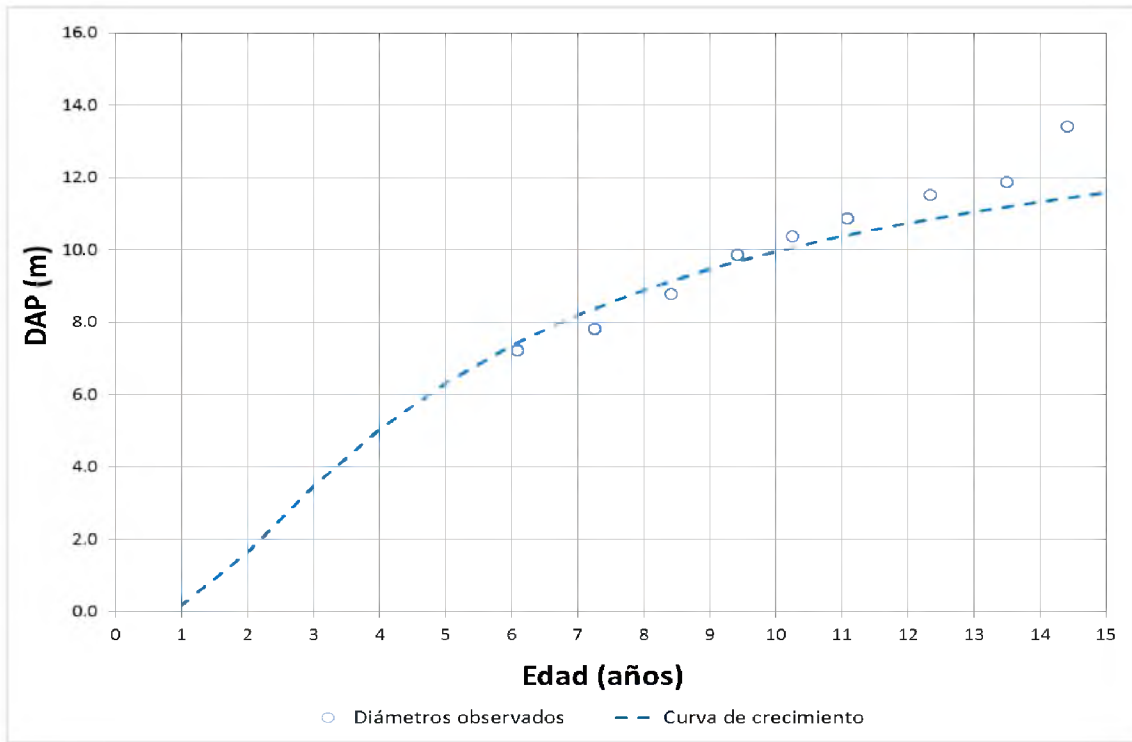
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 22)

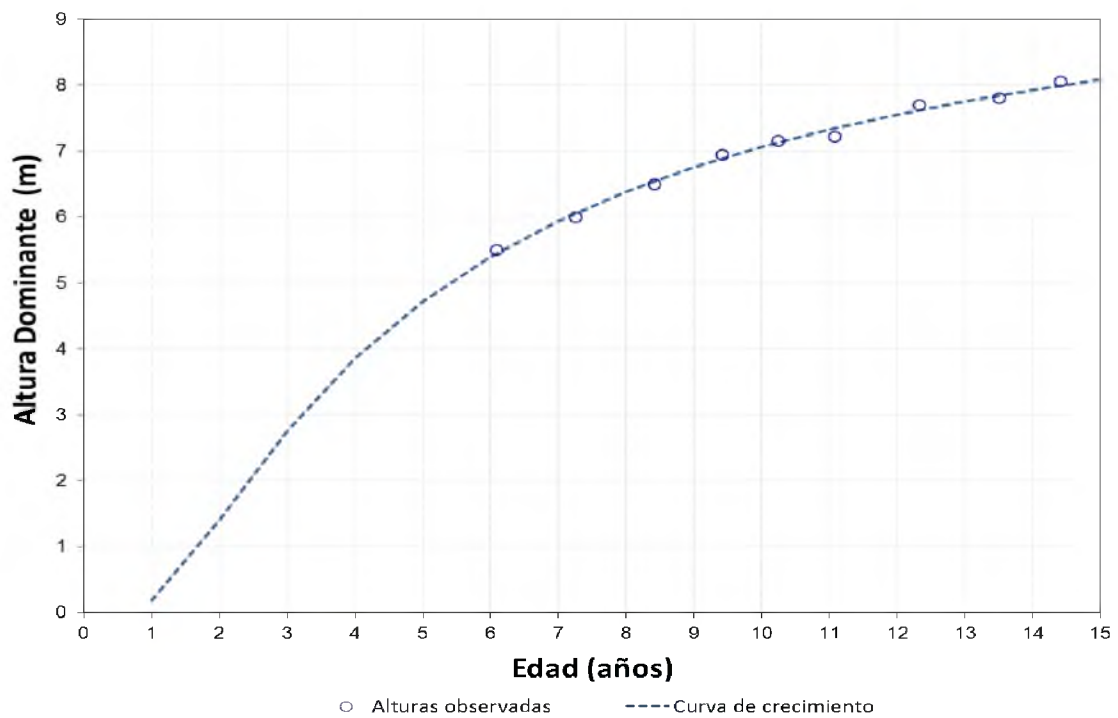
Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *C. odorata* en la Finca Las Marías de Sayaxché, Peten; se utilizaron los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 23, para el efecto, se estableció un perfil similar al proporcionado en el sitio de evaluación. Cabe recalcar que, modelar con perfiles de manejo diferentes reducirá los ajustes a la posible realidad, debido a que estos fueron generados con los datos de una sola parcela.

Por ello el perfil de manejo definido para una única densidad corresponde a 350 árboles/hectárea; luego se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 15 años de edad.

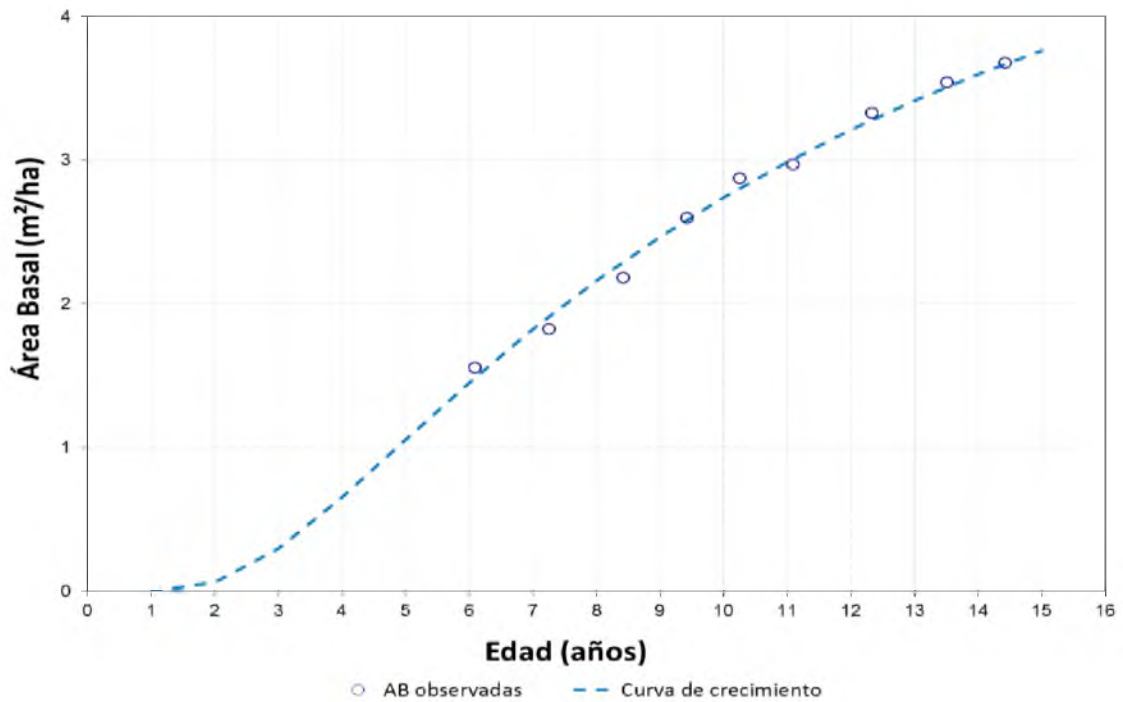
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *C. odorata* en la Finca Las Marías, Sayaxché, Peten; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo, para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



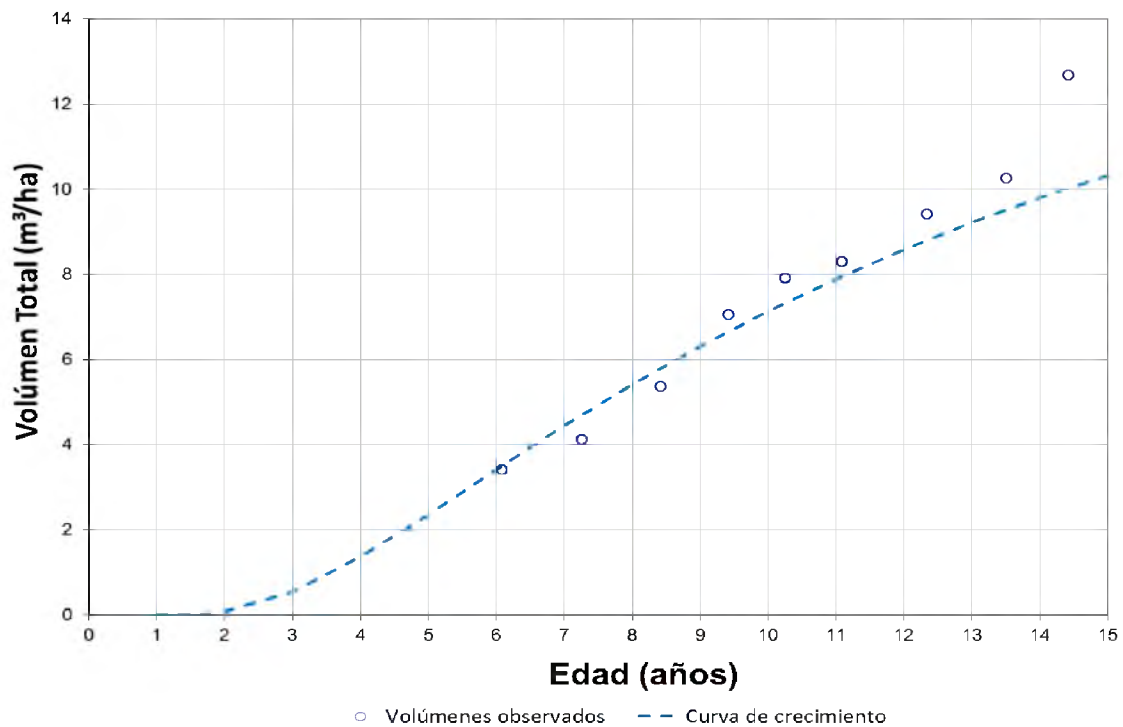
Gráfica 33. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Cedrela odorata*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 34. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Cedrela odorata*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



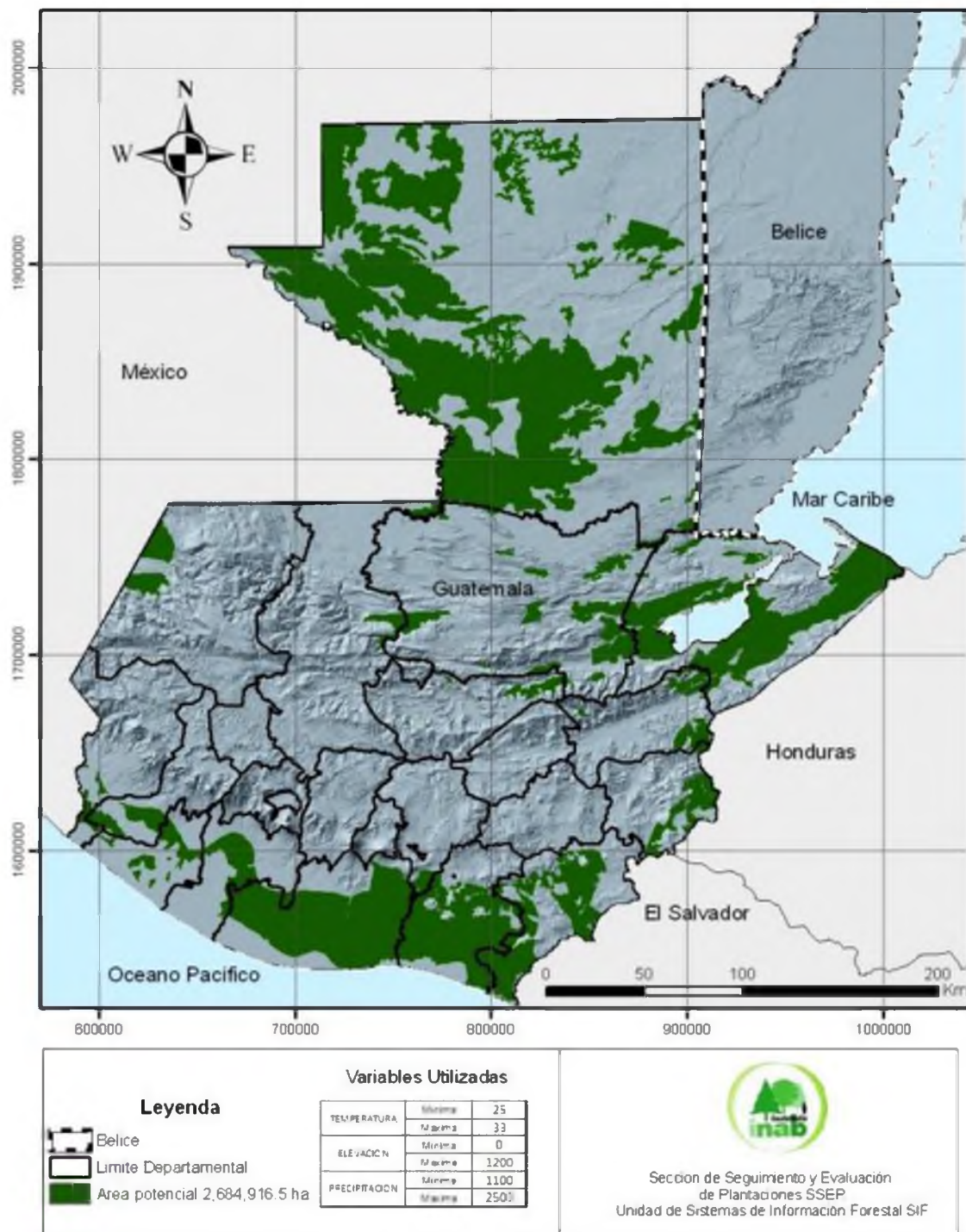
Gráfica 35. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Cedrela odorata*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 36. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Cedrela odorata*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Cedrela odorata*:

Mapa 3. Distribución potencial preliminar para la especie de *Cedrela odorata*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.9 *Cupressus lusitanica* Mill. (CUPRLU)

Nombre Común: Ciprés, Ciprés común

Descripción⁵:

La madera se usa para construcciones interiores y exteriores, muebles finos (comedores sillas y muebles tapizados), cajas de embalaje, lápices, artesanías, postes, y por su resistencia a barrenadores marinos, se ha usado en barcos y construcciones marinas. Su durabilidad y bonita apariencia la hace adecuada para usarse en lugares húmedos de la casa como baños, vigas y suelos para jardines. En Guatemala y Costa Rica, es usada también para leña, aunque no es una de las especies preferidas para tal fin.

En La Sierra de las Minas, en Guatemala, está entre los cinco árboles más apreciados por la comunidad ladina pues, según ellos es útil para vigas y tablas, como adorno en fiestas a que es fácil de trabajar y conseguir.

También en Guatemala, específicamente en la Sierra de los Cuchumatanes se utiliza para reforestación en zonas montañosas, donde no muchas otras especies pueden prosperar, así como en linderos en la zona de Huehuetenango.

Plantación:

La plantación puede hacerse con plantas a raíz desnuda o en bolsas, aunque el primer sistema muestra mayor mortalidad. Se utilizan diversos espaciamientos y arreglos dependiendo de los objetivos de la plantación, por ejemplo desde 1 x 1 m o 1.5 x 1.5 m para producción de arbolitos de Navidad; 3 x 3m a 4 x 4m para plantaciones destinadas a producción de madera; y en hileras con espaciamiento desde 2 m entre árboles para cortinas rompevientos y linderos.

Para control de erosión en laderas de pendiente fuerte, se sugiere un arreglo de plantación de 3 x 3m en tresbolillo. En ocasiones se han utilizado fertilizantes de fórmula completa NPK (15:15:15, 10:30:10 o 12:24:12) al momento de la siembra, en dosis desde 50g a 200g por árbol, para mejorar el crecimiento en altura. Esta especie en general muestra un crecimiento inicial lento, por lo cual es necesario un buen control de malezas durante los primeros años.

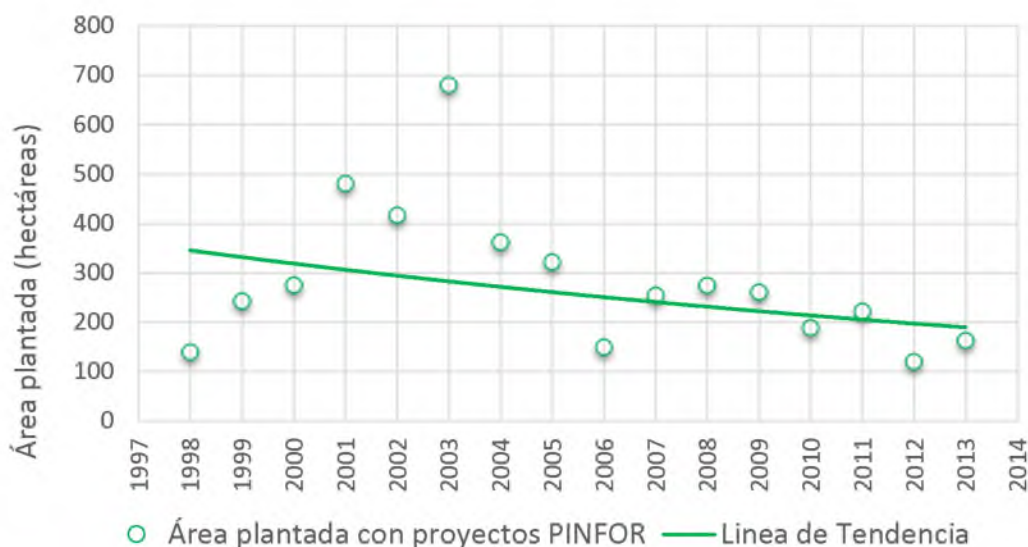
En plantaciones para madera de aserrío, se sugieren 3 raleos: a los 7-9 años, 11-13 años y 15-16 años, eliminando respectivamente un 40%, 30% y dejar los mejores 200 a 350 árboles/ha en el último.

Para estas plantaciones es recomendable realizar podas tempranas y así facilitar el acceso a ellos, para la realización de las labores culturales, y obtener madera de mejor calidad.

La primera poda debe realizar cuando los árboles tienen alrededor de 5 m de altura, podando el tercio basal del fuste. La segunda poda se puede realizar después del primer raleo, cuando los árboles tienen unos 7 m de altura, hasta la mitad de la altura, y a veces puede ser necesaria una tercera poda (hasta una altura de 5 m) cuando los árboles alcanzan 10 m de altura, sin embargo, hay que considerar la factibilidad práctica y económica de dicha actividad

⁵ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 567 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 4,555.6 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, tal como se muestra en la Gráfica 37, además se presenta una línea de tendencia que aunque no proyecta un aumento del área, es evidente que se mantiene dentro de un promedio y proyecta una mínima reducción para los siguientes años.



Gráfica 37. Área plantada con *C. lusitanica* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

C. lusitanica ocupa el **octavo puesto** como especie empleada en proyectos de reforestación, lo que además representa un impacto en la distribución espacial de esta especie al plantarse en muchas localidades.

La base de datos del PINFOR reporta su ubicación en 111 municipios que se encuentran en el área central y noroeste del país, donde se reúnen varias de las condiciones en que se desarrolla naturalmente esta especie, siendo el municipio de San José Pinula, Tecpán Guatemala y Acatenango los de mayor abundancia en el área central, hacia el occidente los municipios de San Mateo Ixtatán, Chiantla, Nebaj, Nentón, Santa Eulalia, Esquipulas Palo Gordo; no está demás resaltar al municipio de Purulhá, en Baja Verapaz donde se registran 126.49 hectáreas situadas hacia el norte del país.

En el Cuadro 24 se presenta el área reforestada con *C. lusitanica* por municipio, detallando el área plantada en 32 municipios específicos cuyos proyectos de reforestación reúnen un área mayor a 45 ha (1 caballería de terreno) por municipio y agrupando las restantes 79 municipios que reúnen un área de 1082.95 hectáreas.

Cuadro 24. Área reforestada por municipio con la especie de *C. lusitanica* en Guatemala.

Municipio	Área plantada (ha)	Municipio	Área plantada (ha)
San José Pinula	275.98	Patzún	65.48
San Mateo Ixtatán	256.26	La Libertad, Huehuetenango	64.78
Tecpán Guatemala	244.45	San Juan Sacatepéquez	64.25
Chiantla	240.39	Cobán	63.43
Nebaj	229.67	San Marcos	63.2
Nentón	203.53	Jacaltenango	62.22
Santa Eulalia	191.45	Barberena	59.95
Esquipulas Palo Gordo	158.46	Tactic	56.86
Purulhá	126.49	San Jerónimo	56.66
Acatenango	117.43	Jocotenango	55
San Cristóbal Verapaz	97.9	Amatitlán	54.7
San Miguel Dueñas	94.49	San Juan Chamelco	53.2
Villa Canales	86.65	Gualán	52.53
San Juan Atitán	84.48	Zunil	50.92
Santa Rosa De Lima	73.61	Tajumulco	50.07
San Cristóbal Cucho	71.89	San Juan Ixcoy	46.27
San Andrés Itzapa, San Felipe, Todos Santos Cuchumatán, Fraijanes, San Pedro Soloma, Palencia, San Andrés Semetabaj, Tamahú, San Martín Sacatepéquez, Palín, San Miguel Tucurú, Salamá, Santa Catarina Ixtahuacan, San Juan Cotzal, Cuilco, Usumatlán, Patzicía, Granados, Tacana, Esquipulas, Morazán, Pastores, Orintepeque, Santa Bárbara, San Gaspar Chajul, San Cristóbal Acasaguastlán, San Sebastián Huehuetenango, Concepción Huista, San Pedro Carcha, San Agustín Acasaguastlán, Totonicapán, San Sebastián Coatán, San Miguel Pochuta, Pueblo Nuevo Viñas, San Juan Comalapa, Aguacatán, Guatemala, San José Ojetenam, Cunen, Santa Lucía Milpas Altas, San Antonio Aguas Calientes, Sacapulas, San Rafael Las Flores, Jalapa, San Lucas Tolimán, Cuilapa, Santa Cruz Barillas, Patulul, Huitán, Santiago Sacatepéquez, San Ildefonso Ixtahuacan, El Quetzal, San Rafael La Independencia, Malacatancito, San Pedro Sacatepéquez, Mataquesuintla, Chichicastenango, Camotán, Sibinal, Zaragoza, Santa María Visitación, Sololá, San Miguel Uspantán, Panajachel, Rabinal, San Antonio Sacatepéquez, Villa Nueva, Concepción Las Minas, Quetzaltenango, San Miguel Acatán, Chimaltenango, San Martín Jilotepeque, Salcajá, San Pedro Pinula, San Carlos Sija, Parramos, Huehuetenango, Santa María Magdalena Tectitán, Santa Apolonia.			1,082.95
Total General 4,555.6 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

C. lusitanica es una especie que ha sido evaluada en 19 municipios ubicados en 9 departamentos del País, tal como se muestra en el Cuadro 25.

De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 63 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 505 mediciones consecutivas se determinaron 5 categorías de Sitio, o bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados a través del Índice de sitio, situando a cada municipio donde se ubican instaladas las parcelas dentro de una categoría, tal como se muestra a continuación en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de Sitio para la especie de *C. lusitanica* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Chimaltenango	Patzún	11.80	Malo
	Tecpán Guatemala	10.23	Malo
Chiquimula	Chiquimula	9.70	Malo
El Progreso	Morazán	13.50	Medio
Huehuetenango	Nentón	12.02	Medio
	San Mateo Ixtatán	10.83	Medio
	Santa Eulalia	8.88	Malo
Quetzaltenango	Quetzaltenango	11.20	Medio
	Zunil	12.80	Medio
Quiche	Cunen	13.70	Bueno
	Nebaj	14.90	Bueno
Sacatepéquez	Jocotenango	15.03	Bueno
	Pastores	14.90	Bueno
	San Miguel Dueñas	10.50	Malo
	Santa Lucía Milpas Altas	12.60	Medio
San Marcos	Esquipalas Palo Gordo	12.86	Medio
Sololá	San Andrés Semetabaj	12.76	Medio
	Santa Catarina Ixtahuacan	12.10	Medio
	Santa Lucía Utatlán	13.20	Medio

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

En la información que presenta el cuadro 25, se observa que los sitios de mayor productividad se encuentran en el municipio de Jocotenango (Finca Filadelfia), debido a que presenta un promedio de Índice de sitio mayor a 15.9 metros. Por otro lado los peores crecimientos se registran en Chiquimula (finca La Cumbre) y Santa Eulalia (Finca municipal).

En cada escenario de productividad corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA); para el efecto, se presentan a continuación en el cuadro 26 los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *C. lusitanica* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie, este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 26. Incremento Medio Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *C. lusitanica*, evaluadas en 19 Municipios del país.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (6.00)	0.79	0.42	0.51	1.89
Malo (9.25)	0.98	0.65	0.75	3.79
Medio (12.50)	1.22	0.88	1.10	7.63
Bueno (14.75)	1.42	1.03	1.44	12.38
Excelente (17.00)	1.65	1.19	1.88	20.09

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La base de datos de Parcelas Permanentes de Medición Forestal en la que se administra la información sobre la dinámica de crecimiento de esta especie, contiene registros correspondientes a 63 PPMF de las cuales varias presentan hasta 10 mediciones consecutivas; dichas plantaciones se han evaluado desde el año 2003 cuando las plantaciones evaluadas tenían 3.6 años hasta el año 2013 cuando estas tienen 18.43 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 3780 hasta 100 árboles/ha en los últimos años y diámetros (DAP) que van de 3.1 hasta 32.7 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 3.4 m y que hasta 21.6 metros respectivamente

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en los sitios evaluados los cuales se presentados a continuación en el cuadro 27.

Cuadro 27. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *C. lusitanica* en la Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -6.731967 * (1/T - 0.1))	0.66
Diámetro (cm)	= Exp(2.707584 -5.677218/T + 0.067381*S -0.000247*N)	0.71
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.045355 -10.794574/T + 0.118218*S + 0.00037*N)	0.57
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(3.118363 -17.429548/T + 0.215077*S + 0.000309*N)	0.74
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 6.731967 * (1/T - 0.1))	0.66

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

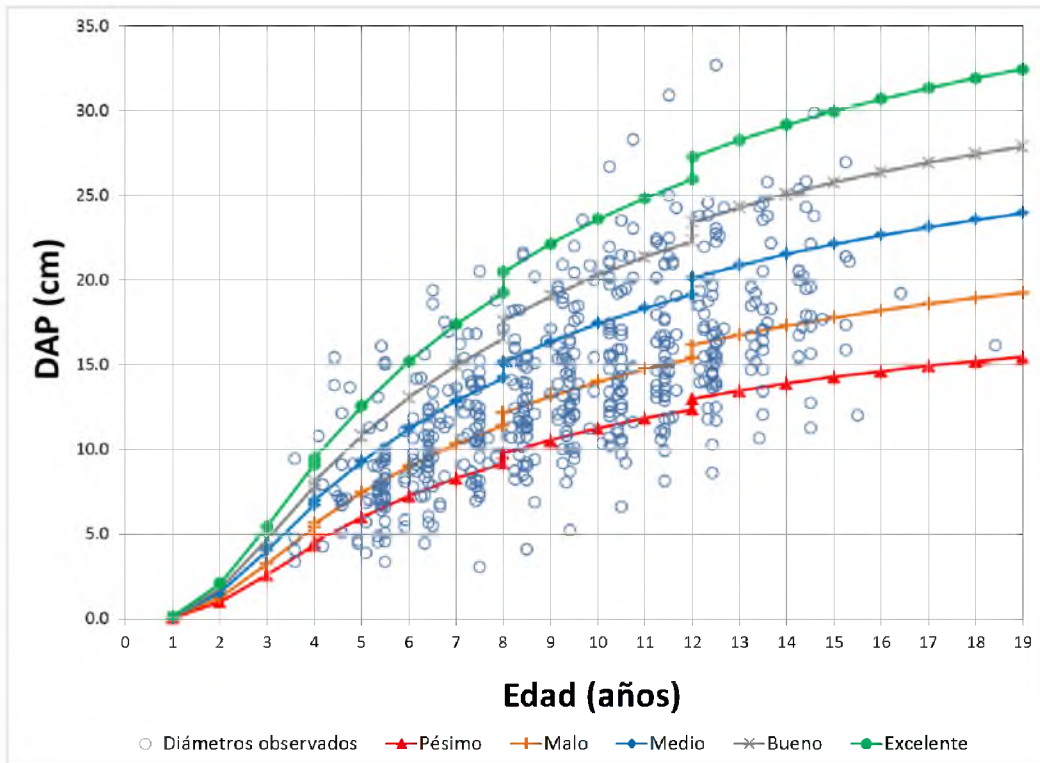
N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

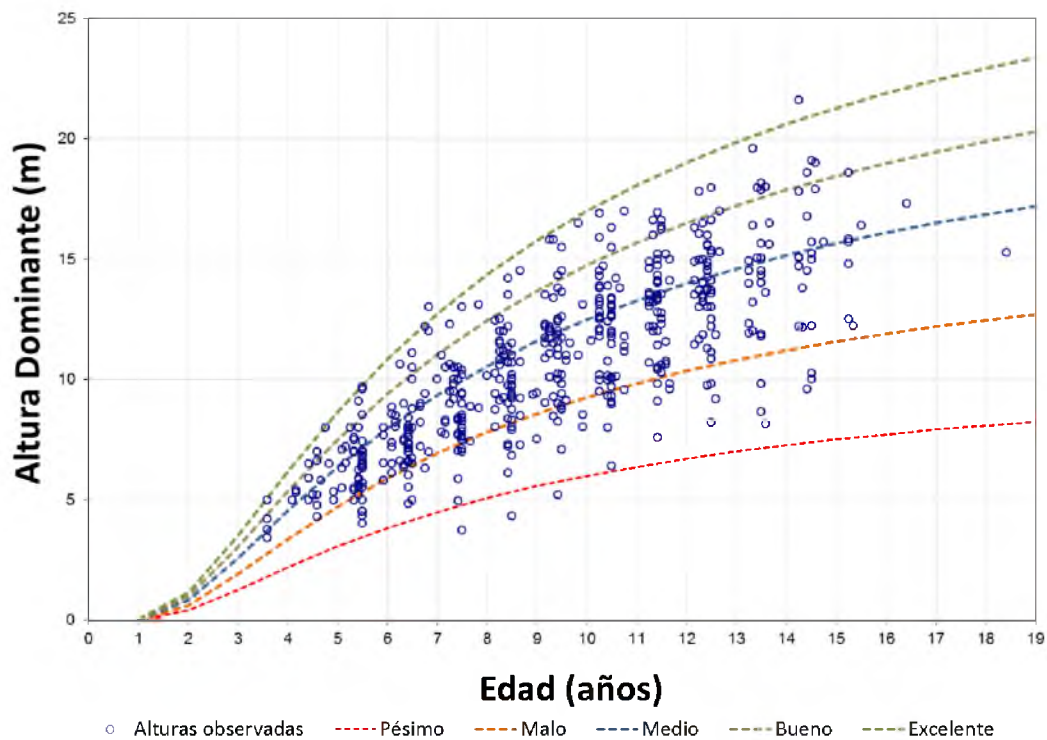
S = Índice de sitio (ver Cuadro 26)

Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *C. lusitanica*. Se estableció un perfil de manejo similar a los sitios de evaluación que asume una densidad inicial única de 1111 árboles/ha, que se reduce a 750 árboles/ha al cuarto año producto de un primer raleo. Esta densidad permanece estable hasta el año ocho, donde se realiza un segundo raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 500 árboles/ha. Este número de individuos se mantiene hasta el año doce, momento en el que se realiza un tercer raleo del 30% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta la cosecha final, luego se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 19 años de edad.

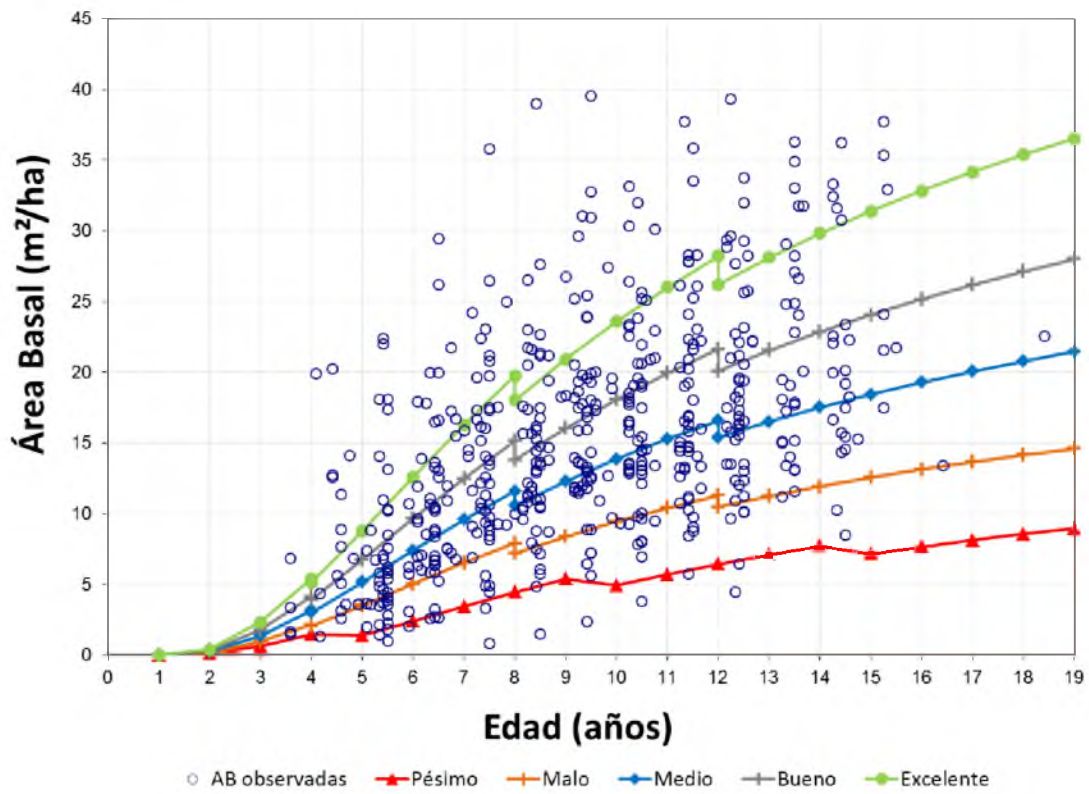
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *C. lusitanica* en la Guatemala; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer gráficamente la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



Gráfica 38. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Cupressus lusitánica*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

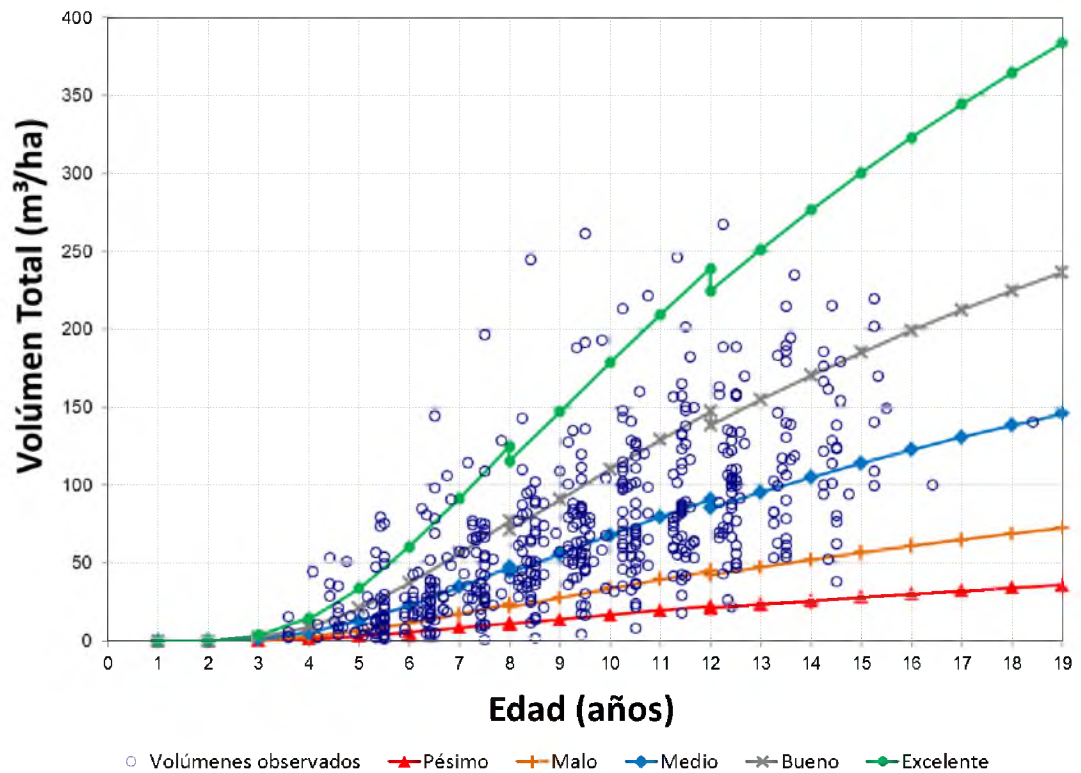


Gráfica 39. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Cupressus lusitánica*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 40. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Cupressus lusitánica*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

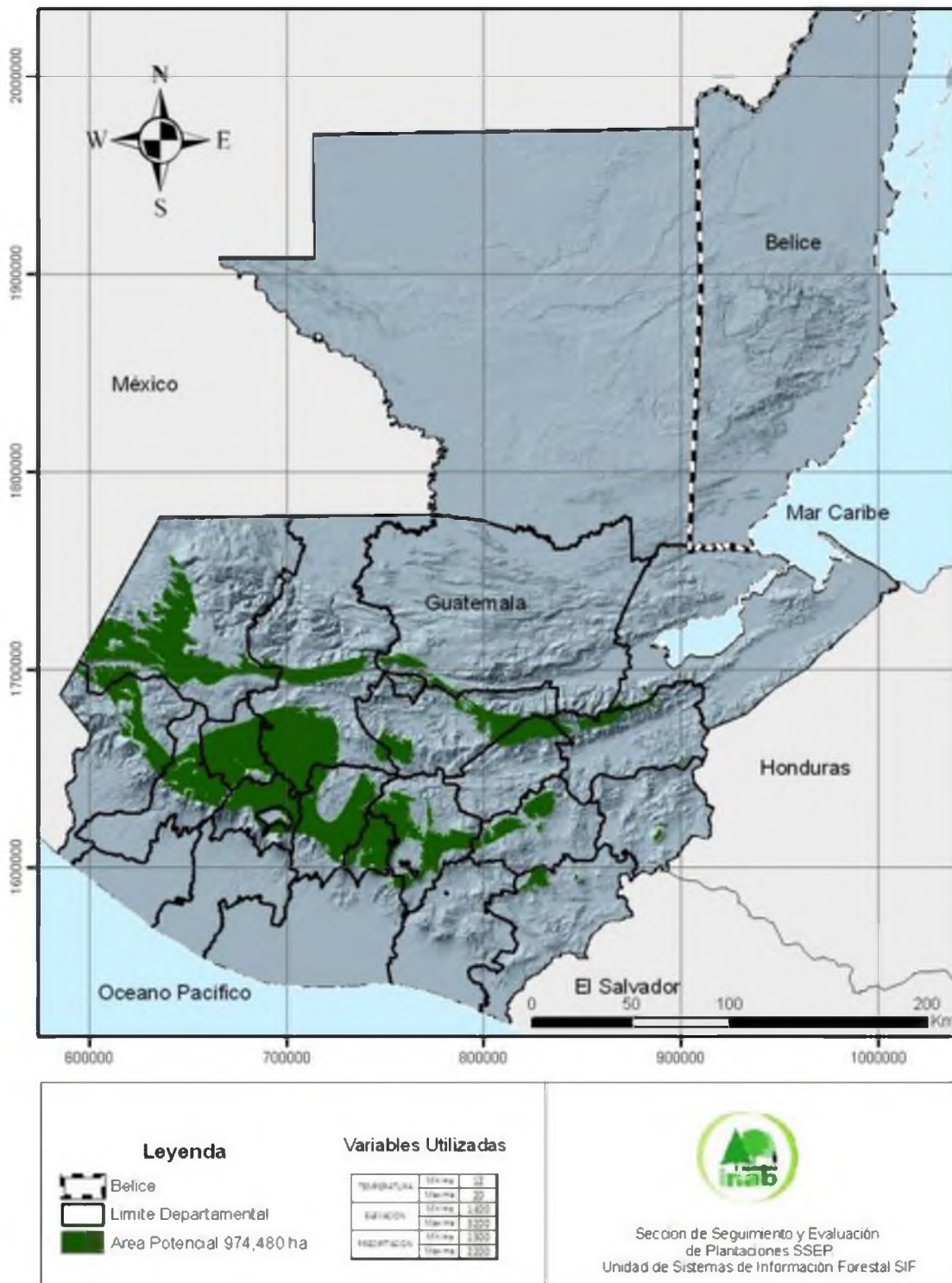


Gráfica 41. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Cupressus lusitánica*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Cupressus lusitánica*:

Mapa 4. Distribución potencial preliminar para la especie de *Cupressus lusitánica*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.10 *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (ENTEKY)

Nombre Común: Conacaste

Es un árbol muy típico del paisaje en pastos de las zonas estacionalmente secas de la vertiente del Pacífico de América Central. La copa amplia y extendida hace a esta especie ideal para sistemas silvopastoriles en pastos y potreros. Aunque son remanentes del bosque seco original, la regeneración se ve favorecida por el ramoneo del ganado, ya que al comer el fruto las semillas pasan por el animal y son pre-tratadas por los fluidos estomacales.

La base de datos del PINFOR reporta un total de 270.41 hectáreas plantadas e incentivadas hasta el año 2013, las cuales están distribuidos en 13 municipios, siendo La Libertad, Santa Ana y Sayaxché (los tres en el departamento de Petén) los que reúnen la mayor extensión reforestada; la información detallada se encuentra en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Área reforestada por municipio con la especie de *E. cyclocarpum* en Guatemala.

Municipio	Área plantada (ha)
La Libertad	91.91
Santa Ana	79.95
Sayaxché	50.93
Cobán	15.44
Asunción Mita	9.00
San Agustín Lanquín	8.07
Chisec	5.28
Fray Bartolomé De Las Casas	2.71
San Francisco	2.50
Santa Cruz Barillas	2.50
Ixcán	1.57
Gualán	0.30
Dolores	0.25
Total general	270.41

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento y productividad:

E. cyclocarpum, es una especie que ha sido evaluada en la Finca los Olivos, ubicada en el municipio de Sayaxché, donde se reportan los promedios de crecimiento que son presentados a continuación en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *E. cyclocarpum* en la Finca Los Olivos, Sayaxché, Petén.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (9.00)	1.08	0.70	1.33	5.80

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de Parcelas Permanentes de Medición Forestal se registra la información correspondientes a 1 PPMF que ha sido evaluada a partir del año 2003 cuando la plantación tenía 4.3 años y que al año 2013 tenía 13.53 años de edad, en este rango de edad presentan densidades que van de 1,220 hasta 960 árboles/ha en los últimos años y diámetros (DAP) que van de 5.3 hasta 15.4 centímetros en promedio,

y alturas dominantes que van de 4.3 m y que han llegado a 10.7 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y las cuales se presentan en el cuadro 30.

Cuadro 30. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *E. cyclocarpum* la finca Los Olivos, Sayaxché.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -4.624413 * (1/T - 0.1))	0.95
Diámetro (cm)	= Exp(2.274322 -6.302477/T + 0.086746*S + 0.000159*N)	0.98
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.102299 -12.647657/T + 0.170789*S + 0.001247*N)	0.97
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(2.049391 -18.839421/T + 0.264324*S + 0.001348*N)	0.99
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 4.624413 * (1/T - 0.1))	0.95

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

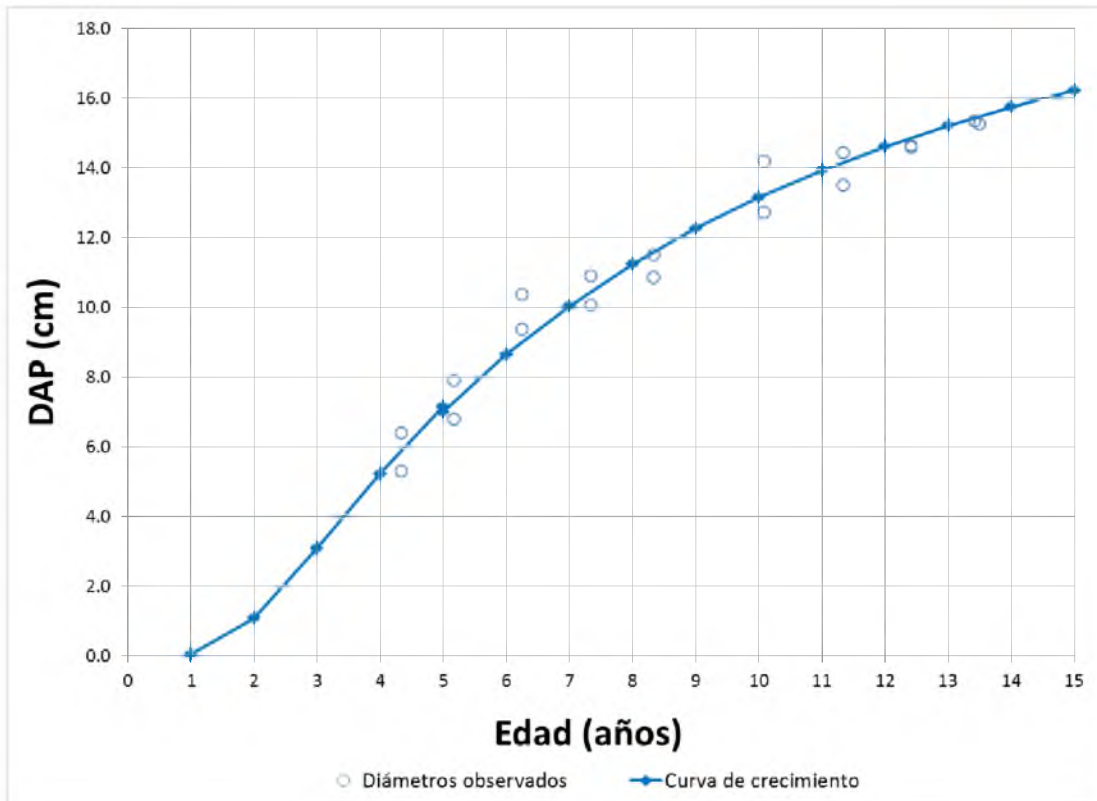
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *E. cyclocarpum* en la Finca los olivos, Sayaxché, Peten; se desarrollaron los modelos de crecimiento presentados en el Cuadro 30, para el efecto, se estableció un perfil similar al proporcionado en el sitio de evaluación, que corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que al quinto año se redujo a 960 árboles/hectárea.

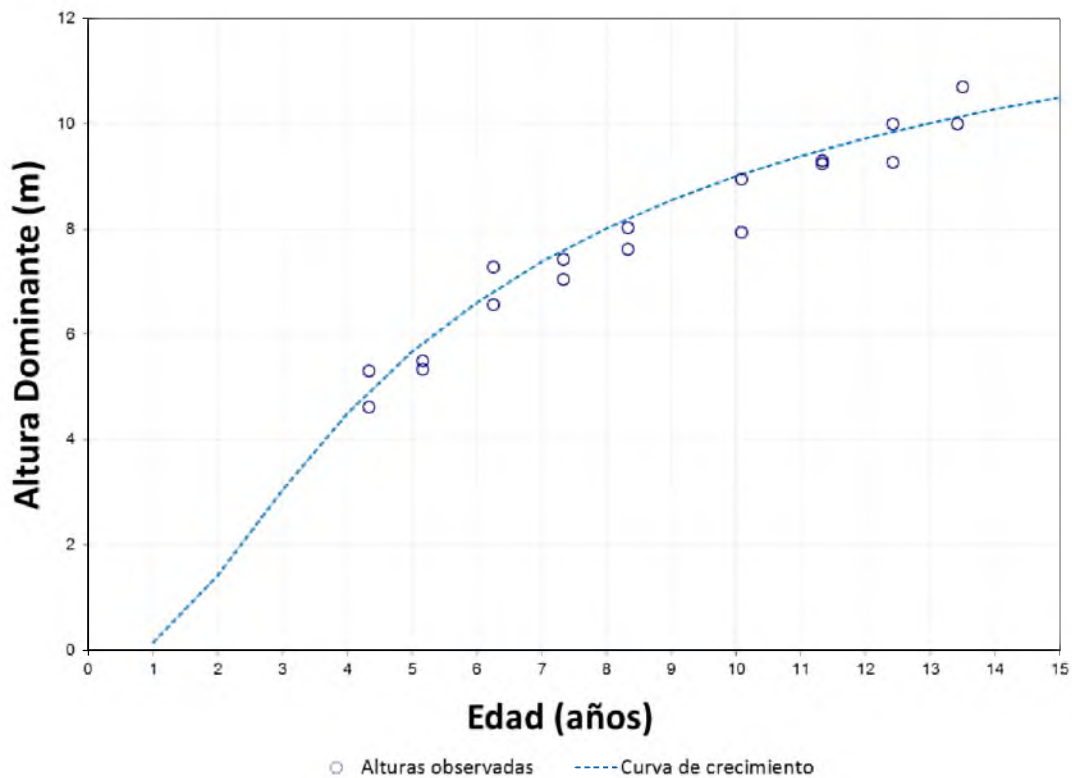
Una vez definido el perfil de manejo se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 15 años de edad.

A continuación, se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *E. cyclocarpum* en la Finca Los Olivos, Sayaxché, Peten; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



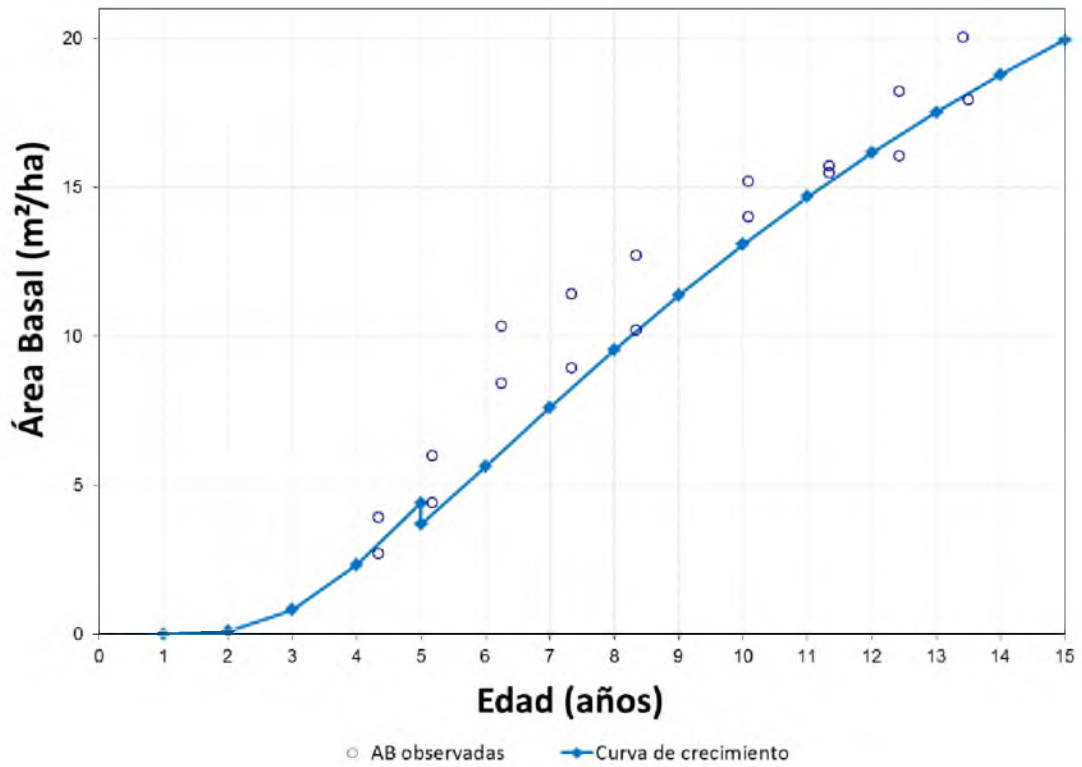
Gráfica 42. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Enterolobium cyclocarpum*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



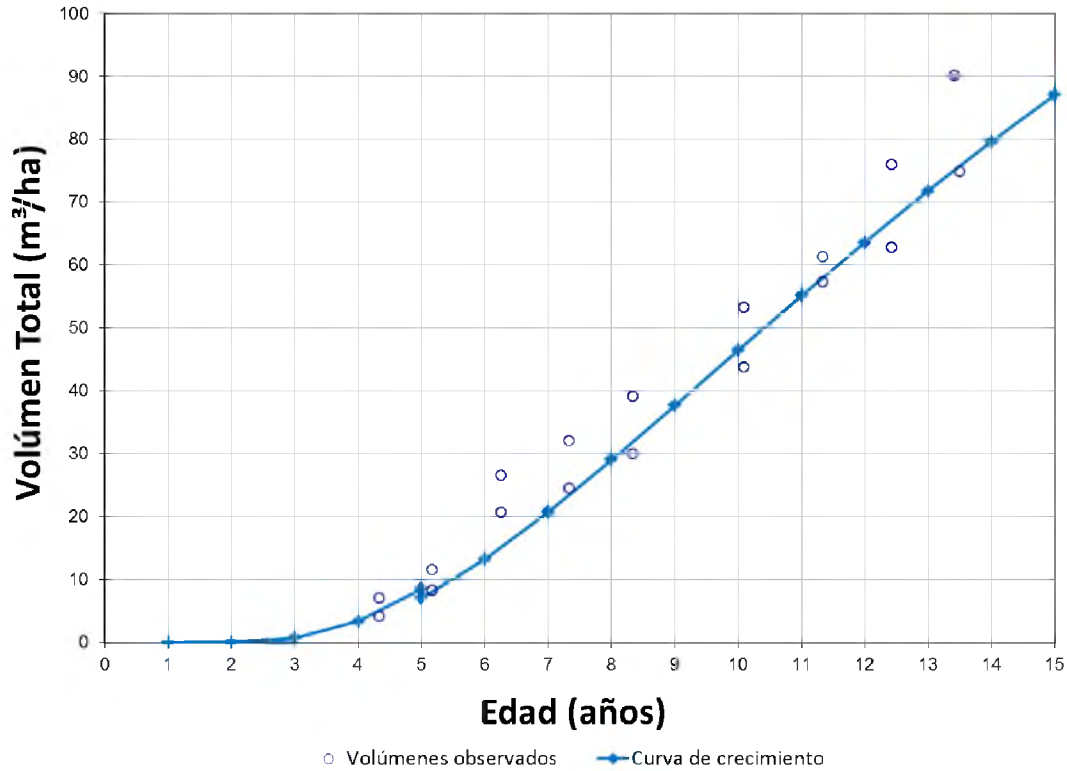
Gráfica 43. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Enterolobium cyclocarpum*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 44. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Enterolobium cyclocarpum*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 45. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Enterolobium cyclocarpum*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.11 *Gmelina arborea* Roxb. ex. Sm (**GMELAR**)

Nombre Común: Melina

Sistema de Plantación:

Se recomienda pre tratar las semillas remojándolas en agua fría durante 1 o 2 días. Con este tratamiento puede germinar en un período de 14 hasta 28 días, sin embargo, la producción de plantas también se puede hacer por medio de pseudoestacas. El período de estadía en vivero para el trasplante al campo definitivo es de 6 meses en promedio.

Plantación:

Los distanciamientos que se usan regularmente son de 2.5 * 2.5 metros y 3 * 3 metros.

En los primeros años, se realizan podas de las ramas bajas y cuando exista bifurcaciones se eliminara el eje más defectuoso don el propósito de tener un fuste bien formado. Se realiza un primer raleo a los 4 o 5 años de edad y el segundo a los 7 u 8 años dejando alrededor de unos 600 árboles/ha.

Período de rotación:

El período de rotación es de 10 a 15 años.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 432 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 7,920.41 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, mostrado en la gráfica 46 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el y la línea de tendencia que indica el aumento en la preferencia para realizar proyectos de reforestación con *G. arborea*.



Gráfica 46. Área plantada con *G. arborea* durante el periodo 1998 al 2013.

Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

G. arborea ocupa el **quinto** lugar dentro de las especies empleadas en proyectos de reforestación, en la base de datos del PINFOR se reporta su ubicación en 46 municipios que se encuentran ubicados principalmente en el norte y en la costa sur del país, siendo el municipio de San Francisco, Petén el que ocupa el primer lugar de la lista con 2007.84 hectáreas reforestadas.

En el Cuadro 31, se presenta el detalle de área reforestada con *G. arborea* por municipio y en orden descendente que permite identificar los municipio de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 31. Área reforestada por municipio con la especie de *G. arborea* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
San Francisco	2007.84	Retalhuleu	39.22
La Libertad	773.31	Poptún	36.25
Dolores	728.32	Santo Domingo Suchi.	35.24
San Andrés Villa Seca	558.57	Nuevo San Carlos	29.88
Santa Ana	462.35	Tiquisate	16.36
Patulul	456.25	Chisec	15.28
Santa María Cahabón	389.81	Las Cruces	15.00
Livingston	383.39	La Democracia, Escuin.	13.00
San Andrés	308.77	Raxuhá	10.26
El Estor	294.32	Chahal	10.00
Siquinalá	291.96	Asunción Mita	9.00
San Luis	214.56	Melchor De Mencos	9.00
San Benito	204.15	Usumatlán	8.06
Morales	82.94	Fray Bartolomé De Las Casas	7.53
Flores	82.63	Masagua	6.88
San José	64.63	Malacatán	5.65
Mazatenango	55.29	Guanagazapa	5.12
Sayaxché	49.91	Chiquimulilla	4.92
Santa Cruz Muluá	49.59	Flores Costa Cuca	3.27
Cuyotenango	48.16	San José, Escuintla	2.33
Champerico	45	Escuintla	1.00
Colomba Costa Cuca	43.96	Jacaltenango	1.00
Puerto Barrios	39.63	Catarina	0.9
Total general 7920.49			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

G. arborea, es una especie que ha sido evaluada en 8 municipios ubicados en 3 departamentos del país, de acuerdo con las observaciones de crecimiento de 40 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 150 mediciones se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados a través del Índice de Sitio a una edad base de 10 años, situando a cada municipio donde se ubican instaladas las parcelas dentro de una categoría, tal como se muestra en el Cuadro 32 a continuación.

Cuadro 32. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *G. arborea* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Cahabón	25.65	Bueno
Izabal	Livingston	15.59	Malo
	Morales	16.75	Malo
Petén	Dolores	25.69	Bueno
	San Francisco	17.75	Medio
	San Luis	27.30	Excelente
	Sayaxché	24.18	Bueno
Suchitupéquez	Cuyotenango	23.55	Bueno

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de Sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 32, se observa que el municipio de San Luis, Petén (Finca del Comité Tatzuncal) es donde a la fecha existe la mejor productividad para esta especie, debido a que presenta un promedio de Índice de Sitio mayor a 26.8 metros; por otro lado, es interesante observar que en esta especie también se encuentra en el Departamento de Izabal con un Índice de Sitio Malo en sitios evaluados en los municipios de Livingston y Morales.

En cada escenario de productividad corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA); para el efecto, se presentan a continuación en el cuadro 33 los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *G. arborea* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie, este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 33. Incremento Medio Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *G. arborea*, evaluadas en 8 Municipio del país.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (8.62)	0.87	0.67	0.27	1.09
Malo (14.31)	1.16	1.11	0.46	2.72
Medio (20.01)	1.53	1.56	0.78	6.79
Bueno (24.18)	1.88	1.88	1.15	13.28
Excelente (28.35)	2.32	2.21	1.70	25.97

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

El registro de las 40 Parcelas Permanentes de *G. arborea*, reportan 3 parcelas con 8 mediciones consecutivas, el resto han sido evaluadas por periodos de tiempo mas cortos (promedio de 4 mediciones consecutivas); esta muestra de plantaciones evaluadas reportan 2.8 años hasta 13.53 años de edad, en este rango las densidades van de 1200 al inicio, hasta 120 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 3.3 hasta 35.6 centímetros en promedio, con alturas dominantes que van de 3.6 metros hasta 31.3 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente, se desarrollaron los modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en los sitios evaluados los cuales se presentan a continuación en el cuadro 34.

Cuadro 34. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *G. arborea* en la Guatemala.

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -4.589766 * (1/T - 0.1))	0.51
Diámetro (cm)	= Exp(2.476769 -3.669808/T + 0.048356*S -0.000258*N)	0.87
Área basal (m ² /ha)	= Exp(0.780617 -7.094758/T + 0.092946*S + 0.001186*N)	0.82
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.918322 -11.678936/T + 0.160806*S + 0.001068*N)	0.90
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 4.589766 * (1/T - 0.1))	0.51

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

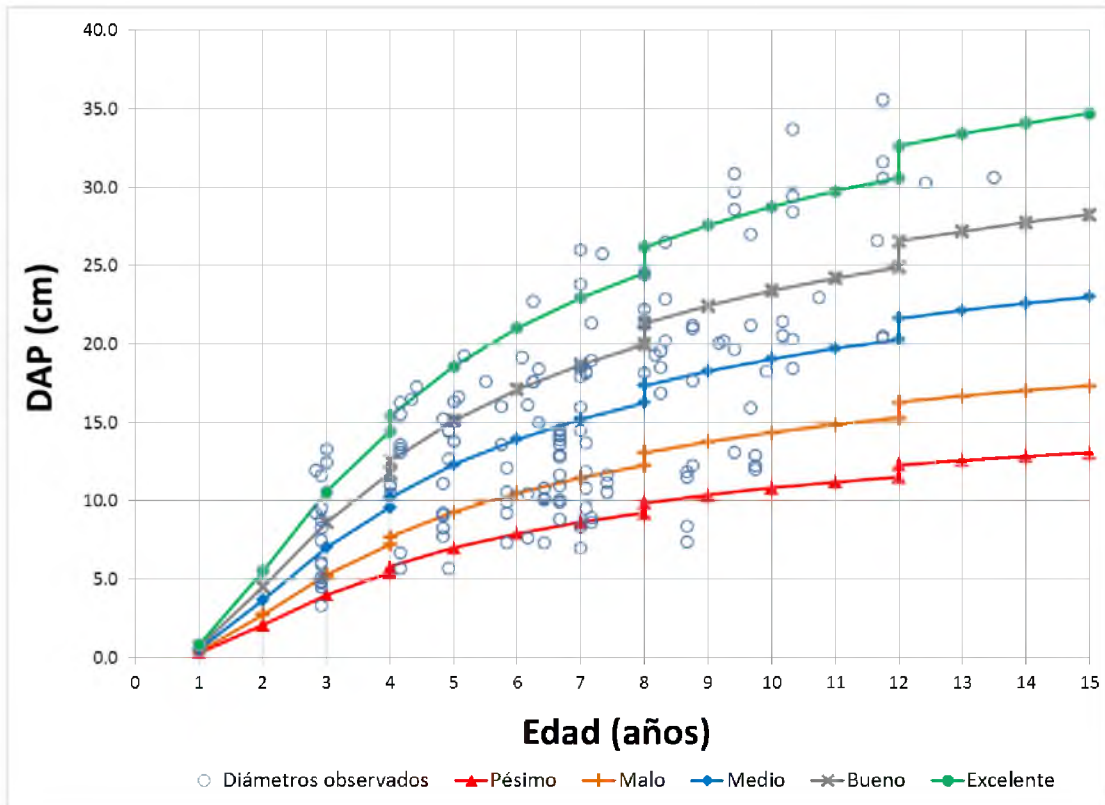
S = Índice de sitio (ver Cuadro 33)

Para presentar la dinámica de crecimiento de *G. arborea*, se desarrollaron gráficamente los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 34, para el efecto, se estableció un perfil de similar al proporcionado en el sitio de evaluación.

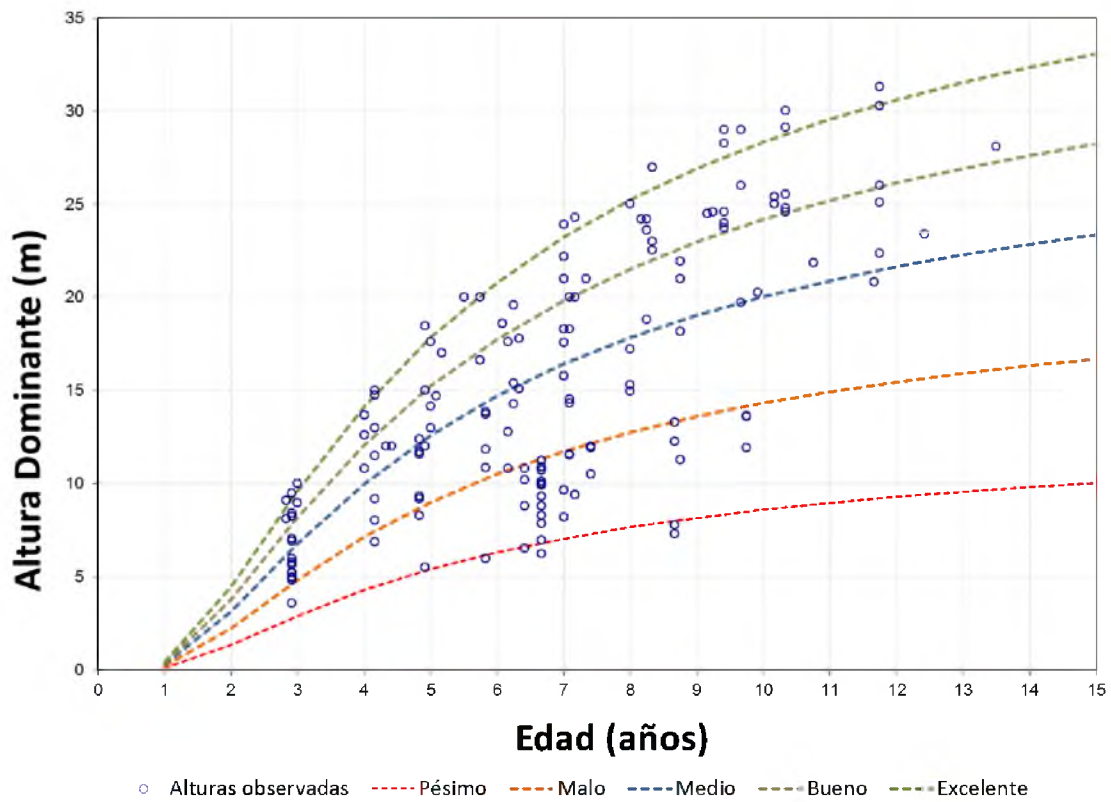
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que al cuarto año se redujo a 750 árboles/hectárea, posteriormente se aplicó un raleo del 30% al año 8, dejando 500 árboles/ha y finalmente, al año 12 se realizó un tercer raleo para dejar la plantación a una densidad final de 250 árboles /ha.

Una vez definido el perfil de manejo se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 15 años de edad, que corresponde a la edad del turno observada en distintos sitios.

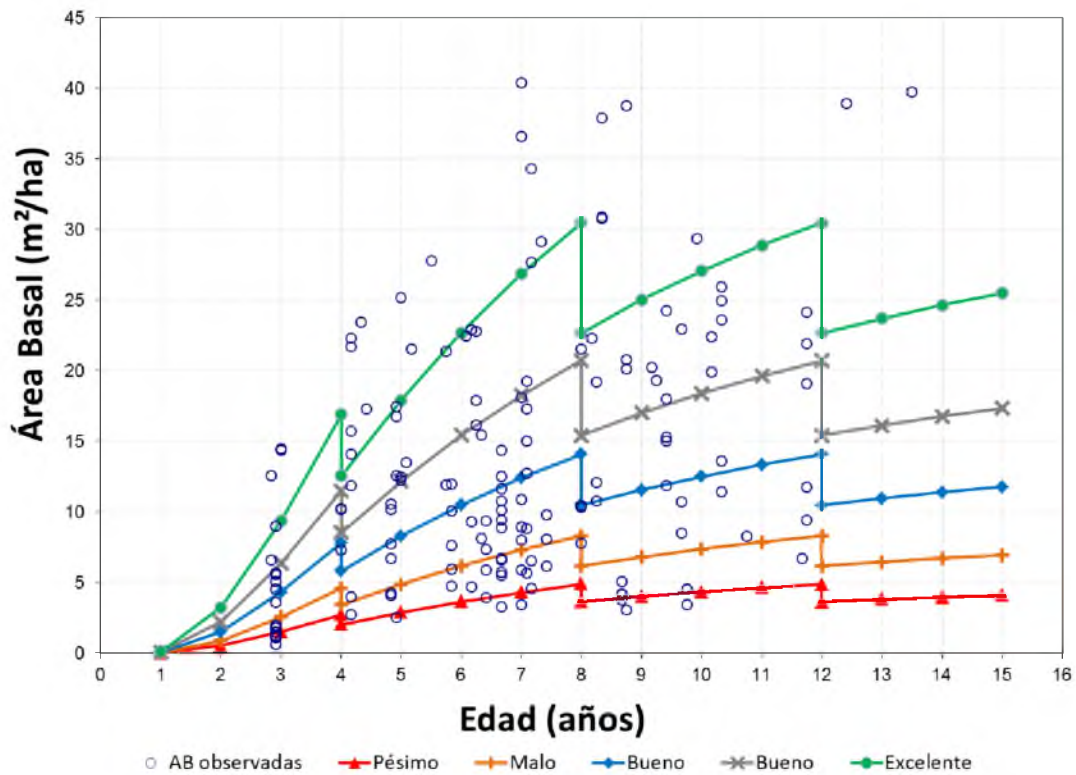
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *G. arborea* y los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



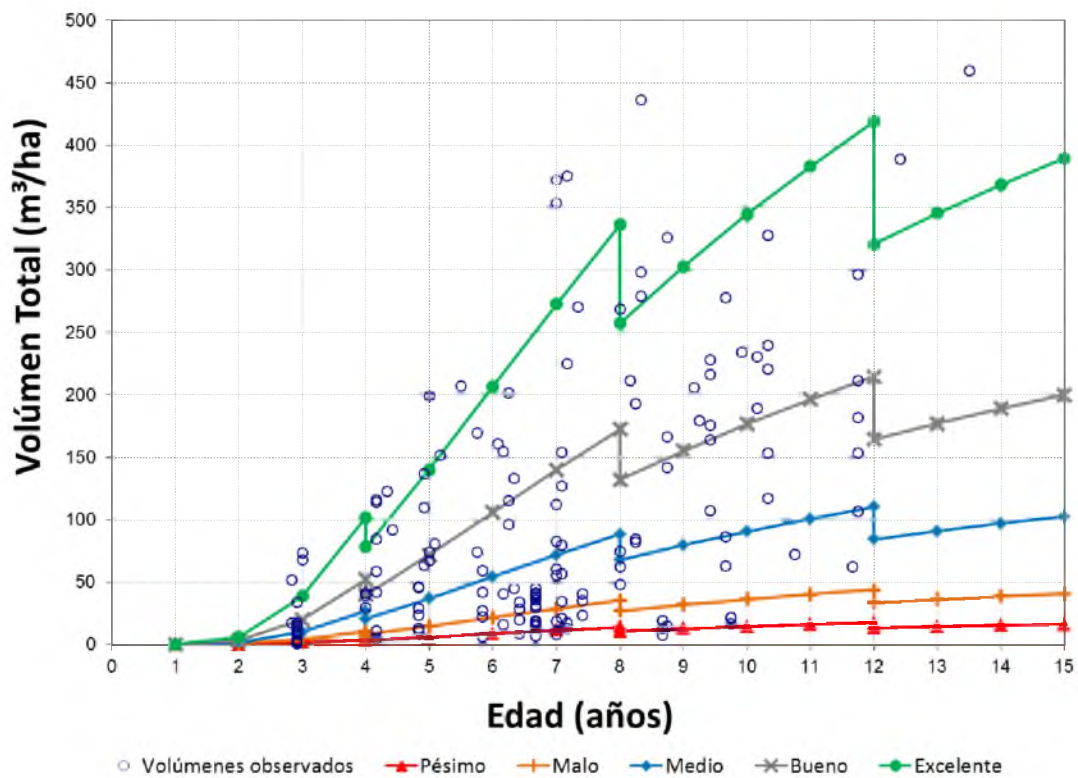
Gráfica 47. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Gmelina arborea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 48. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Gmelina arborea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



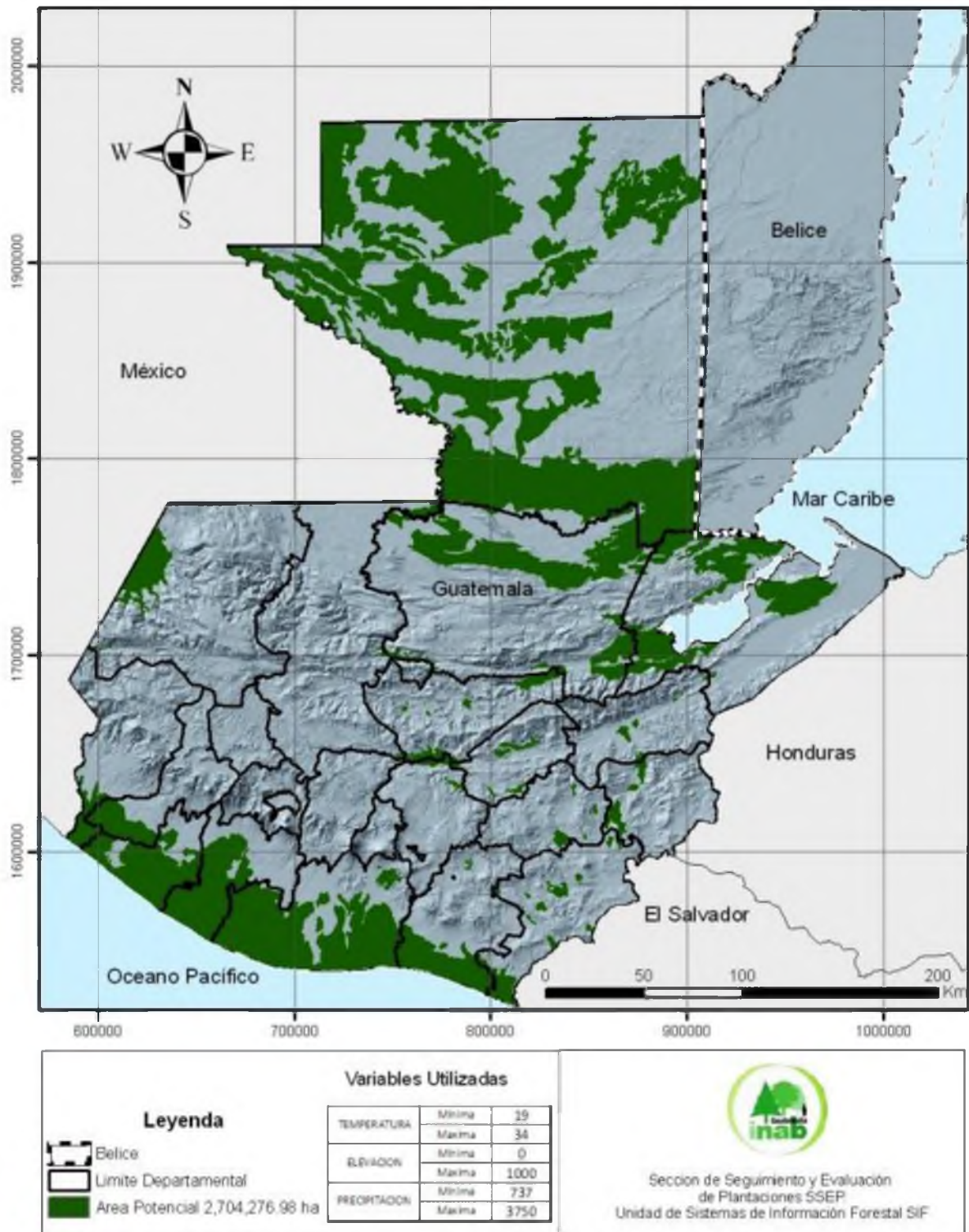
Gráfica 49. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Gmelina arborea*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 50. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Gmelina arborea*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Gmelina arborea*:

Mapa 5: Distribución potencial preliminar para la especie de *Gmelina arborea*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.12 *Guazuma ulmifolia* Lam. (GUAZUL)

Nombre Común: Caulote

Descripción:

Un árbol con una gran variedad de usos, que produce leña de alta calidad, carbón y forraje, así como madera para carpintería general y construcción rural. Es un árbol importante en sistemas silvopastoriles ya que el forraje y los frutos son altamente nutritivos y apetecidos por el ganado. Las hojas tienen un contenido en proteína de 13-17%, y los frutos 7-10%. Son comidos por vacas, caballos, cabras y cerdos, y son fuentes importantes de forraje durante la estación seca.

Su uso más extendido en América Central es para leña, la cual es de excelente calidad, fácil de rajar y secar, y quema bien, con buenas brasas, bastante calor y poco humo.

La madera no suele tener suficiente calidad para ser comercializada para aserrío, usándose localmente más a menudo para construcciones y carpintería general. Sin embargo, la leña es altamente preferida y existe mercado para ella en ciertas áreas. Las hojas y frutos son importantes como suplemento en la dieta de ganado especialmente en periodos secos, pero normalmente no se comercializan.

Plantación:

La preparación del suelo es importante, aunque tolera suelos compactos, resulta en crecimientos más lentos. También es necesario el control de las malas hierbas. La plantación a 2x2 metros producirá cierre de copas en un año. Las pequeñas plantaciones a 2x2 metros pueden ser raleadas más tarde a 4x4 o 6x6 metros, convirtiéndose en grupos de árboles de sombra dentro de pastos, estos se pueden descopar a 2 metros de altura cada 2-4 años para proporcionar leña, así como forraje para el ganado, con este sistema los árboles necesitan estar cercados los primeros 2-3 años.

Durante el primer año es necesario deshierbar 2-3 veces. Si las copas no se han cerrado, se necesitan 1-2 deshierbes más en el segundo año. En bancos energéticos a 2x2 m el turno de rotación es habitualmente de 4 años. Al final de cada turno se corta la parcela a nivel del suelo y se deja rebrotar.

El mayor rendimiento para leña de pequeñas dimensiones, se consigue respetando todos los rebrotes, si se requieren diámetros mayores se debe reducir el número de rebrotes.

Aunque la descripción de esta especie define su importancia como especie energética (leña) no ha sido una especie preferidas, para proyectos de reforestación con estos fines; en la base de datos del PINFOR se reportan un área plantada de 27.09 hectáreas durante el período del 1998 al 2013; mismas que se registran en el Municipio de Sanarate, El Progreso.

⁶ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

Dinámica de crecimiento y productividad:

G. ulmifolia es una especie que ha sido evaluada en la Finca El Achotal, ubicada en el municipio de Sanarate, en donde se reportan los promedios de crecimiento que son presentados a continuación en el Cuadro 35.

Cuadro 35. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *G. ulmifolia* en la Finca El Achotal, Sanarate, El Progreso.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (6.54 m)	0.53	0.45	0.37	0.95

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de Parcelas Permanentes de Medición Forestal, se registra la información correspondientes a 1 PPMF que ha sido evaluada a partir del año 2003 a los 5.3 años hasta el año 2013 a los 14.75 años de edad, en este rango de edad presento densidades que van de 1,220 hasta 1,120 árboles/ha y diámetros (DAP) que van de 5.5 hasta 8.1 centímetros en promedio, con alturas dominantes que van de 6.1 m y que han llegado a 6.8 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 36.

Cuadro 36. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *G. ulmifolia* en la Finca El Achotal, Sanarate, El Progreso.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -0.684405 * (1/T - 0.1))	0.67
Diámetro (cm)	= Exp(2.762289 -2.32964/T + 0.014772*S -0.000567*N)	0.98
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.143734 -4.666703/T + 0.028075*S -0.000276*N)	0.97
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.966696 -6.206873/T + 0.119088*S + 0.000292*N)	0.99
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 0.684405 * (1/T - 0.1))	0.67

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

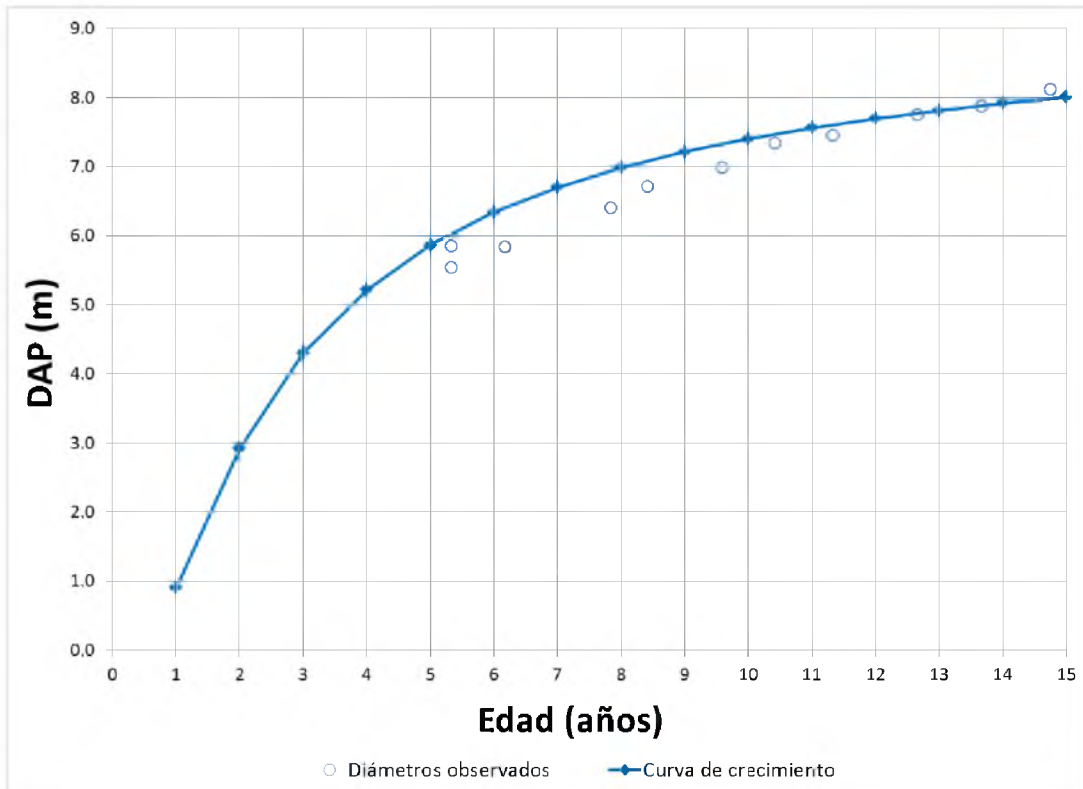
T = Edad en años

N = Árboles/ha

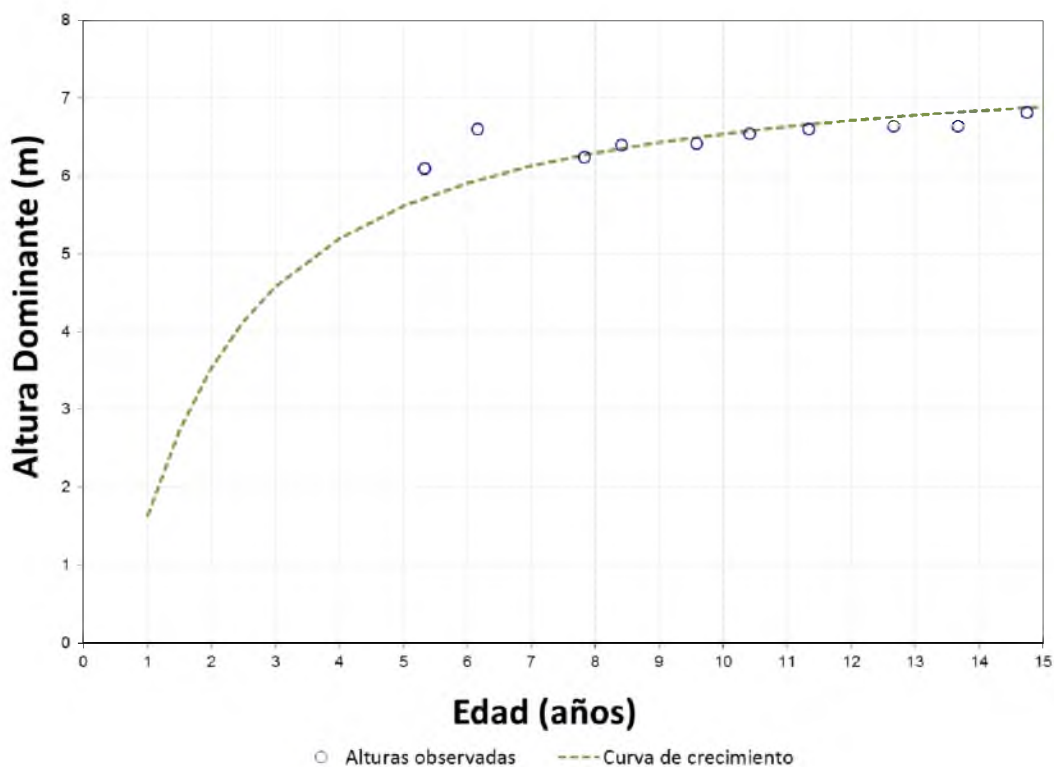
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

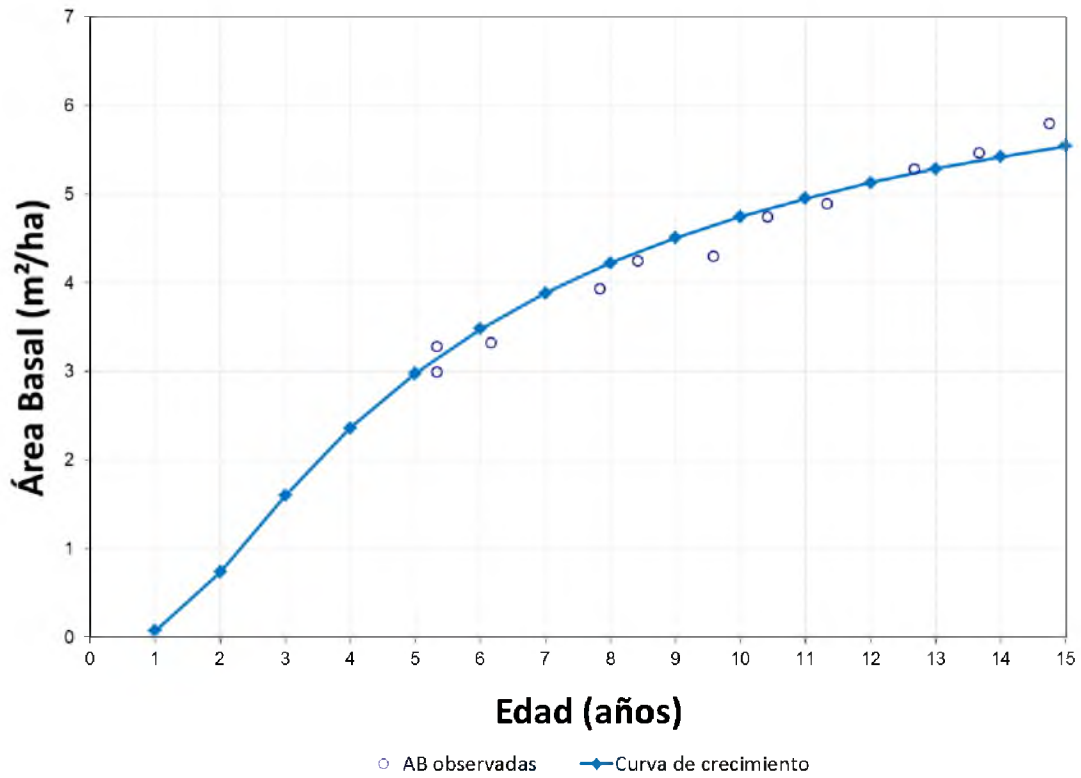
Para mejorar la presentación de la dinámica de crecimiento de esta especie, se elaboraron las gráficas de los modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total, estableciendo para el efecto un perfil de manejo de densidad estático (sin raleos), simulando la realidad en campo del sitio evaluado.



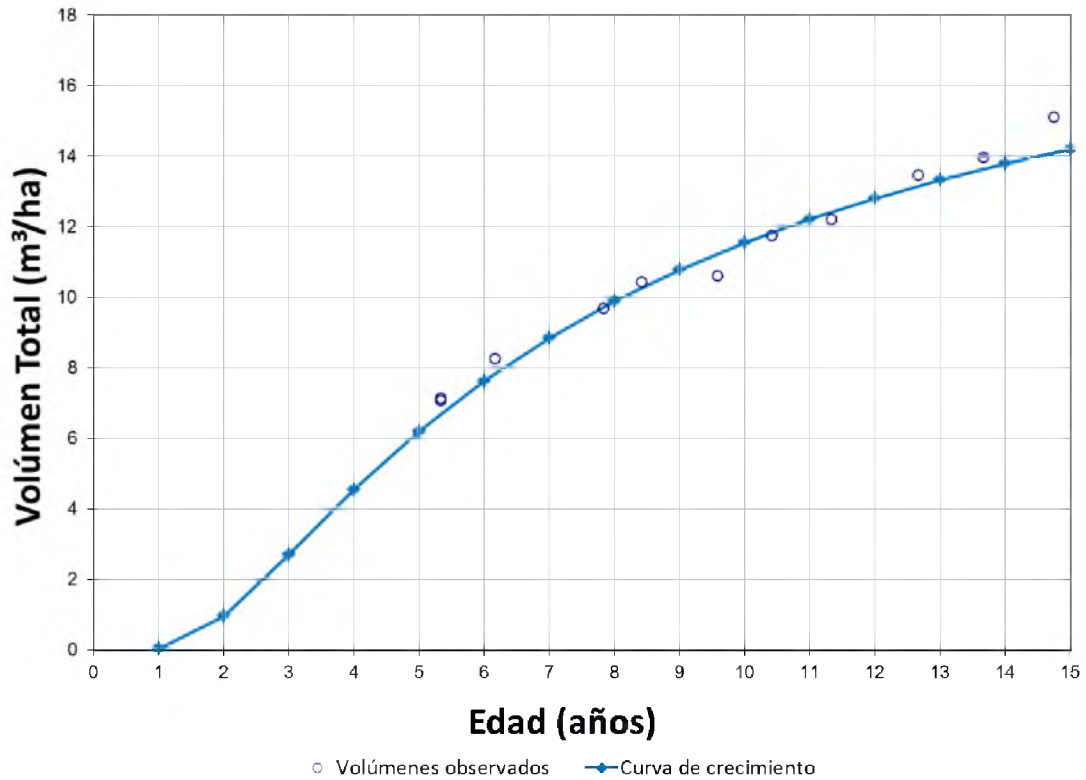
Gráfica 51. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Guazuma ulmifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 52. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Guazuma ulmifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 53. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Guazuma ulmifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 54. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Guazuma ulmifolia*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.13 *Nectandra* sp. (NECTSP)

Nombre Común: Canoj

Se ha documentado poco sobre la importancia económica de esta especie, aunque es nativa de algunas regiones de la costa del pacífico, es aprovechada para la producción de madera, aun así, no es una especie preferidas para proyectos de reforestación con estos fines, ya que en la base de datos del PINFOR se reportan un área plantada de 6.93 hectáreas durante el periodo del 1998 al 2013, en el municipio de Santiago Atitlán.

Algunas fuentes describen al Canoj, como una madera que se caracteriza por ser similar a la madera de cedro, su madera oscura y olorosa.

Dinámica de Crecimiento y productividad:

Nectandra sp., es una especie que ha sido evaluada en las fincas Mónica Ivonne y El Brote, ambas ubicadas en el municipio de Santiago Atitlán, en donde se reportan los promedios de crecimiento que son presentados a continuación en el Cuadro 37.

Cuadro 37. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *Nectandra* sp., en las Fincas Mónica Ivonne y El Brote, Santiago Atitlán, Sololá.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único(13.33 m)	0.98	1.19	1.13	7.09

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de Parcelas Permanentes de Medición Forestal, se registra la información de 3 PPMF (1 en finca Mónica Ivonne y 2 en El Brote) que han sido evaluadas a partir del año 2003 a partir de los 5.3 años hasta 14.4 años de edad, donde ha presentado densidades que van de 1,240 hasta 800 árboles/ha en los últimos años y diámetros (DAP) que van de 4.0 hasta 16.3 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 4.6 metros hasta 16.5 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente, se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en los sitios evaluados y que son presentados a continuación en el cuadro 38.

Cuadro 38. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *Nectandra* sp., en las Fincas Mónica Ivonne y El Brote, Santiago Atitlán, Sololá.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -8.798094 * (1/T - 0.1))	0.88
Diámetro (cm)	= Exp(3.112788 -6.202454/T + 0.078664*S -0.001055*N)	0.92
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.642654 -12.355272/T + 0.1598*S -0.00112*N)	0.95
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(4.313634 -21.102053/T + 0.245205*S -0.001508*N)	0.95
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 8.798094 * (1/T - 0.1))	0.88

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

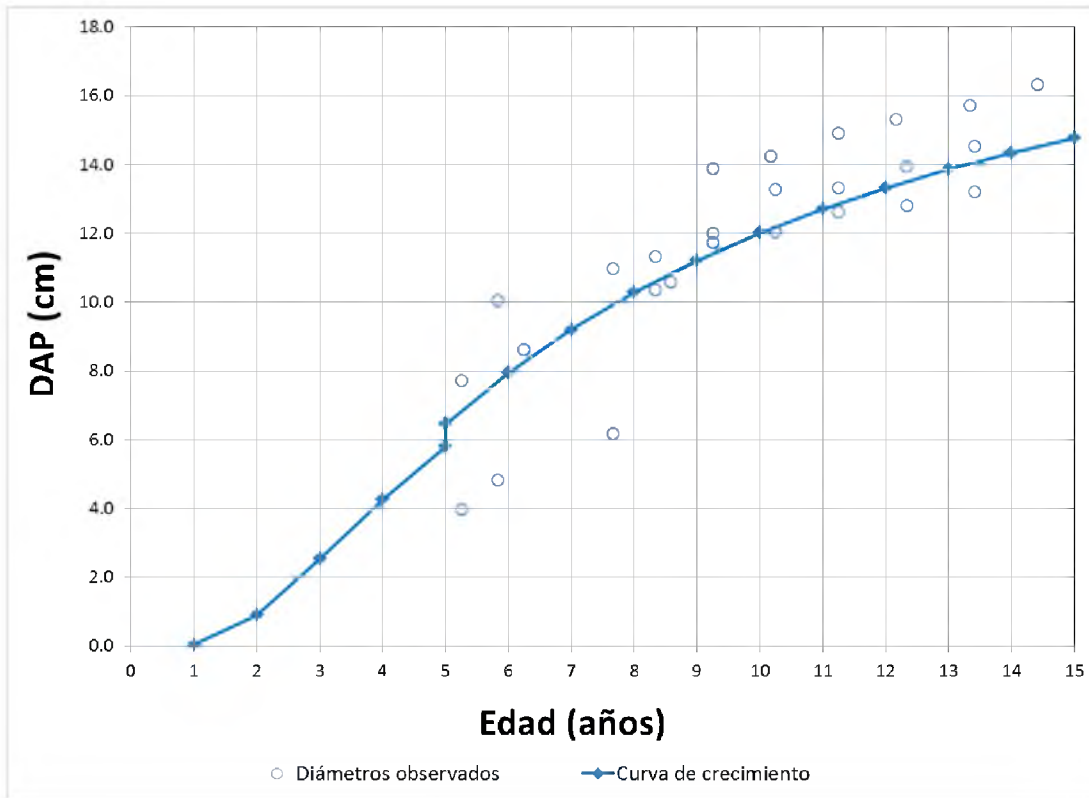
T = Edad en años

N = Árboles/ha

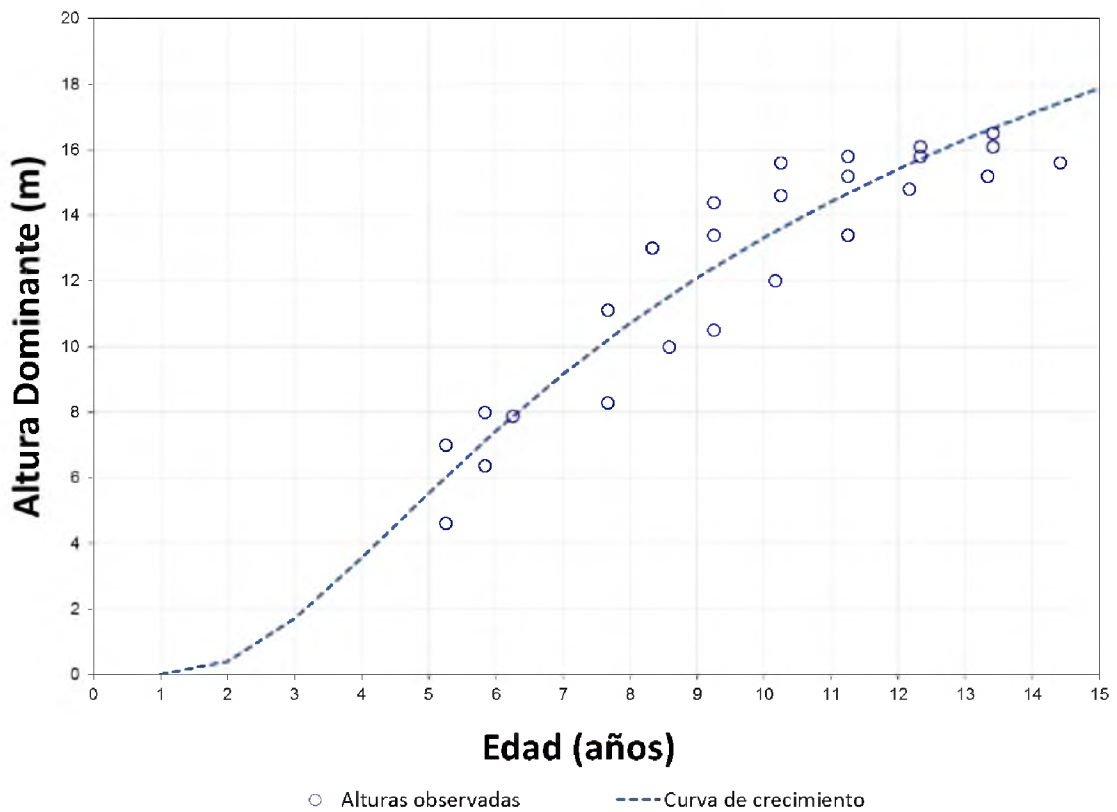
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

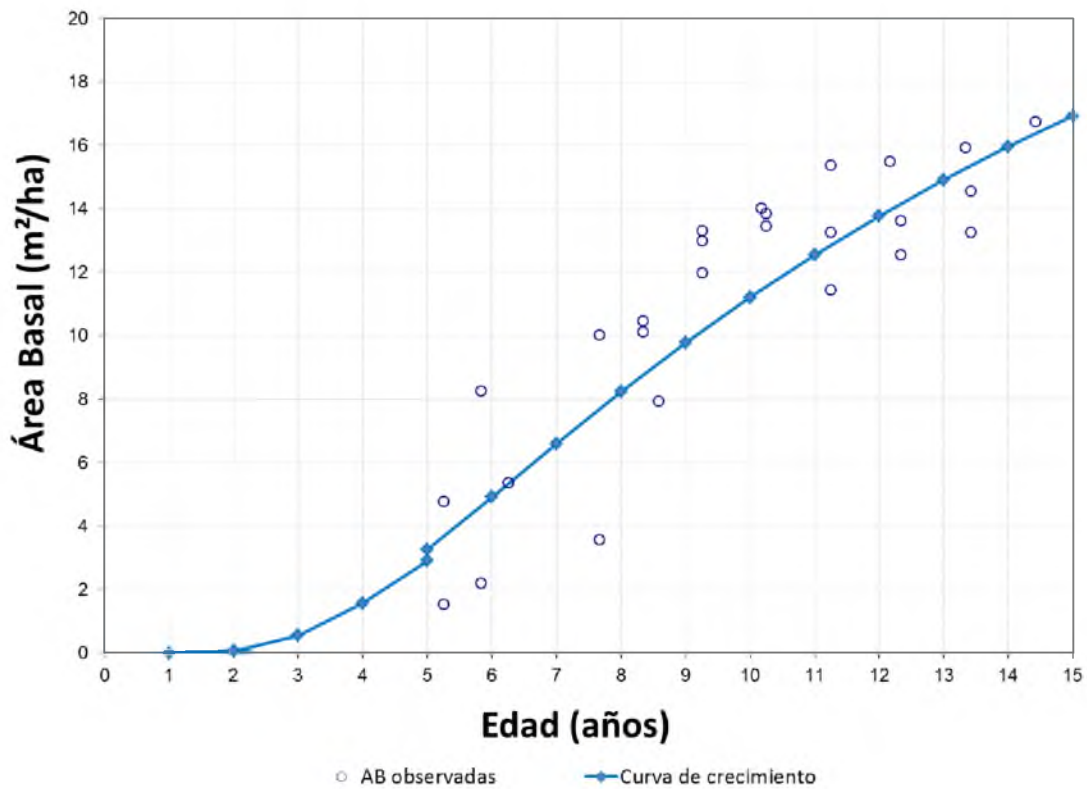
Para la presentación de la dinámica de crecimiento de esta especie, se elaboraron las gráficas de los modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total, estableciendo un perfil de manejo de densidad estático (sin raleos) a 1000 arboles por hectárea hasta los 20 años.



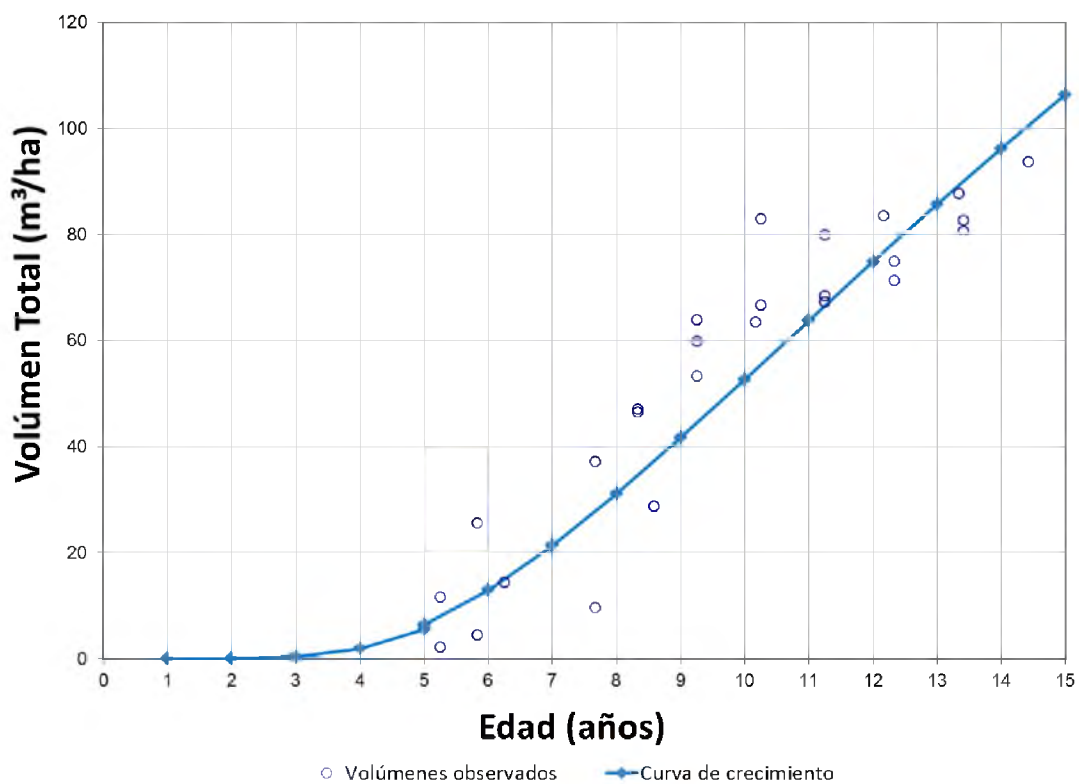
Gráfica 55. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Nectandra sp.*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 56. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Nectandra sp.*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 57. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Nectandra sp.*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 58. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Nectandra sp.*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.14 *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari (**PINUCH**)

Nombre Común: Pino Caribe o Pino de peten

Descripción⁷:

Por su capacidad de crecer en prácticamente cualquier tipo de suelo, es una de las especies de pino más plantadas a nivel mundial.

La madera de esta especie es apta para postes rollizos, madera de aserrío y pulpa. Sin embargo, un estudio en Costa Rica indica que es más conveniente vender postes debido a que el precio de la madera en pie para aserrío y para poste es el mismo. Por ejemplo, cuando existe madera aserrable en los raleos (años 20 y 28 de una plantación), es más rentable vender postes de 14,25 m de longitud, que una troza de 2.52 m (3 varas) con un diámetro de 25-30 cm, ya que el volumen aprovechable es mayor en el primer caso.

Plantación:

Dependiendo de los objetivos de la plantación, se pueden usar diversos espaciamientos, normalmente desde 3x3 metros en plantaciones puras hasta espaciamientos amplios en sistemas de árboles con cultivos. En plantaciones para pulpa o leña, se han utilizado espaciamientos menores, de hasta 2.5x2.5 metros. Al momento de plantar, es recomendable una aplicación de fertilizante de fórmula completa alta en fósforo (10-30-10, 12-24-12), en dosis de 50-75 g por árbol, aplicado al fondo del hoyo. El crecimiento inicial no es rápido, por lo que el control de malezas es fundamental durante los 2-3 primeros años.

Manejo:

La especie no presenta buena autopoda, por lo que en plantaciones destinadas a la producción de madera de aserrío, es necesario realizar podas artificiales para mejorar la calidad del fuste. Aún en plantaciones para otros fines, se sugiere la realización de podas para facilitar el ingreso al rodal y disminuir el riesgo de incendios.

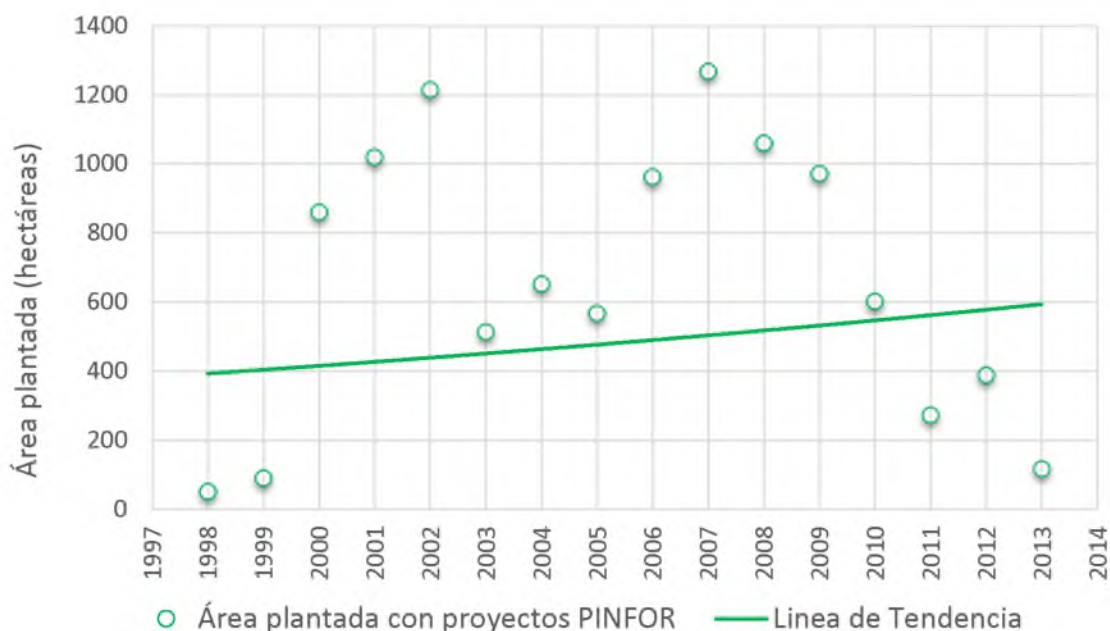
Para producir trozas de 10 metros de largo libres de nudos, se sugiere una poda hasta los 2.5 metros cuando el rodal alcanza una altura media de 6 metros; una segunda poda hasta una altura de 5 metros cuando el rodal alcanza una altura media de 9 metros, y dos podas más a alturas de 7.5 y 10 metros cuando el rodal alcance alturas medias de 12 y 15 metros, respectivamente.

Este sistema se puede modificar para alcanzar los 10 metros en sólo tres intervenciones. Esto dependerá del sitio, los objetivos de manejo, los recursos y la factibilidad económica de tales operaciones. En cuanto a raleos, se recomienda un primer raleo de saneamiento al momento del cierre del dosel, normalmente entre los 6 y 8 años de edad, y raleos posteriores de 35-50 % cada 5 o 6 años, para terminar con 250-400 mejores individuos por hectárea para la corta final.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 340 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 10,616.52 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, en la gráfica 59 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo

⁷ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp)

indicado, además, se agrega una línea tendencia que muestra una preferencia positiva de esta especie para proyectos de reforestación.



Gráfica 59. Área plantada con *P. caribaea* durante el periodo 1998 al 2013.

Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación es positiva y en la Gráfica 59 se observa un promedio de 600 hectáreas anuales de *P. caribaea* que se incorporan a la cobertura nacional, aunque no está demás indicar que en los años 2002 y 2007 se ubican picos de reforestación con poco más de 1200 hectáreas, lo que han puesto a esta especie como la **cuarta** especie empleada en proyectos de reforestación.

En la base de datos del PINFOR, se reporta su ubicación en 32 municipios en los que se encuentran principalmente los del departamento de Petén, que es la principal referencia del nombre común de esta especie (Pino de Petén), sin embargo, también se observa una serie de municipios de la parte norte del Departamento de Alta Verapaz, así como Izabal.

El área reportada anteriormente, corresponde a la suma de *Pinus Canariensis* (PINUCA), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (PINUCH), *Pinus caribaea* var. *caribaea* *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (PINUCB), ya que dentro de la base de datos se le ha proporcionado estos distintos nombres técnicos para referirse a la misma especie que es Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*).

En el Cuadro 39, se presenta el detalle de área reforestada con *P. caribaea* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipios de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 39. Área reforestada por municipio con la especie de *P. caribaea* var. hondurensis en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
Poptún	1429.35	San Miguel Tucurú	202.66
Cobán	1058.77	Panzós	142.55
Chisec	960.88	San Luis	111.92
Senahú	958.29	San Jerónimo	44.48
San Agustín Lanquín	864.84	San Juan Alotenango	39.87
San Pedro Carcha	737.69	Siquinalá	31.89
Santa María Cahabón	713.22	Morales	31.81
Santa Ana	584.61	Chahal	30.00
Los Amates	508.66	Escuintla	26.45
San Francisco	388.70	Palín	16.07
Livingston	357.43	Santa Bárbara	12.85
Gualán	334.22	Patulul	9.50
El Estor	281.43	Colomba Costa Cuca	7.86
Purulhá	259.26	Chicacao	3.40
Dolores	239.42	San Gaspar Chajul	3.00
La Libertad	222.64	Fray Bartolomé De Las Casas	2.80
Total general 10,616.52			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

P. caribaea, es una especie que ha sido evaluada en 13 municipios ubicados en 4 departamentos del País, tal como se muestra en el Cuadro 40. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 160 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 637 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad, ubicando al promedio de Índice de Sitios a los municipios evaluados, tal como se muestra en el Cuadro 40 a continuación.

Cuadro 40. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *P. caribaea* var. hondurensis en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Cobán	14.94	Bueno
	San Agustín Lanquín	15.66	Bueno
	San Pedro Carcha	11.56	Malo
	Senahú	18.57	Excelente
Escuintla	Siquinalá	15.83	Bueno
Izabal	El Estor	14.02	Bueno
	Livingston	16.02	Bueno
	Los Amates	16.98	Bueno
	Morales	11.52	Malo
Peten	Dolores	15.84	Bueno
	Poptún	14.64	Bueno
	San Luis Peten	16.06	Bueno
	Santa Ana	14.12	Bueno

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de Sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 40, se observa que el municipio de Senahú (específicamente en condiciones de la Finca Sepamac a una edad de 5 años) presenta la mejor productividad para esta especie con un promedio de Índice de sitio de 18.19 metros; por otro lado, es interesante observar que en esta especie se encuentra en los municipios de Morales (condiciones de la finca La Cumbre), Izabal y San Pedro Carcha (bajo condiciones de la finca Chimucuy), Alta Verapaz un promedio de Índice de Sitio que lo ubican dentro de la categoría de Malo.

En cada escenario de productividad corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos Medios Anuales (IMA); para el efecto, se presentan a continuación en el cuadro 41 los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *P. caribaea* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie, este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 41. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *P. caribaea* var. *hondurensis*, evaluadas en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (9.43)	0.77	0.59	0.31	1.80
Malo (12.46)	0.91	0.78	0.41	3.08
Medio (15.49)	1.07	0.97	0.55	5.27
Bueno (17.36)	1.19	1.09	0.65	7.33
Excelente (19.23)	1.33	1.20	0.78	10.21

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Para la evaluación de la dinámica se empleó la base de datos del Departamento de Investigación Forestal, que fue completada con series de datos de 85 parcelas permanentes cuyo seguimiento lo realizan directamente el propietario Reforestadora Industrial S.A. (REFINSA); con quienes se han coordinado algunas acciones encaminadas a constituirse como apoyo para el desarrollo de herramientas que faciliten la selección de especies según la calidad de los sitios.

No esta demás indicar que la complementación de estas bases de datos descritas en el párrafo anterior, permitió sustentar las ecuaciones matemáticas con mayor amplitud de tiempo; de tal forma que la muestra de plantaciones evaluadas van desde 2.9 años hasta 23 años de edad, en este rango las densidades van de 1280 al inicio, hasta 160 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 3.1 hasta 36.6 centímetros en promedio, con alturas dominantes que van de 2.4 metros, las cuales han llegado a 29.9 metros respectivamente.

La edad máxima de la muestra corresponde a 23 años, considerando que las plantaciones de REFINSA están propuestas para un turno de 25 años.

Con los registros detallados anteriormente, se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en los sitios evaluados mismos que se presentan en el cuadro 42.

Cuadro 42. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. caribaea* var. hondurensis en la Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -7.458911 * (1/T - 0.1))	0.83
Diámetro (cm)	= Exp(2.673197 -5.545766/T + 0.056028*S -0.000142*N)	0.90
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.325956 -11.038033/T + 0.091341*S + 0.001634*N)	0.80
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(2.671109 -18.578108/T + 0.171615*S + 0.001541*N)	0.92
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 7.458911 * (1/T - 0.1))	0.83

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

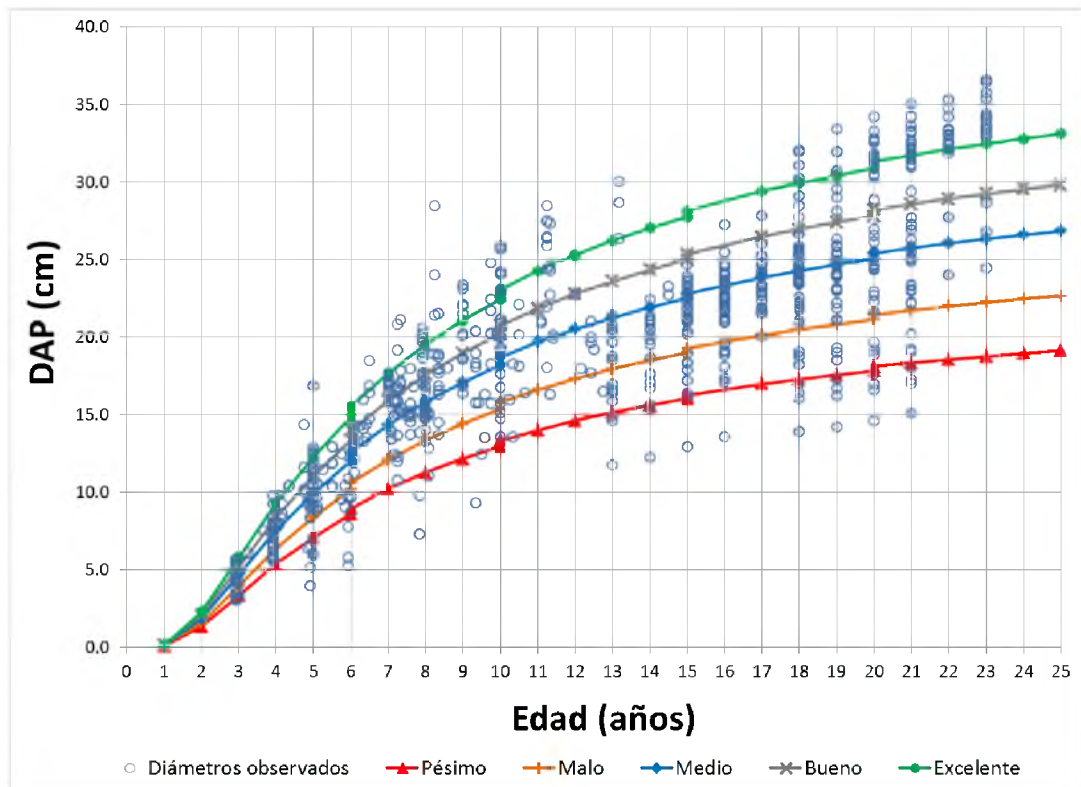
S = Índice de sitio

Para presentar la dinámica de crecimiento de *P. caribaea* se desarrollaron gráficamente los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 42, para el efecto, se estableció un perfil que en promedio similar al proporcionado en los sitios de evaluación.

El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto se reduce a 900 árboles/hectárea, esta permanece hasta el cuarto año, en donde se aplicó un raleo del 30% que provoca un remanente de 600 árboles/hectárea, posteriormente se aplica un raleo del 30% al año 10, dejando 400 árboles/ha que son nuevamente sometidos a una intervención del 30% al año 15, dejando 300 arbole/ha y finalmente, al año 20 se realizó un cuarto raleo que deja una plantación con 200 árboles /ha para la corta de realización o corta final.

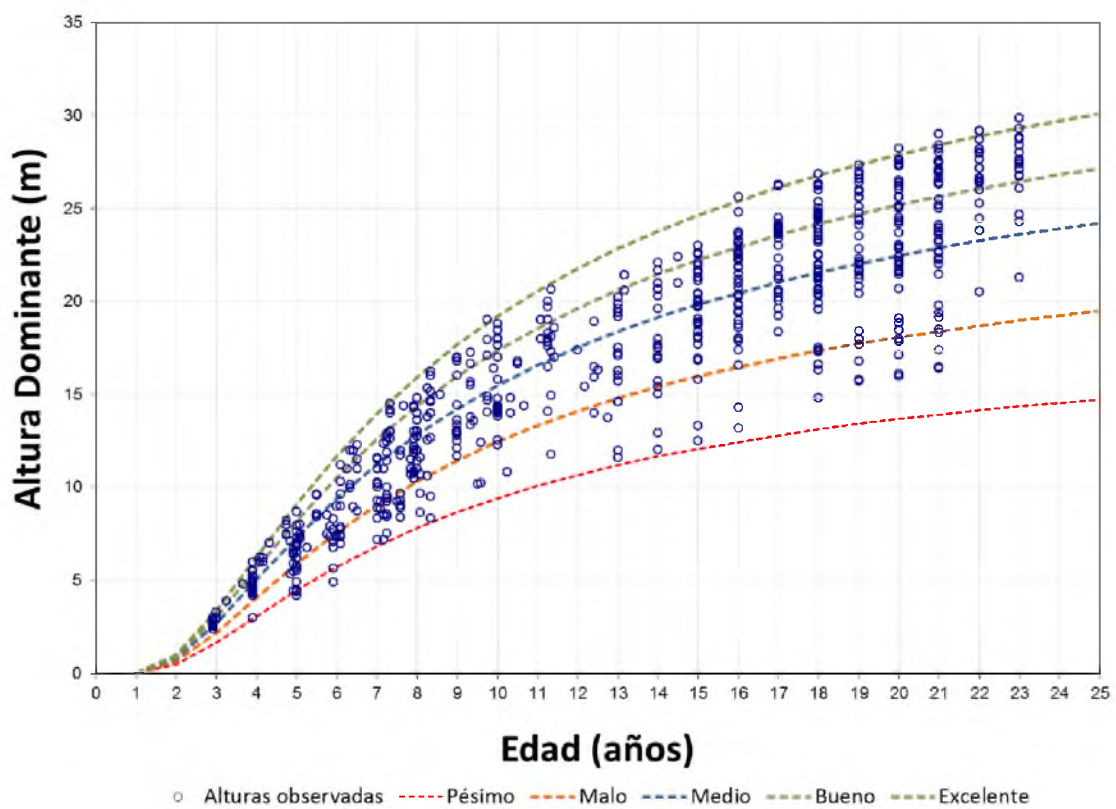
Una vez definido el perfil de manejo, se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 25 años de edad, que corresponde a la edad del turno que pretende REFINSA.

A continuación, se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *P. caribaea*; con los puntos correspondientes a las observaciones de campo de cada una de las variables, con el fin de establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



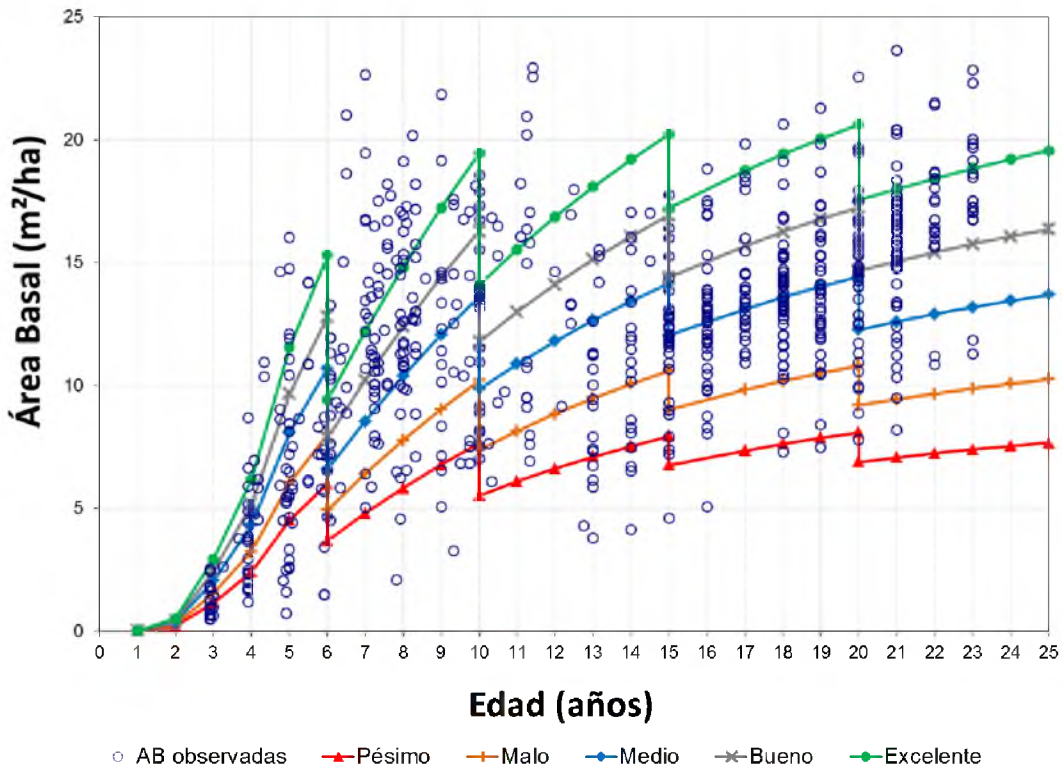
Gráfica 60. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



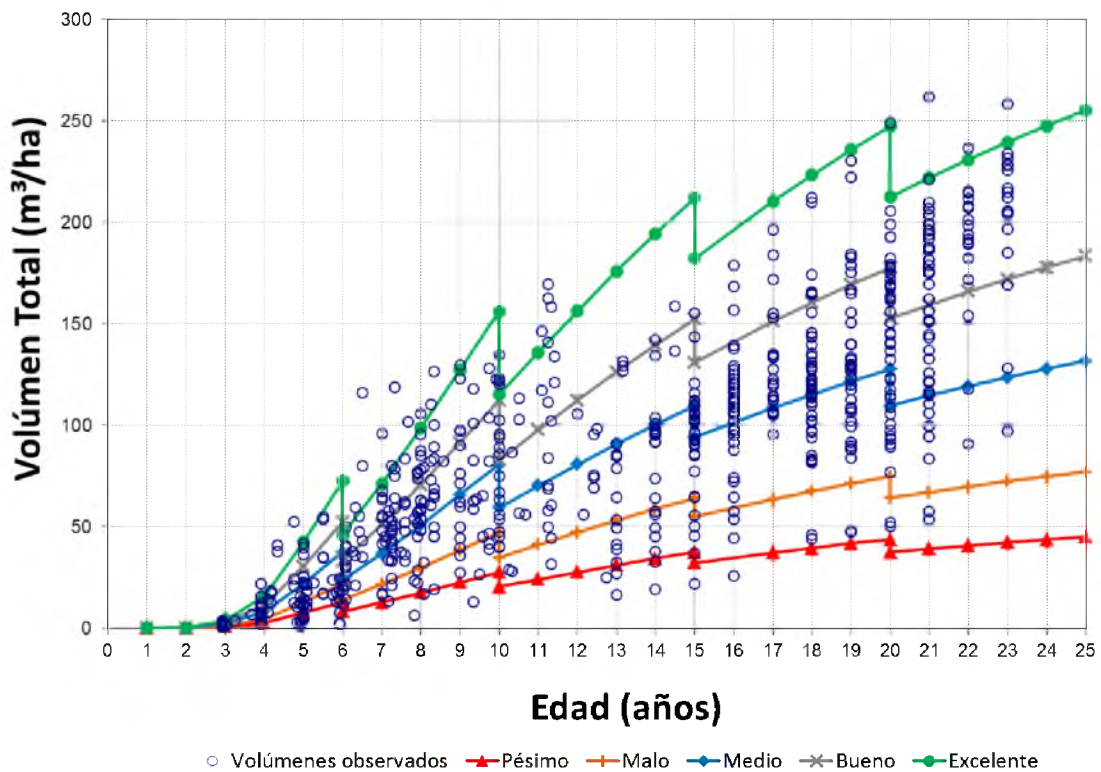
Gráfica 61. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 62. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 63. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Características que determinan el crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*:

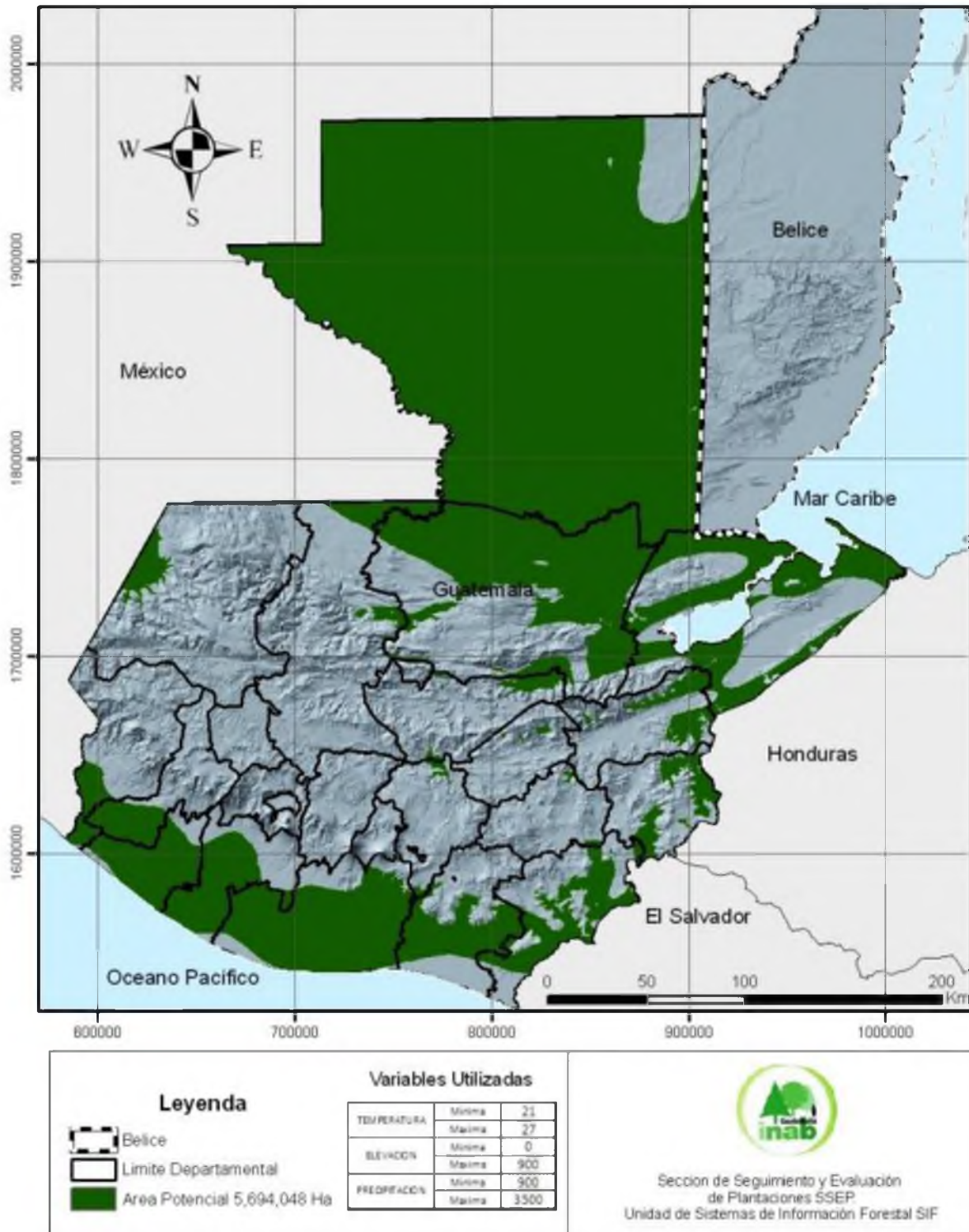
Cuadro 43. Principales características que determinan el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Tipo de Variable	Variable	Descripción
Fisiográficas	Elevación	De 330 a 800 msnm.
	Pendiente del terreno	De 0 a 45%
	Paisaje del terreno	Fondo plano a pendiente media.
	Pedregosidad externa	De 1 a 10%
	Inundación	Suelos con buen drenaje (libre)
Climáticas	Temperatura	De 22 a 25 °c
	Precipitación	De 1, 500 hasta 4500 milímetros anuales, prefiriendo el límite superior
Suelo	Compactación	Poca o ninguna en el suelo
	pH	De 4.50-6.70
	Cobre	Mayor a 20 meq/100g
	Zinc	Menor a 5.5ppm
	Hierro	Entre 0.01 y 2.00 ppm
	Fosforo	Menor a 10.5 ppm
	Bases intercambiables	Menor a 50 %
	Acides intercambiable	Menor a 16%
	Potasio	Menor a 1 meq/100 g
	Calcio	Mayor a 50 meq/100g.
	Manganeso	Menor a 30ppm
	Limo	Hasta 40%
	Materia Orgánica	Menor a 10%

Fuente: Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet), en plantaciones de 2 a 7 años, establecidas dentro del programa de incentivos forestales en diferentes regiones de Guatemala, Garcia (2008)

Mapa de distribución potencial para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*:

Mapa 6: Distribución potencial preliminar para la especie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.15 *Pinus maximinoi* H. E. Moore (**PINUMI**)

Nombre Común: Pino candelillo

Criterios para selección de sitio⁸:

En Guatemala, Vaides (2008) realizó un estudio a partir del cual se determinaron variables de sitio que son importantes de tomar en cuenta, al momento de decidir si un terreno es apto para plantar pino candelillo. Estas variables se analizaron de acuerdo a tres grupos de variables listados a continuación:

1. Variables fisiográficas,
2. Variables climáticas y
3. Variables de suelo.

Estas variables fueron evaluadas empleando como criterio al crecimiento y productividad del pino candelillo en una muestra representativa de plantaciones forestales de esta especie distribuida en el norte y el altiplano central de Guatemala, encontrando los resultados siguientes para cada variable.

Variables fisiográficas:

Altitud: se determinó que los mejores sitios para plantar esta especie, corresponden a terrenos ubicados entre los 900 a 1500 metros sobre el nivel del mar. Plantaciones en estas elevaciones presentan crecimientos y productividades medios y altos.

Pendiente del terreno⁹: Se pudo determinar que sitios con crecimiento y productividad alta, se ubican en terrenos con pendientes por debajo de 30 %, y terrenos con crecimientos medios y bajos en terrenos con pendientes por entre 30% y 50 %. Los terrenos con productividad baja y deficiente se encuentran en terrenos con pendientes mayores de 55 %. En la muestra evaluada se ubican plantaciones en pendientes desde 5 hasta 70 %.

Inundación: el pino candelillo es una especie que no soporta la inundación durante periodos largos de tiempo, principalmente donde se acumula agua por más de 2 veces por año.

La posición topográfica, la pedregosidad superficial y la ocurrencia de vientos no presentaron alguna diferencia en cuanto al crecimiento y productividad del pino candelillo, en las parcelas evaluadas.

Variables climáticas:

Temperatura: los sitios con productividad alta se encuentran bajo temperaturas entre los 18 y 22 ° C. Debe considerarse que esta variable varía con respecto de la altitud y zona de vida dentro del país. La muestra de plantaciones evaluadas se ubicó entre los 17.5 y los 25 ° C de temperatura promedio anual.

Precipitación: Los sitios de productividad alta se encontraron dentro de una precipitación por arriba de los 2000 mm anuales. La muestra de plantaciones evaluadas se ubicó entre los 1400 a 3000 mm de precipitación anual.

⁸ Tomado del documento inédito de INAB (INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2012. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 23 p.)

⁹ Es importante mencionar que como regla general se ha establecido que conforme se incrementa la pendiente del terreno, disminuye el crecimiento y la productividad

Variables físicas y químicas de suelo:

Profundidad efectiva: se determinó que a medida que disminuye la profundidad efectiva, reduce la productividad de los sitios. Por consiguiente con menos a 50 cm los sitios demuestran baja productividad.

Compactación: se pudo encontrar en la evaluación, que a medida que los terrenos son compactados tienden a disminuir el crecimiento del pino candelillo.

Con relación a las variables químicas del suelo, estas se determinaron a dos profundidades que fueron: i) la primer capa de 0 a 20 cm y ii) la segunda capa de 20 a 40 cm; los resultados se presentan a continuación.

Reacción del suelo (pH): esta variable resulto determinante para la productividad del sitio, encontrando que el pino candelillo se desarrolla mejor en sitios con valores de pH por debajo de 6.1. Para la segunda profundidad esta especie se desarrolla mejor en sitios con valores de pH inferiores a 6.7. Esto ratifica lo citado por la literatura que identifica a este género como especies que prefieren sitios con suelos ácidos.

Fósforo: se determinó que en ambas profundidades el aumento de fosforo en el suelo, disminuye la productividad de los sitios. Los mejores crecimientos se presentaron en sitios con menos de 1.25 ppm en el suelo en la primera capa de suelo (0 a 20 cm). Por otro lado, se encontraron crecimientos altos en suelos con valores menores a 0.5 ppm de fósforo en la segunda capa (20-40 cm).

Potasio: Los sitios con alta productividad se encontraron en suelos con valores menores a 140 ppm de contenido de potasio en la primer capa (0-20).

Para la segunda capa, los sitios con altas producción, fueron establecidos a partir de valores menores de 60 ppm de potasio en el suelo.

Calcio: se determinó que la productividad de un sitio disminuye a medida que aumenta el contenido de calcio en el suelo.

Los sitios con productividad alta se encuentran en suelos con menos de 10.5 mili equivalentes por 100 ml de solución de suelo (meq/100 ml) de calcio, en la primera profundidad

Para la segunda profundidad se encontraron las más altas producción en sitios con contenidos menores a 8.5 meq/100 ml de calcio.

Cobre: Es importante mencionar que los suelos evaluados presentaron un mayor contenido de cobre a medida que se incrementa la profundidad. También es importante destacar que la productividad disminuye con respecto al aumento de cobre en el suelo.

De esa cuenta, los sitios con alta productividad se encuentran en suelos con contenidos por debajo de 0.25 ppm en la primer capa. Para la segunda capa, los sitios de alta productividad se encuentran en suelos con valores por debajo de 1 ppm de cobre en el suelo.

Hierro: se determinó que la productividad disminuye con el aumento de hierro en el suelo.

Los sitios de mayor productividad se encontraron por debajo de 10 ppm, mientras que los de alta productividad, los sitios de alta productividad se encontraron en suelos por debajo de 13 ppm de hierro en el suelo.

Manganeso: a medida que incrementan el contenido manganeso en el suelo, disminuyen la productividad de los sitios para Pino candelillo.

Los sitios con alta productividad se encuentran en suelos con contenidos por debajo de 22 ppm de manganeso en la primer capa (0 a 20 cm); para la segunda capa, los estos sitios de alta productividad se encuentran en suelos con valores por debajo de 12 ppm de manganeso en el suelo y los sitios con productividades medias y baja con valores menores a 28 ppm.

Capacidad de Intercambio Catiónico –CIC-: en esta evaluación y de acuerdo a la literatura consultada, los sitios con mejor crecimiento y productividad, se encuentran en terrenos con suelos que presenten entre 20 y 30 meq/100 gr de suelo de CIC, donde los menores contenidos de las bases del suelo son aportadas por calcio y magnesio.

Saturación de bases del suelo: esta especie se desarrolla de mejor forma en suelos con porcentajes de saturación de bases bajas, entre 5% y 40%, enfatizando que la especie es referida como acidofila, prefiriendo suelos con pocas bases, que van de 4 a 6.7 de pH.

En lo que respecta a la textura del suelo, la especie se encuentra plantada en sitios con suelos que van de franco a franco arcillosos, pero no se encontraron diferencias significativas que asocien la productividad a alguna textura específica.

Criterios para plantación ¹⁰

a) Selección de la semilla:

Generalmente se colectan en su área de distribución natural, tales como las Verapaces, en el norte del país, San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y San Raymundo en la región central del país. Se recomienda recolectar semillas principalmente de árboles vigorosos, sanos y bien conformados, que deben de estar aislados de otros de mala forma.

En el éxito de los proyectos de reforestación influye significativamente la elección del buen material genético, por lo que se hace necesario obtener la semilla de fuentes certificadas, con el fin de garantizar buenos productos en el largo plazo. En Guatemala, existen regentes forestales que cuentan con la capacitación y el aval del -BANSEFOR- para la certificación de fuentes semilleras.

La maduración de los conos es de diciembre a marzo, por lo que posterior a esta fecha se debe de efectuar la cosecha. Los frutos se colectan directamente del árbol, el cual debe ser escalado con equipo apropiado.

Se reportan de 55,000 a 74,000 semillas por Kg, con un promedio de 40 semillas por cono. La producción por árbol es baja y regularmente se producen 120 conos por árbol anualmente, lo que da un rendimiento promedio de 0.25 a 0.50 Kg, de semilla por árbol.

b) Producción de plantas:

El método comúnmente utilizado para la producción de plantas es el de reproducción sexual a través de la semilla. La siembra directa no se recomienda, debido al bajo prendimiento y crecimiento inicial, por lo que se elaboran viveros.

¹⁰ Tomado del documento inédito de INAB (INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2012. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo, Guatemala. Guatemala, Guatemala, INAB. 23 p.)

Generalmente se ponen a germinar las semillas en un semillero aéreo o terrestre y posteriormente se trasplantan a recipientes, siendo el más utilizado la bolsa plástica de color negro (polietileno), aunque en los últimos años se han empleado contenedores (bandejas o tubetes), colocándose la semilla directamente en cada una de las cavidades; colocando de 2 a 3 semillas por cavidad, dependiendo del porcentaje de germinación del lote de semilla.

Se recomiendan tratamiento pregerminativo como el remojo en agua, a temperatura ambiente, de 12 a 18 horas, previo a la siembra. La germinación inicia a los 7 días de sembrada la semilla y finaliza a los 24 días en promedio.

La especie requiere de un período en el vivero, que va de 4 a 6 meses, antes de la plantación, para tener las plántulas entre 20 y 30 cm de altura, dependiendo del recipiente donde se produzca la planta.

c) Preparación del área a plantar:

Se recomienda una limpieza total del terreno, a fin de proporcionar luz a los árboles en su etapa inicial, para el efecto se elimina toda la vegetación arbustiva, residuos de árboles caídos entre otros. En varias reforestaciones se ha empleado el fuego después de la limpieza, porque facilita la plantación y es efectivo para la eliminación de residuos vegetales y algunas plagas como roedores, ofreciendo además un bajo costo para el efecto.

En sitios que presentan algún grado de compactación se pueden efectuar labores del suelo como el arado o subsolado, aunque también se han implementado agujeros grandes para remover el sustrato donde se establecerá la raíz inicial en el establecimiento. En suelos con problemas de drenaje, al cual es susceptible el pino, es necesario implementar estructuras que permitan eliminar permanentemente el exceso de agua en el suelo.

d) Plantación:

El objetivo principal de las plantaciones con pino candelillo es la producción de madera para aserrío, por lo que es necesario definir una densidad inicial adecuada.

Por lo regular se utilizan espaciamientos de 3.0 x 3.0 metros, al cuadro, con lo cual se garantiza un número de plantas adecuado para la selección de árboles remanentes a la cosecha final, donde se pretende llegar con un número entre 150 y 250 árboles por hectárea, dependiendo de la productividad del sitio forestal.

Con la finalidad de facilitar algunas labores culturales de mantenimiento se han establecido varias plantaciones con distanciamientos de 3.0 x 4.0 metros o 2.5 x 4.0 metros, permitiendo de esta manera mecanizar entre otras, las limpiezas.

El momento recomendado para efectuar la plantación es a inicios de la época lluviosa, (en junio principalmente) con el fin de garantizar un mayor tiempo de humedad para las plantas y así garantizar un buen prendimiento.

De ser necesario replantar, se recomienda que se haga cuando la plantación presente menos del 80% de prendimiento y no debe de hacerse después de un año del establecimiento, para que ésta sea homogénea.

Se recomienda plantar pino candelillo en plantaciones puras, por ser una especie heliófita¹¹ que compite por luz. Esta especie se ha plantado en asocio con otras especies tales como Encino (*Quercus sp.*), Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua L.*) y Ciprés (*Cupressus lusitanica Mill.*).

En los primeros años, se han tenido buenos resultados cuando se implementa el sistema "Taungya", asociando la plantación con maíz (*Zea mays L.*) durante los primeros dos o tres años, para ayudar a mantener la plantación libre de malezas.

e) Labores culturales

Se ha determinado que los mejores crecimientos se obtienen cuando se efectúan 3 limpiezas en el primer año, al menos dos limpiezas en el segundo y tercer año y al menos una limpieza los siguientes años.

Otra labor cultural importante es el plateo, que consiste en eliminar la competencia directa más cercana a la planta, alrededor del árbol. Se han observado plantaciones con plateo de 1 metro de diámetro con buenos resultados en los primeros años, principalmente en aquellos sitios donde el crecimiento de las malezas es agresivo.

Es importante mencionar que la presencia de trepadoras o enredadoras (bejucos) ocasionan daños irreversibles al fuste de los árboles, por lo que hay que eliminarlas previo a que inicien por agobiar a las plántulas.

En sitios con buen crecimiento se obtiene una cobertura de copas alta luego del tercer año, reduciendo la presencia de malezas y por consiguiente la frecuencia para efectuar limpiezas. En sitios con bajo crecimiento es necesario mantener limpiezas periódicas para eliminar la competencia por nutrientes a los árboles de pino.

f) Prácticas silvícolas intermedias

Las principales prácticas silvícolas son los raleos y las podas, la falta de estas prácticas tiene un efecto negativo sobre la calidad de los productos. Cabe resaltar que son indispensables las podas de formación.

Como regla general se recomienda efectuar la primera poda después de efectuar el primer raleo, es indispensable considerar para decidir podar que mientras más grandes y gruesas sean las ramas, más trabajo llevará cortarlas, además que estas dejan una marca más grande en el fuste.

De acuerdo a las experiencias en el norte del país, los cortes realizados para eliminar ramas más grandes, toman más tiempo para cicatrizar o curarse, causando generalmente algunas deformaciones en el fuste principal.

Para que un árbol no disminuya en gran cantidad la copa, se recomienda que la poda no exceda las dos terceras partes de la altura total del árbol. Por regla general sería ideal que se eliminen las ramas hasta la mitad de su altura total, con la finalidad de mantener un equilibrio en el anclaje del árbol, además de dejar el suficiente material vegetativo, para la absorción de energía para su alimentación.

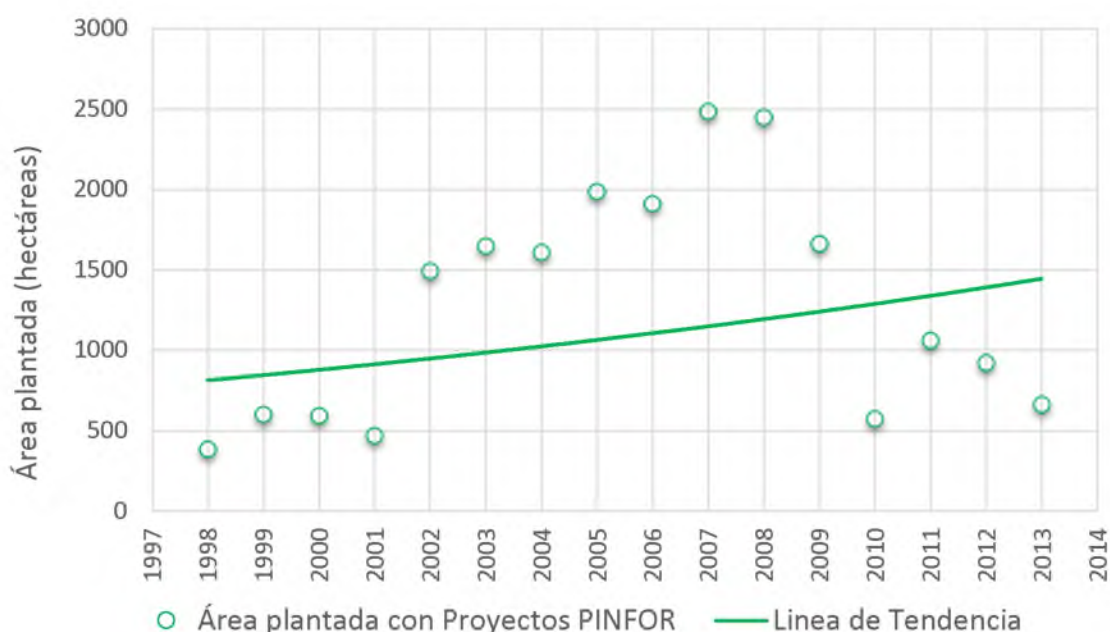
Para el tema de raleos, algunas experiencias exitosas mencionan dos momentos oportunos para efectuar el primer raleo en plantaciones de pino:

¹¹ Cualquier especie de planta que requiere de plena exposición a la luz solar para vivir y desarrollarse y por lo tanto son absolutamente intolerantes a la sombra, motivo por el cual las encontramos creciendo solamente en áreas descubiertas

1. En plantaciones que se establecieron a un distanciamiento inicial de 2 x 2 metros (2.500 árboles/hectárea) se recomienda raleo el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance unos 4 a 5 metros de altura total promedio.
2. En plantaciones que se establecieron a un distanciamiento inicial de 3 x 3 metros (1.111 árboles/hectárea) se recomienda raleo el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance los 6 a 8 metros de altura total promedio.

Para la producción de madera de aserío habrá que realizar entre uno y dos raleos más, para llegar a la densidad final recomendable, que se calcula entre 150 y 250 árboles por hectárea, dependiendo de la calidad de sitio.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 895 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 20,513.82 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, en la gráfica 64 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo indicado, además, se agrega una línea tendencia que indica una tendencia positiva en cuanto a la preferencia por esta especie.



Grafica 64. Área plantada con *P. maximinoi* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación es positiva y aunque en la Gráfica 64 se observan los valores por año, que han incrementado un promedio de 1200 hectáreas de *P. maximinoi* a la cobertura nacional, también es interesante observar que los años 2007 y 2008 han sido los que mayor área se ha plantado esta especie, con valores cercanos a las 2500 hectáreas, que en su conjunto han hecho de *P. maximinoi* la especie de mayor preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación, por ocupar el puesto **número 1** en área plantada, de acuerdo con los registros del PINFOR.

En dicha base de datos, se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 74 municipios, sin embargo; se observa que los de mayor abundancia se concentra principalmente en 10 municipios de Alta Verapaz (San Pedro Carcha, Cobán, San Cristóbal Verapaz, Tactic, Senahú, San Juan Chamelco, Santa Cruz Verapaz, Tamahú, San Agustín Lanquín y San Miguel Tukurú), dicha concentración corresponde al 78.43 %

(equivalentes a 16,090.16 hectáreas). También es importante resaltar la abundancia en municipios como Purulhá, San Jerónimo y Salamá, en Baja Verapaz, así como los de Gualán, en Zacapa y San Agustín Acasaguastlán en el progreso; comparten áreas con condiciones para el establecimiento de plantaciones con esta especie, en el siguiente Cuadro, se presenta el detalle de área reforestada con *P. maximinoi* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipio de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 44. Área reforestada por municipio con la especie de *P. maximinoi* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
San Pedro Carcha	4941.37	San Martín Jilotepeque	23.3
Cobán	4397.24	San Miguel Pochuta	22.87
San Cristóbal Verapaz	3145.76	Guatemala	22
Purulhá	1150.37	Cunén	19.36
Tactic	922.25	Palencia	17.25
Senahú	779.72	Acatenango	16
San Jerónimo	655.5	Patzún	15.1
San Juan Chamelco	639.07	Barberena	15
Santa Cruz Verapaz	462.8	Zacapa	14.88
Tamahú	443.71	Cubulco	14.33
Gualán	353	San Francisco Zapotitlán	14
San Agustín Acasaguastlán	276.42	Mataquesuintla	13.23
San José Pinula	266.44	Tecpán Guatemala	13
Salamá	261.94	San Andrés Semetabaj	12.34
San Agustín Lanquín	188.13	Panajachel	11.99
San Miguel Tucurú	170.11	Zunil	10.6
Sansare	117.57	Quetzaltenango	9.91
Chicamán	104.33	San Andrés Itzapa	8.91
La Unión	82.76	Panzós	8.6
San Juan Sacatepéquez	76.06	Nebaj	8.34
San Juan Cotzal	69.66	Casillas	8.26
Usumatlán	66.68	San Gaspar Chajul	7.2
Nentón	55.52	San Juan La Laguna	6.16
Santa Lucía Cotzumalguapa	55.32	Fraijanes	5.75
Chimaltenango	46.65	Rabinal	5.03
San Rafael Pie De La Cuesta	45.28	San Pedro Yepocapa	5
San Pedro Sacatepéquez, Guatemala	45.14	Villa Canales	4.66
El Palmar	44.85	Chiantla	4
Granados	41.92	Zumpango	3.6
San Miguel Uspantán	41.91	Jocotenango	3
San Miguel Dueñas	41.57	Mixco	2.1
Pastores	35.21	Concepción Huista	2.04
Colomba Costa Cuca	34.74	Villa Nueva	1.35
Morazán	28.37	Chiche	1.31
San Felipe	25.68	Chinautla	1.29
Santa Cruz El Chol	24.52	San Juan Comalapa	0.8
Olintepeque	23.36	Malacatancito	0.33
Total General 20,513.82			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

P. maximinoi, es una especie que ha sido evaluada en 18 municipios ubicados en 9 departamentos del país, tal como se presenta en el Cuadro 45. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 105 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 453 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Índice de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad, ubicando al promedio de Índice de Sitios a los municipios evaluados, tal como se muestra en el Cuadro 45 a continuación.

Cuadro 45. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de Sitio para la especie de *P. maximinoi* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	13.00	Malo
	San Pedro Carcha	15.78	Medio
	Tactic	16.59	Bueno
	Cobán	16.71	Bueno
	Senahú	18.99	Bueno
Baja Verapaz	Salamá	10.66	Malo
	Purulhá	11.02	Malo
	Granados	11.03	Malo
	Santa Cruz El Chol	14.62	Medio
	Rabinal	17.18	Bueno
Chimaltenango	Chimaltenango	13.12	Malo
El progreso	San Agustín Acasaguastlán	15.07	Medio
	Morazán	15.77	Medio
Jalapa	Jalapa	19.06	Excelente
Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	17.75	Bueno
Quiche	Chicamán	13.67	Medio
Sacatepéquez	Pastores	16.12	Medio
Sololá	San Andrés Semetabaj	12.87	Malo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 45, se observa que el municipio de Jalapa (específicamente en condiciones de la Finca las Mercedes a una edad de 11 años) evaluado a través de una PPMF, se encuentra la mejor productividad para esta especie, debido a que presenta un promedio de Índice de Sitio de 19.06 metros; es importante notar el índice de Sitio de Senahú (bajo condiciones de la Comunidad Setzimaj), que fue el mejor sitio para *P. caribaea* y que para *P. maximinoi* está inmediato al sitio excelente.

Nota: es importante resaltar que la categoría de excelente para Jalapa fue determinada a través de una sola parcela, y aunque proporciona un parámetro de comparación con otros sitios, no es completamente representativo del municipio por lo cual el resultado debe manejarse con precaución.

Otro caso importante de mencionar es el del municipio de San Cristóbal Verapaz, con poca representatividad de parcelas que aunque lo sitúan en una calidad mala, cuenta con mejores sitios con mejores crecimientos.

Por otro lado son 6 los municipios que se encuentran dentro de la categoría de Índice de Sitio de Mala, de los cuales la mitad corresponde al Departamento de Baja Verapaz (finca La Cascada, Rogelio Peláez y Edgar Cuellar en Salamá; Finca Civija en Purulhá, y

finca San Antonio en Granados), y los otros tres se encuentran en Sololá (finca La Lucha en San Andrés Semetabaj), Chimaltenango (finca finca Don Tomas en San Martín Jilotepeque) y Alta Verapaz (finca El Naranjo, San Cristóbal Verapaz).

En cada escenario de productividad corresponden promedios de crecimiento o bien Incremento Medio Anual (IMA); para el efecto, se presentan a continuación en el cuadro 46 los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *P. maximinoi* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie, este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 46. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *P. maximinoi* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Area Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (8.18)	1.10	0.69	0.73	3.07
Malo (11.65)	1.34	0.98	1.03	5.79
Medio (15.12)	1.63	1.27	1.46	10.92
Bueno (18.26)	1.94	1.54	2.01	19.37
Excelente (21.40)	2.31	1.80	2.76	34.37

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 105 Parcelas Permanentes de *P. maximinoi*, distribuida a nivel nacional en 19 municipios ha registrado la dinámica de plantaciones evaluadas a partir de 1.9 años hasta 15 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 1700 al inicio, hasta 180 árboles/ha en las edades más avanzadas con diámetros (DAP) que van de 2.2 hasta 35.2 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 0.9 m y que han llegado a 27 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en los sitios evaluados y que son presentados a continuación en el cuadro 47.

Cuadro 47. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. maximinoi* en la Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -6.96328 * (1/T - 0.1))	0.83
Diámetro (cm)	= Exp(2.853221 -5.94932/T + 0.055943*S -0.000218*N)	0.90
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.91575 -11.592777/T + 0.100823*S + 0.000843*N)	0.82
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(3.160695 -18.203956/T + 0.182736*S + 0.000775*N)	0.90
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 6.96328 * (1/T - 0.1))	0.83

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 46)

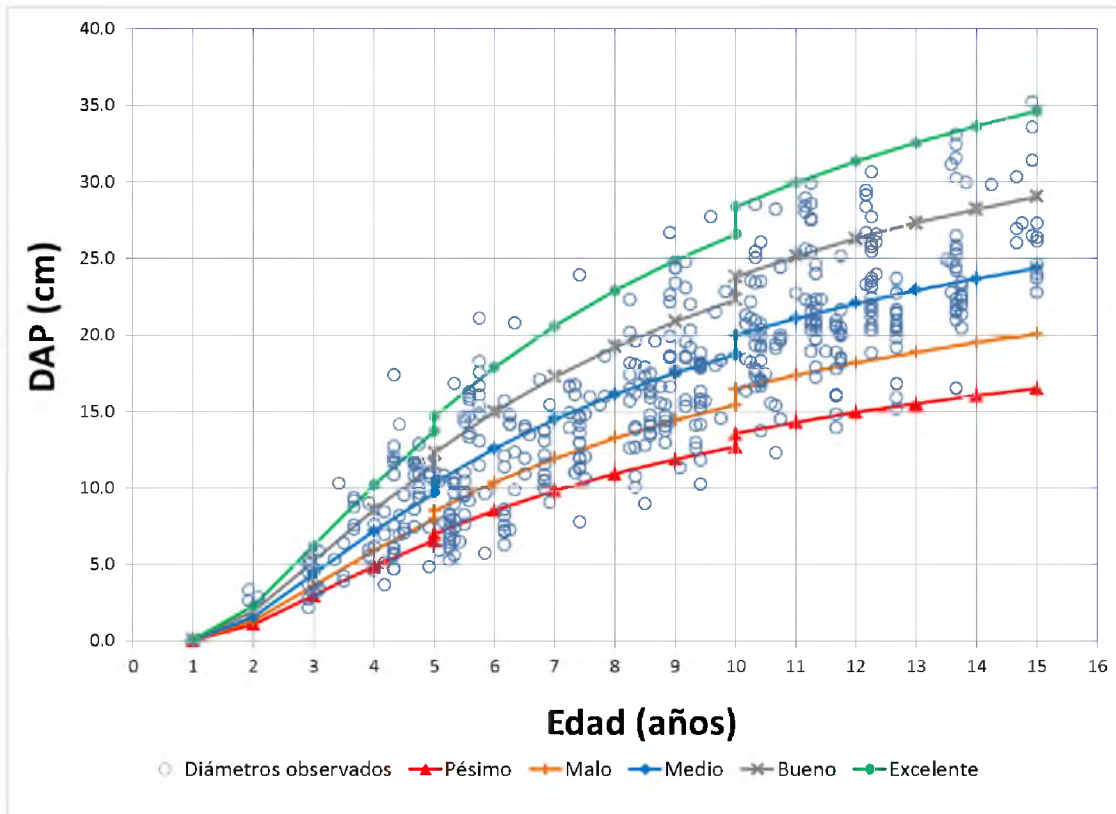
Para presentar la dinámica de crecimiento de *P. maximinoi* se desarrolló gráficamente los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 47, para el efecto, se estableció un perfil que en promedio represente al proporcionado en los sitio de evaluación.

El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial correspondiente a 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto presenta alrededor de 1100 árboles/hectárea, que permanecen hasta el quinto año, en donde se aplicó un raleo del 30% que provoca un remanente de 800 árboles/hectárea, posteriormente se aplica un raleo del 40% al año 10, dejando 500 árboles/ha.

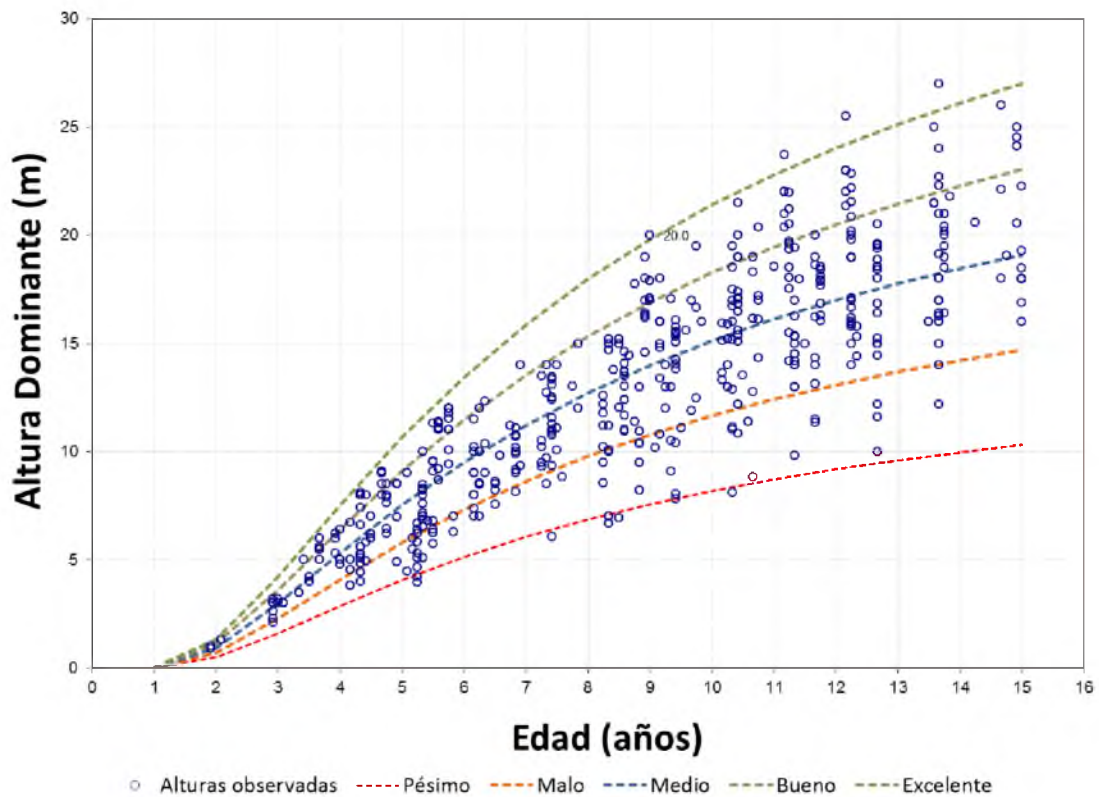
Es importante resaltar que dentro de la muestra se registró como uno de los mejores sitios (categoría excelente) la finca Samac en Cobán, con regímenes de manejo intensivo que a los 15 años cuentan con un promedio de 200 árboles/ha que están siendo destinados para la corta final, por lo que se hace nuevamente la aclaración de que los cálculos fueran realizados con un perfil de manejo, similar al de los sitios evaluados.

Una vez definido el perfil de manejo, se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 15 años de edad, que corresponden a la mayor edad observada en las PPMF.

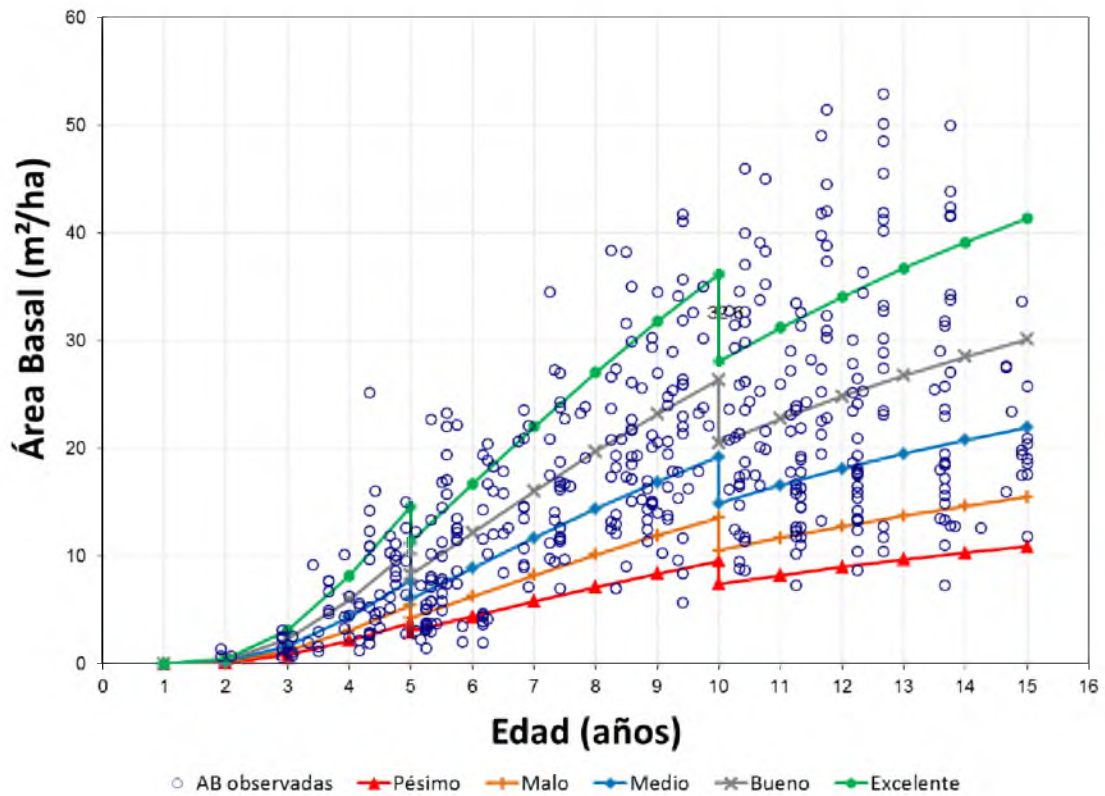
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *P. maximinoi*; agregando además, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



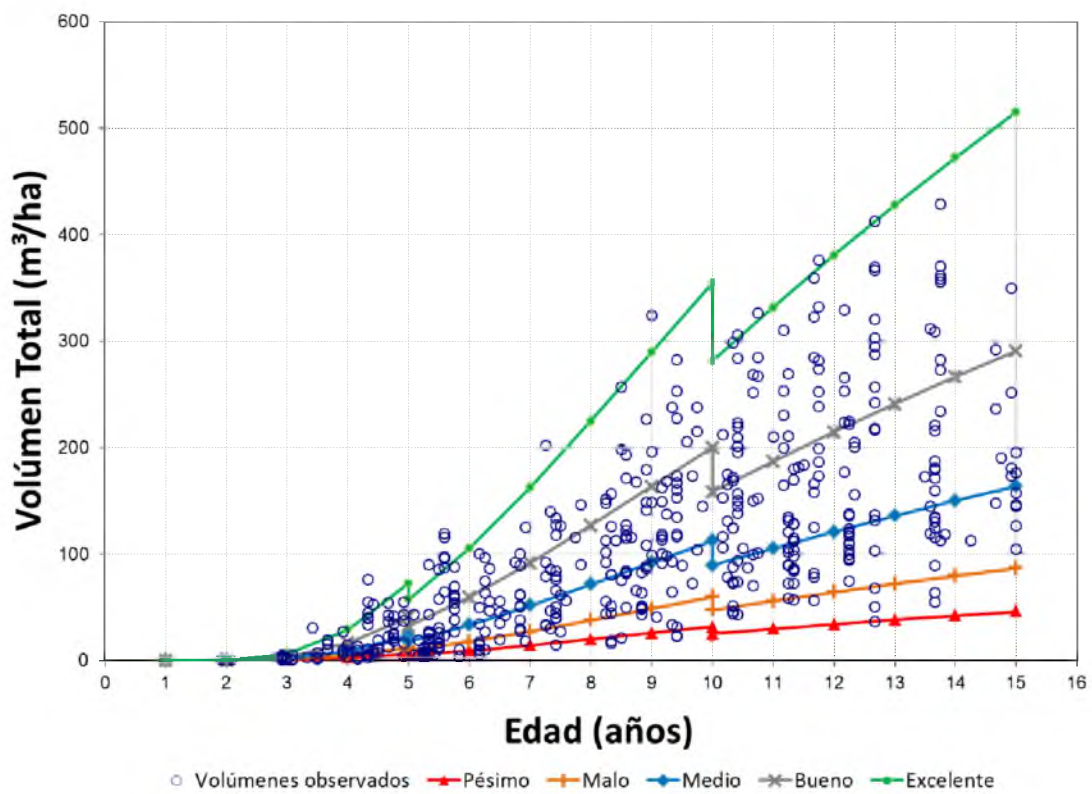
Gráfica 65. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pinus maximinoi*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 66. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pinus maximinoi*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 67. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Pinus maximinoi*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 68. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Pinus maximinoi*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Características que determinan el crecimiento y productividad de *Pinus maximinoi*:

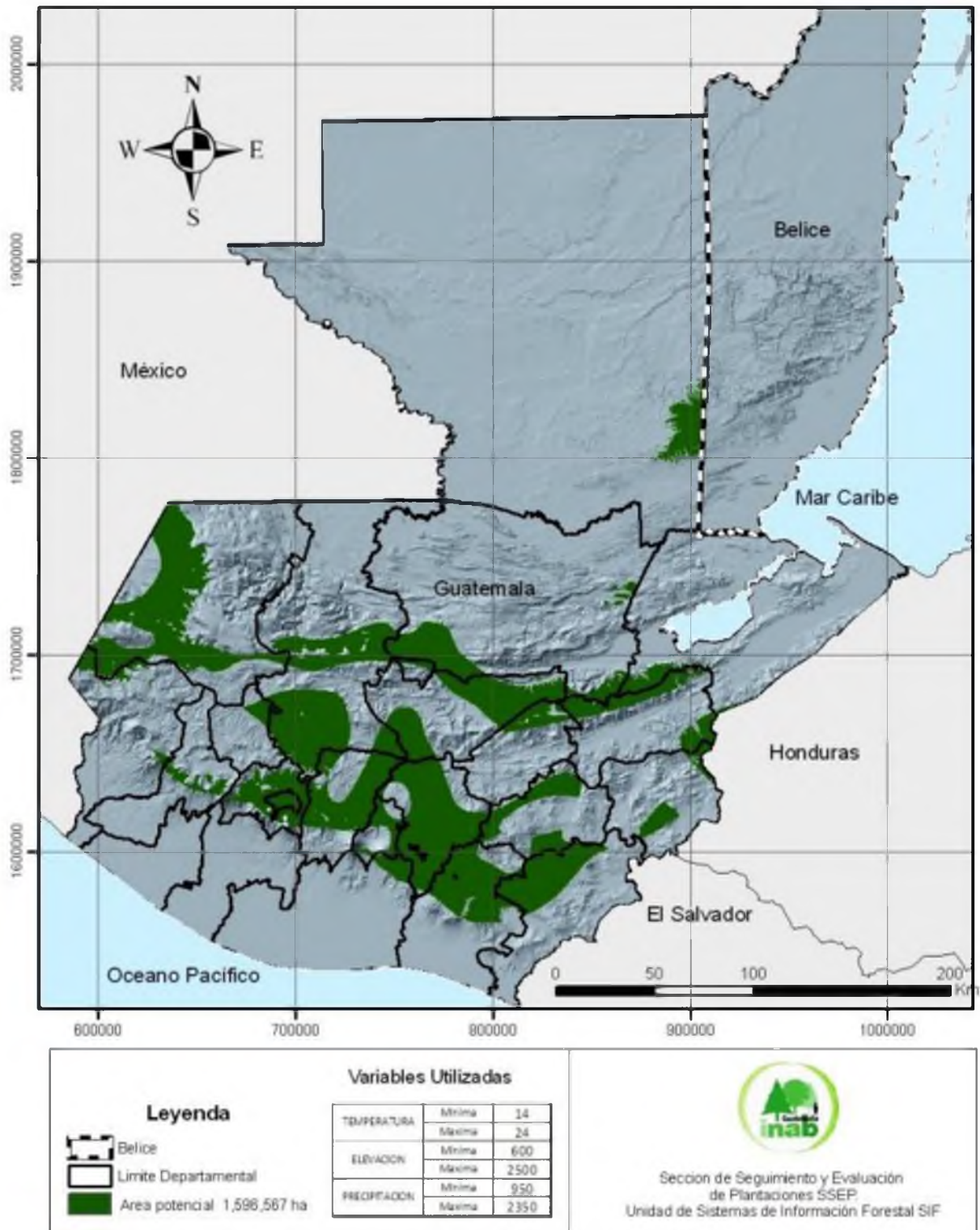
Cuadro 48. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad para la especie de *Pinus maximinoi*

Tipo de Variable	Variable	Descripción
Fisiográficas	Elevación	De 900 a 1500 metros sobre el nivel del mar
	Pendiente del terreno	Menor a 43 %
	Pedregosidad externa	No tiene influencia en el crecimiento y productividad.
	Inundación	Que no se inunde por períodos largos de tiempo o que tengan buen drenaje
Climáticas	Temperatura	18 a 22 grados centígrados de promedio anual
	Precipitación	Mayor a 2000 mm anuales
Suelo	Compactación	Poca o ninguna en el suelo
	Saturación de bases	5 a 40 %
	ph	< a 6.7
	CIC	20 y 30 meq/100gr ² de suelo
	Fosforo	
	Potasio	< a 1.25 ppm en el suelo
	Calcio	< a 1.40 ppm en el suelo
	Cobre	< a 10.5 meq/100ml
	Hierro	< a 1ppm en el suelo
	Manganeso	< a 13 ppm en el suelo

Fuente: Selección de sitios para el establecimiento de Pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) en Guatemala, Vaides (2008)

Mapa de distribución potencial para la especie de *Pinus maximinoi*:

Mapa 7: Distribución potencial preliminar para la especie de *Pinus maximinoi*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.16 *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. (PINUOO)

Nombre Común: Pino colorado o Pino de ocote

Descripción¹²:

La madera es de gran versatilidad y puede usarse en construcción en general (pisos, paredes interiores, puertas, marcos de ventanas), postes de conducción eléctrica, pilotes, durmientes (tratados), cajas, embalajes, molduras, decoración, chapas, contrachapado, juguetes, artesanías, artículos deportivos y mueblería. También se utiliza como leña, de la resina se obtienen productos como el aguarrás y la calofonia, sustancia sólida utilizada como materia prima para otros productos, como cosméticos.

En condiciones naturales se ha encontrado en altitudes desde 200 hasta 2500 msnm, pero alcanza su mejor desarrollo de 600 a 1800 msnm. En su ambiente natural las temperaturas son de 13 a 23°C y las precipitaciones de 650- 2000 mm, con una época seca de 5-6 meses, ocasionalmente se le encuentra en áreas donde la precipitación alcanza los 3000mm, es una especie pionera que se adapta a diferentes tipos de suelo, erosionados e infértiles, delgados, arenosos, pedregosos y accidentados, de ácidos a neutros (4.5-6.8), pero con buen drenaje. Alcanza su mejor desarrollo en suelos profundos y donde la precipitación anual supera los 1200 mm.

Plantación:

Normalmente se utilizan plantas en bolsa. Se usan espaciamientos, de 3x3 m en plantaciones puras y más amplias en sistemas de árboles con cultivos. En plantaciones para pulpa o leña, se han utilizado espaciamientos de 2.5.x2.5 m. Al momento de plantar, es recomendable una aplicación de fertilizante de fórmula completa alta en fósforo (10-30- 10, 12-24-12), en dosis de 50-75 gramos por árbol, aplicado al fondo del hoyo.

Manejo:

Crece lentamente al inicio, por lo que el control de malezas es fundamental durante los 2-3 primeros años. La especie no presenta buena autopoda, por lo que en plantaciones para aserrío es necesario podas para mejorar la calidad del fuste.

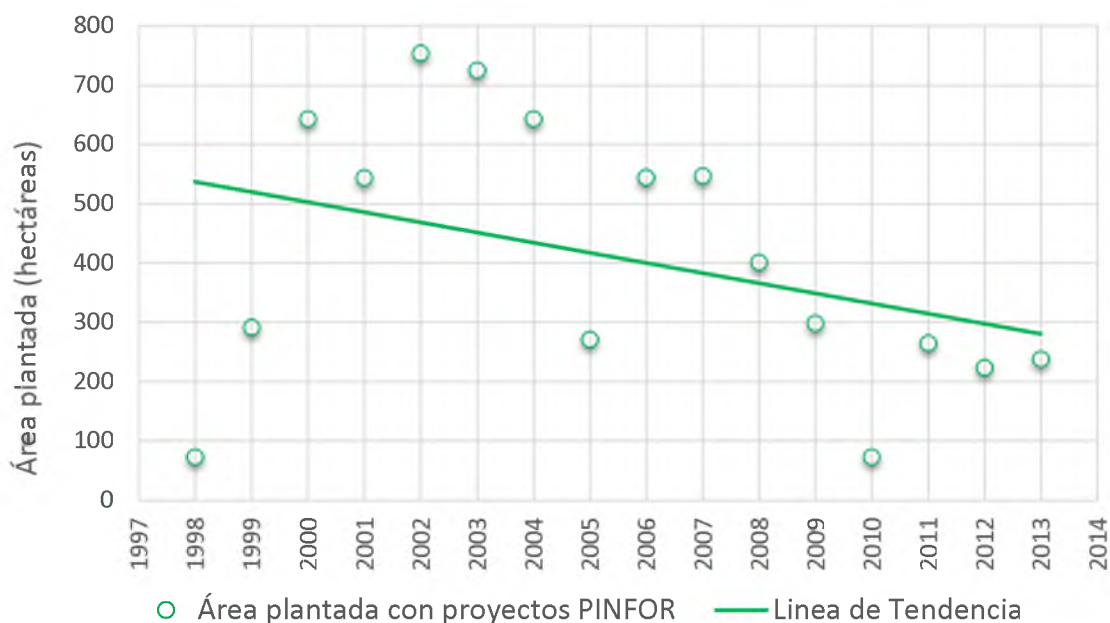
Para producción de madera, se sugiere una poda hasta los 2.5 m, 5 m, 7.5 y 10m cuando el rodal alcanza una altura media de 6 m, 9 m, 12 m y 15 m respectivamente. Este sistema se puede modificar para alcanzar los 10m en sólo tres intervenciones. Se recomienda un primer raleo de saneamiento al momento del cierre del dosel, normalmente entre los 6 y 8 años de edad, y raleos posteriores de 35-50% cada 5-6 años, para terminar con los 250-400 mejores árboles por hectárea.

Madera:

La madera es moderadamente pesada (0.42-0.60 g/cm³), de textura fina, brillo mediano a alto. Muestra una ligera diferencia entre la albura, de color amarillo cremosos, y el duramen, de color café pálido. El veteado es pronunciado debido a que los anillos de crecimiento son típicamente visibles. Presenta un olor característico (debido a la resina) pero no sabor. Es fácil de secar, aserrar y trabajar, y se puede preservar por cualquier método. El duramen es moderadamente resistente a la pudrición blanca y café, es resistente al ataque de termitas y soporta la intemperie, no así la albura.

¹² Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE, 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp.)

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 364 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 6,536.19 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, en la gráfica 70 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el tiempo indicado, además, se agrega una línea que ha venido en detrimento en cuanto a la preferencia por establecer proyectos de reforestación con esta especie.



Gráfica 69. Área plantada con *P. oocarpa* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB.

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación ha venido en detrimento, sin embargo, es importante mencionar que en promedio se ha venido plantando por año un promedio de 400 hectáreas de *P. oocarpa* a la cobertura nacional, también es interesante observar que la mayor cantidad de área plantada por año se registró en los años 2002 y 2003, con valores cercanos a las 750 hectáreas, que a comparación de otras especies que han conseguido más de 2000 hectáreas al año, esta especie no es tan preferida; a pesar de ello el área plantada con *P. oocarpa* ocupa **sexto** lugar en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación, de acuerdo con los registros del PINFOR.

En dicha base de datos se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 72 municipios, sin embargo; la peculiaridad de esta especie se encuentra creciendo en municipios del sur oriente del país, caracterizados por recibir poca precipitación y presentar suelos poco profundos, muchas veces con condiciones limitantes de pedregocidad condiciones de sitio comúnmente asociadas a la aridez, como lo son Sansare, La Unión, Río Hondo, Morazán, Quezada, entre otros.

La mayor concentración de esta especie se encuentra en el municipio de Purulhá, Baja Verapaz, pero también se ubican coberturas significativas en varios municipios de Alta Verapaz, Zacapa y Chiquimula.

En el Cuadro 49 se presenta el detalle de área reforestada con *P. oocarpa* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipio de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 49. Área reforestada por municipio con la especie de *P. oocarpa* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
Purulhá	1413.58	Moyuta	35.83
Cobán	590.38	San Agustín Acasaguastlán	34.24
Santa Cruz Verapaz	413.85	Tactic	34.00
Salamá	317.18	Rabinal	30.46
Jalapa	265.51	Guanagazapa	28.76
San Cristóbal Verapaz	257.47	Jocotán	27.30
San Jerónimo	215.59	Casillas	25.73
Escuintla	188.95	Santa María Ixhuatán	24.38
San Miguel Tucurú	185.78	Guatemala	20.37
San Agustín Lanquín	172.7	San Juan Alotenango	20.00
San Pedro Pinula	161.14	San Jacinto	17.76
Sansare	150.8	Santa Rosa De Lima	16.81
Chinautla	127.51	San Juan Cotzal	14.59
La Unión	122.78	San Rafael Las Flores	13.97
Panzós	113.07	Conguaco	13.39
San Pedro Carcha	102.48	San Martín Jilotepeque	10.50
Río Hondo	98.26	Palencia	9.96
Morazán	88.18	Chimaltenango	8.85
Santa María Cahabón	85.5	Guastatoya	7.79
Gualan	82.12	Jutiapa	7.50
Olopa	79.85	Granados	6.92
Zacapa	76.38	Palín	5.06
Sanarate	72.5	El Quetzal	5.00
Senahú	70.83	San Sebastián Huehuetenango	4.50
Chiquimula	70.01	Santa Bárbara	3.88
Pueblo Nuevo Viñas	69.11	Nentón	3.69
Cuilapa	63.24	San Vicente Pacaya	3.51
San Raymundo	61.42	La Libertad, Huehuetenango	3.41
San Cristóbal Acasaguastlán	54.11	Santa Cruz El Chol	2.96
Mataquesuintla	51.12	Tecpán Guatemala	2.00
Esquipulas	50.01	Cubulco	1.64
Oratorio	47.28	San Marcos	1.28
Tamahú	45.00	Malacatancito	1.00
Quezada	44.93	San Cristóbal Cucho	1.00
Barberena	41.91	Sacapulas	0.75
Momostenango	36.18	Esquipulas Palo Gordo	0.69
Total General 6536.19 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

P. oocarpa es una especie que ha sido evaluada en 14 municipios ubicados en 9 departamentos del país, tal como se presenta en el Cuadro 50. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 105 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 453 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados a través

del Índice de Sitio, ubicando al promedio de estos a los municipios evaluados, tal como se muestra en el Cuadro 50 a continuación.

Cuadro 50. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de Sitio para la especie de *P. oocarpa* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Santa Cruz Verapaz	11.23	Malo
Baja Verapaz	Purulhá	12.49	Medio
	Salamá	11.61	Medio
	Granados	10.48	Malo
	San Jerónimo	8.00	Malo
	Rabinal	7.89	Malo
Chiquimula	Chiquimula	15.11	Bueno
El Progreso	Morazán	12.68	Medio
Escuintla	Escuintla	15.32	Bueno
Guatemala	Chinautla	14.82	Bueno
Jalapa	Jalapa	13.79	Medio
Jutiapa	El progreso	12.48	Medio
Santa Rosa	Cuilapa	12.28	Medio
	Santa María Ixhuatán	10.00	Malo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 50, se observa que los municipios de Escuintla, Chinautla y Chiquimula es donde *P. oocarpa* cuenta con las mejores condiciones de sitio para su crecimiento, de acuerdo con la ubicación de las PPMF evaluadas, puesto que presenta un promedio de Índice de sitio mayor a 14.52 metros. Aunque el promedio de Índice de Sitio no ubica a estos municipios dentro de la categoría de Excelente, es importante mencionar que varias parcelas ubicadas en las plantaciones evaluadas en los municipios de Escuintla y Chinautla, presentan índices de sitio categorizados como Excelentes (específicamente en las Fincas de Hidroeléctrica Las Vacas, en Chinautla y en la Finca Los Chahuites, en Escuintla)

Por otro lado son 5 los municipios que se encuentran dentro de la categoría de Índice de Sitio de Malo, de los cuales 4 se encuentran en el área de Las Verapaces: 1) finca Anexo Pambach en Santa Cruz Verapaz, donde cabe mencionar que las plantaciones se ubican en sitios con topografías pronunciadas a muy pronunciadas con pendientes que van desde 25 a 75%; 2) finca La Piedad y Las Cañas en Rabinal; 3) fincas San Antonio y Medio Monte en Granados y 4) fincas ICAGRO y de Gilberto Sosa en San Jerónimo; siendo la quinta la finca El Encinal en Santa María Ixhuatán, en el departamento de Santa Rosa.

Sin embargo, es importante hacer notar que aunque *P. oocarpa* no encuentra en estos municipios las mejores condiciones para su crecimiento, esta lo está haciendo en condiciones donde otra especie comerciales difícilmente lo harían e incrementarían lo que esta especie lo está haciendo.

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA) distintos; para presentarlos, se elaboró el Cuadro 51 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *P. oocarpa* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 51. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *P. oocarpa* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (5.92)	0.74	0.47	0.32	1.12
Malo (9.67)	0.98	0.77	0.57	2.77
Medio (13.42)	1.31	1.07	1.00	6.88
Bueno (15.64)	1.55	1.25	1.40	11.79
Excelente (17.86)	1.84	1.42	1.97	20.21

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 118 Parcelas Permanentes de *P. oocarpa* distribuida a nivel nacional en 14 municipios, ha registrado la dinámica de plantaciones evaluadas a partir de 2.3 años hasta 15.33 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 1600 al inicio, hasta 280 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 0.8 hasta 26.8 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 1.2 m y que han llegado a 20.2 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente, se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 52.

Cuadro 52. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. oocarpa* en la Guatemala.

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -6.498108 * (1/T - 0.1))	0.77
Diámetro (cm)	= Exp(2.426552 -6.706013/T + 0.075921*S + 0.00004*N)	0.86
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.060976 -13.35596/T + 0.15187*S + 0.001278*N)	0.84
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(2.246512 -20.855741/T + 0.242321*S + 0.001267*N)	0.90
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 6.498108 * (1/T - 0.1))	0.77

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

Para presentar la dinámica de crecimiento de *P. oocarpa* se desarrollaron gráficamente los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 52, para el efecto, se estableció un perfil que en promedio represente al proporcionado en los sitio de evaluación.

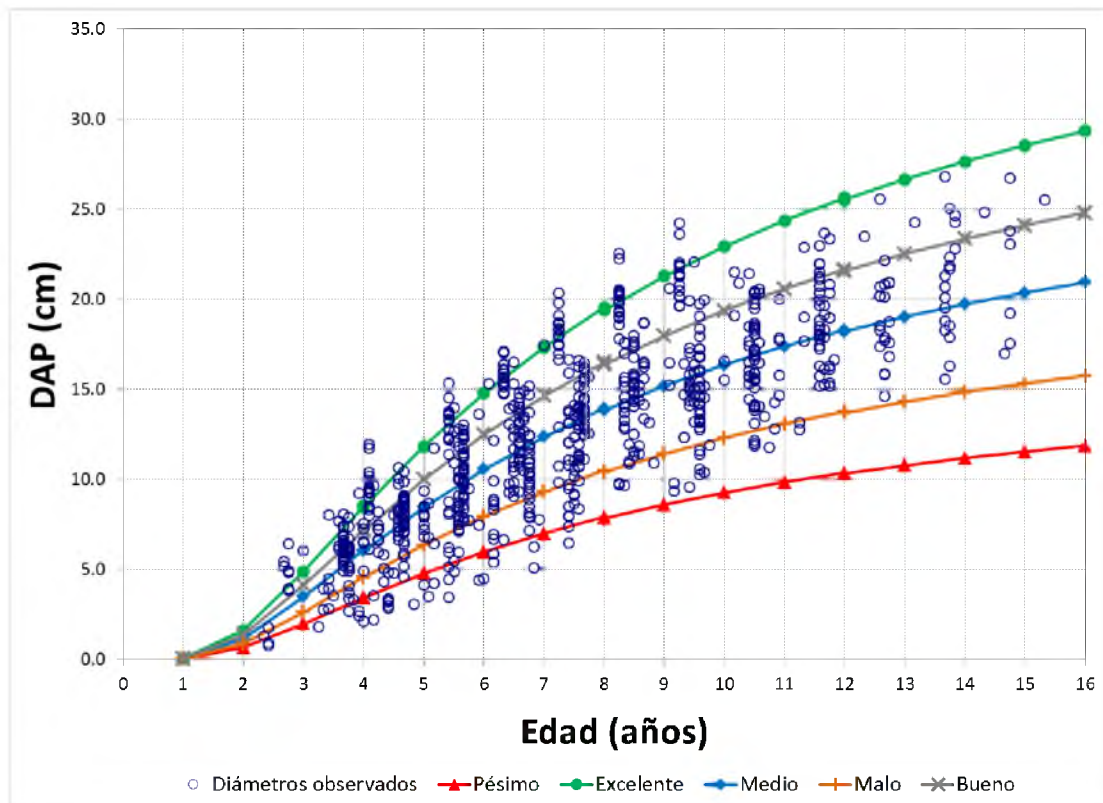
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial correspondiente a 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto de edad se redujo a 900 árboles/hectárea, donde se aplicó un raleo del 25% que provoca un remanente promedio de 700 árboles/hectárea, posteriormente se aplicó un raleo del 30% en año 8, dejando 500 árboles/ha que posteriormente fueron sometidos a

un tercer raleo con una intensidad de 20% que dejan 400 árboles remanentes a partir de los 12 años, que permanecerá hasta la corta final.

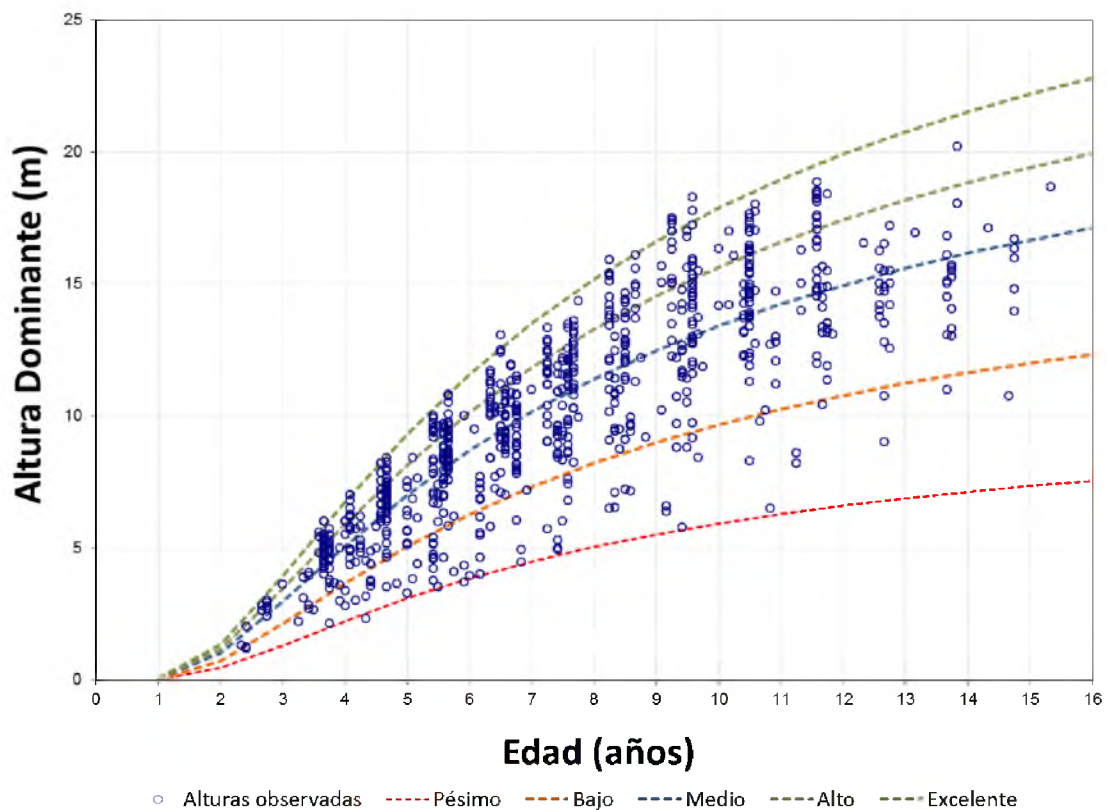
Es importante resaltar que dentro de la muestra se registraron principalmente en los mejores sitios (categoría excelente) como en la finca Los Chahuities en Escuintla, regímenes de manejo que a los 15 años cuentan con un promedio de 200 árboles/ha que están siendo destinados ya para la corta final, por lo que se hace nuevamente la aclaración que el perfil utilizado para los cálculos que fueron empleados para hacer las gráficas, se emulo el régimen de manejo más común en el área.

Una vez definido el perfil de manejo se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta los 16 años de edad, que corresponden a la mayor edad observada en las PPMF.

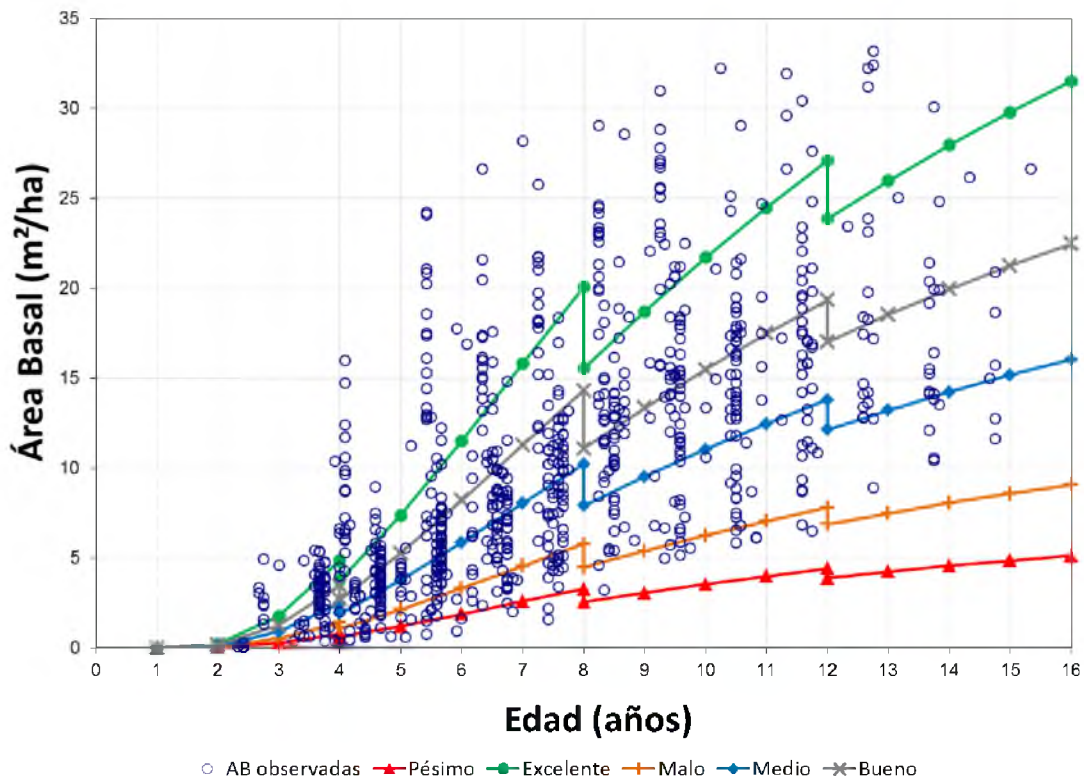
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *P. oocarpa*; agregando además, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



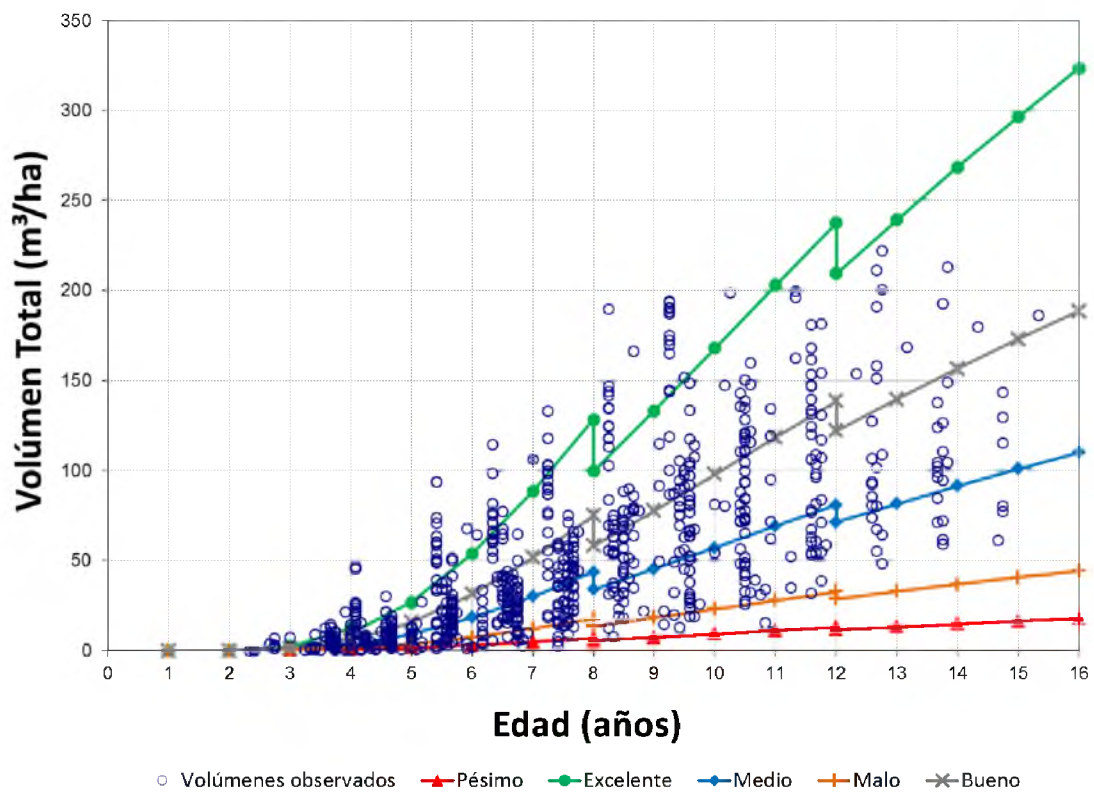
Gráfica 70. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pinus oocarpa*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 71. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pinus oocarpa*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 72. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Pinus oocarpa*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 73. Curvas de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Pinus oocarpa*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Características que determinan crecimiento y productividad de *Pinus oocarpa*:

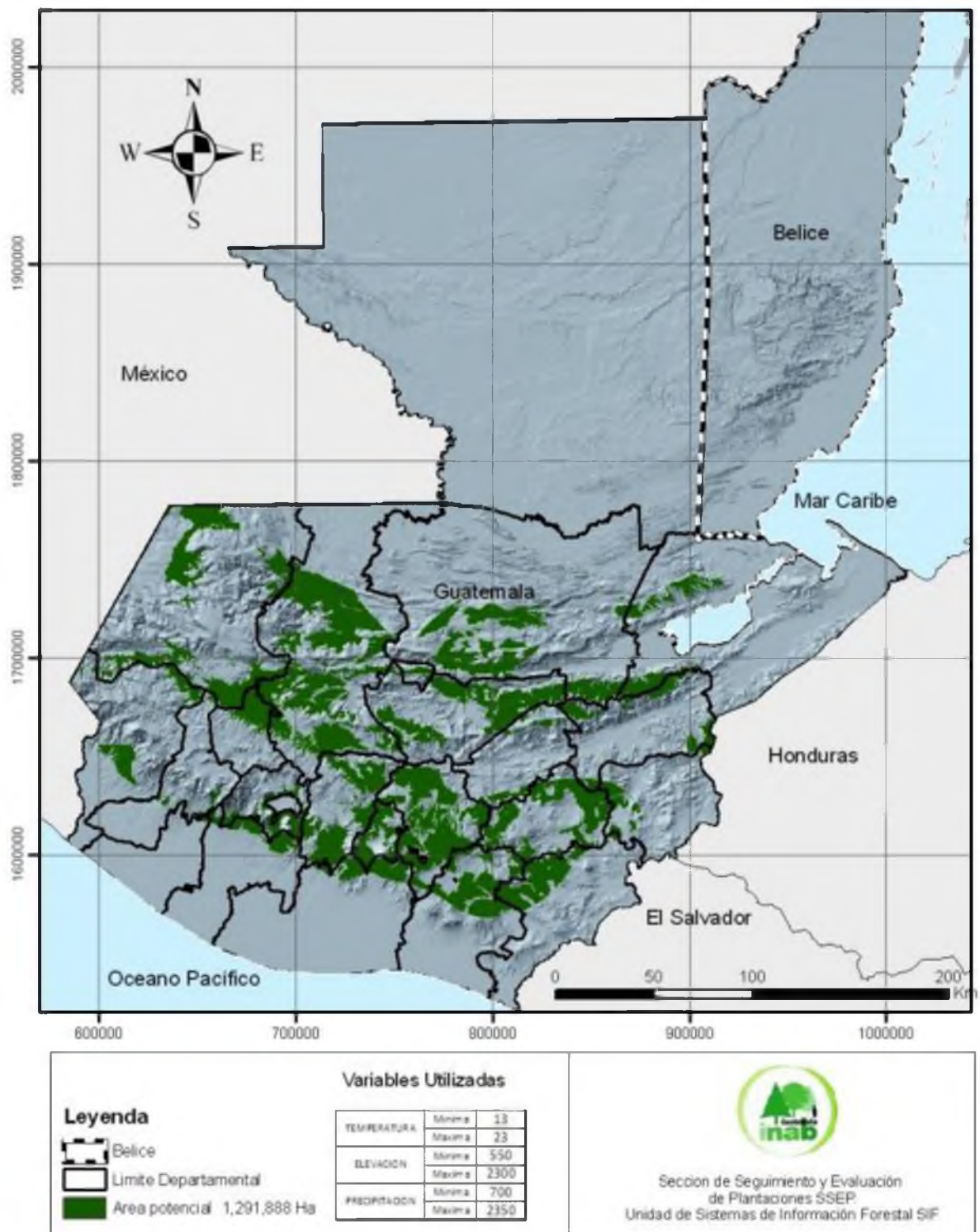
Cuadro 53: Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad para la especie de *Pinus oocarpa*.

Tipo de Variable	Variable	Descripción
Fisiográficas	Elevación	Menor a 1420 msnm
	Pendiente del terreno	Menor a 40%
	Paisaje del terreno	Cima a Pendiente media
	Exposición	Este
	Pedregosidad externa	Poca
	Inundación	Que tengan buen drenaje
Climáticas	Temperatura	De 18 a 25°C
	Precipitación	De 500 a 3700 mm al año.
Suelo	Compactación	Poca o ninguna en el suelo
	pH	Menor a 6.1;
	Cobre	Menor a 12.5 ppm
	Zinc	Menor a 1 ppm
	Hierro	Menor a 12.5 ppm
	Saturación de Bases	Menor a 54.0 %
	Capacidad de intercambio catiónico	Menor a 0.2 meq/100gr;
	Sodio	Mayor a 22.8 meq/100gr
	Potasio	Mayor a 0.23 meq/100gr
	Calcio	Menor a 90 ppm
	Manganeso	Menor a 10.3 meq/100gr
	Magnesio	Menor a 60 ppm
	Arcilla	Menor a 2.8 meq/100gr
	Materia Orgánica	Arcilloso mayor a >17.6%

Fuente: Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Martínez (2008).

Mapa de distribución potencial para la especie de *Pinus oocarpa*:

Mapa 8: Distribución potencial preliminar para la especie de *Pinus oocarpa*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.17 *Pinus patula* Schltl. & Cham. (PINUPA)

Nombre Común: Pino pátula

Descripción¹³:

La madera de Pino pátula se deja aserrar con relativa facilidad si se aplican las velocidades y ángulos de corte adecuados. La durabilidad natural se puede considerar como no durable; es muy susceptible al ataque de hongos cromógenos y xilófagos. Seca relativamente bien, tanto en el secado al aire libre como en el artificial, con algunas torceduras.

Actualmente se utiliza en construcciones livianas, cajas para empaque, productos torneados, revestimiento de interiores y postes inmunizados. Dentro de las potencialidades está la fabricación de palillos, mangos para herramienta y vigas. En Colombia se emplea para la industria de la pulpa, a la cual se recomienda destinar solo los productos de las entresacas ya que los árboles con diámetros grandes proporcionan madera de calidad para los usos anteriormente mencionados.

Se distribuye naturalmente en el noroeste y sureste de México. No resiste las bajas temperaturas y heladas; también es susceptible a los fuertes vientos. En general, para los países a los cuales se ha introducido el pino pátula, los principales factores que limitan su distribución son la disponibilidad de agua en el suelo, la acidez y la máxima temperatura, aunque esta es relativa.

Requerimientos Ambientales:

Su mayor desarrollo se obtiene en terrenos de hondonadas y en lugares donde el suelo es profundo, húmedo, neutro o ácido y bien drenado. La característica común de los sitios en Sudáfrica donde se encuentra el Pino pátula, son los suelos ácidos con buena humedad. La profundidad del mismo lo favorece, aun cuando haya períodos de sequía. En Colombia ha demostrado buen desarrollo en suelos ácidos, profundos, arenos-arcillosos, bien drenados, lo mismo que en los de tipo volcánico. La fertilidad del suelo no parece ser limitante pero sí las deficiencias de boro y fósforo.

Las exigencias climáticas en su hábitat natural son: rango altitudinal entre 1.400 y 3.200 msnm, precipitación media anual de 750 a 2.000 milímetros, temperatura media anual de 12° a 18°C.

Preparación del Terreno y Siembra:

El establecimiento de una plantación exige la limpieza general del terreno, así como la erradicación de las gramíneas, labor que se puede realizar mecánicamente en terrenos cuyas pendientes no sean mayores al 30%. En pendientes superiores, la limpieza se hace manualmente o mediante químicos, con plateos de un metro de diámetro. Cuando el suelo ha sido sobrepastoreado y está muy compactado; los hoyos deben ser de 30x30 x30 centímetros, repicados en el plato, con el fin de airear el suelo y facilitar un mejor desarrollo radicular.

Osorio (1994) en el análisis de espaciamiento de *Pinus patula* a los 13 años de edad encontró que la utilización de distancias de siembra de 3.0 x 3.0 y 2.5 x 2.5 metros con densidades iniciales de plantación de 1.111 a 2.500 árboles por hectárea respectivamente de *Pinus patula*, resultan ser las más favorables, lo cual indica que con

¹³ CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Comercial, CO), 1998. Guía para plantaciones forestales comerciales, *Pinus Patula*. Bogotá D.C, Colombia. 41 p

densidades bajas se tiene mayor potencial de madera para aserrío, condicionando la densidades de plantación al objetivo final de la misma.

Limpias:

Aunque los pinos compiten bien con la maleza, se recomienda intercalar las limpiezas totales con los plateos, cada vez que la maleza alcance 50 centímetros de altura o las 2/3 partes de la altura del árbol, operación que debe repetirse en los años segundo y tercero. Se recomienda realizar una limpieza total durante el primer año, y de dos a tres durante el segundo y tercer años y un control de las malezas agresivas hasta terminar el turno. Con estas prácticas se garantiza un buen crecimiento de la especie, libre de plagas y de competencia indeseables. Para el control químico de las malezas se puede utilizar Roundap, en una relación de 1 a 1.5 litros por hectárea.

Fertilización:

Son aconsejables las aplicaciones de 50 a 70 gramos de NPK y 10 gramos de bórax al 68% por árbol, independientemente del análisis del suelo. Según investigaciones de Smurfit Cartón Colombia (1978), la especie responde bien a la aplicación de calfos más bórax disminuyéndose el índice de árboles bifurcados y achaparrados.

Podas:

Generalmente, las podas se realizan en todos los árboles entre el cuarto o quinto años, hasta el 50% de la copa. Una segunda poda se lleva a cabo una vez que se haya efectuado el aclareo entre los años 11 y 16, a una altura máxima de seis a siete metros. Las ramas por podar no deben tener más de 2 centímetros de grosor. Estas prácticas se deben realizar con sierras manuales o serruchos adecuados para no rasgar el fuste del árbol.

Raleos:

Smurfit Cartón Colombia (1979), recomienda un aclareo en el año ocho o nueve, con una intensidad del 50% por lo bajo. Si la finalidad es el aserrío, se recomienda hacer otro aclareo en el año catorce, con el fin de obtener entre 300 y 350 árboles por hectárea para el aprovechamiento final.

Conif (1993) instaló, con el método sistemático, un ensayo de aclareos con *Pinus patula* en el Quindío, el cual mostró que a medida que la intensidad de aclareo se hace mayor, los diámetros promedio aumentan pero decrecen las áreas basales por hectárea. Menos pronunciada es la diferencia para el factor frecuencia: disminuye el diámetro promedio a mayor frecuencia de los aclareos pero aumenta el área basal, debido al número de árboles.

El mayor diámetro se encontró en el tratamiento con mayor intensidad de aclareo (60%) y menor frecuencia (cada tres años), con valores de 33.7 centímetros a los nueve años de edad. Los raleos se realizan de acuerdo con la finalidad de la plantación si es para aserrío, el aprovechamiento final se programa con una densidad entre 300 y 350 árboles por ha, en el cuadro de la página anterior se presentan las épocas de raleos y aprovechamiento del Pino patula, partiendo de una densidad de 1.300 árboles por hectárea.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, el establecimiento de plantaciones forestales con esta especie están reportadas únicamente en los municipios de Salcajá (6.1 hectáreas) y Zunil (0.51 hectáreas) en el departamento de Quetzaltenango y en San Cristóbal Cucho en el Departamento de San Marcos (0.28), para hacer un total de 6.89 hectáreas plantadas.

Crecimiento y productividad

P. patula, es una especie cuyo crecimiento y productividad fue evaluado a través de 1 PPMF durante el periodo del 2006 al 2009; en una plantación situada en la Aldea Xolajap, en el municipio de Momostenango, Totonicapán; dicha parcela se dejó de evaluar debido a que la plantación fue dañada por gorgojo del pino que provocó que se eliminara la plantación.

Esta parcela ha registrado información del crecimiento de la plantación a partir de los 5.8 a los 9.33 años de edad, con una densidad inicial de 1740 de los que al finalizar la evaluación contó con un remanente de 1600 árboles/ha; los diámetros promedio durante ese periodo fueron de 6.2 a 13.1 centímetros y las alturas dominantes de 4.9 a 8.2 metros.

A continuación en el cuadro 54 se presenta el promedio de Incremento Medio Anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran el crecimiento y productividad de *P. patula* en el municipio de Momostenango, Totonicapán durante el periodo evaluado.

Cuadro 54. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *P. patula* en el municipio de Momostenango, Totonicapán.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (8.53)	1.43	0.85	1.37	4.73

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

A continuación se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con la muestra detallada anteriormente, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 55. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. patula* en el municipio de Momostenango, Totonicapán.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -6.921948 * (1/T - 0.1))	0.94
Diámetro (cm)	= Exp(1.842624 -7.912709/T + 0.204784*S -0.000193*N)	0.96
Área basal (m ² /ha)	= Exp(0.592964 -16.050104/T + 0.399771*S + 0.000318*N)	0.93
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.57958 -21.303008/T + 0.507162*S + 0.000117*N)	0.95
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 6.921948 * (1/T - 0.1))	0.94

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

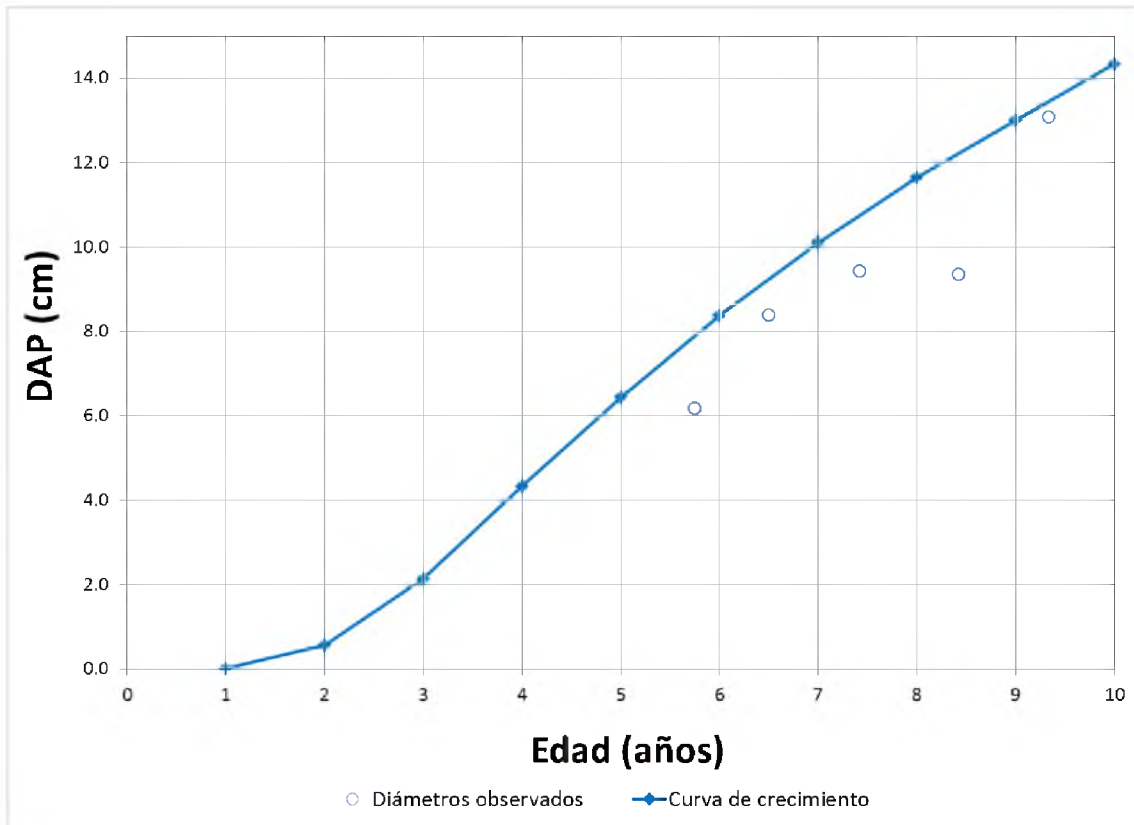
S = Índice de sitio

Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *P. patula* en el municipio de Momostenango, Totonicapán, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en

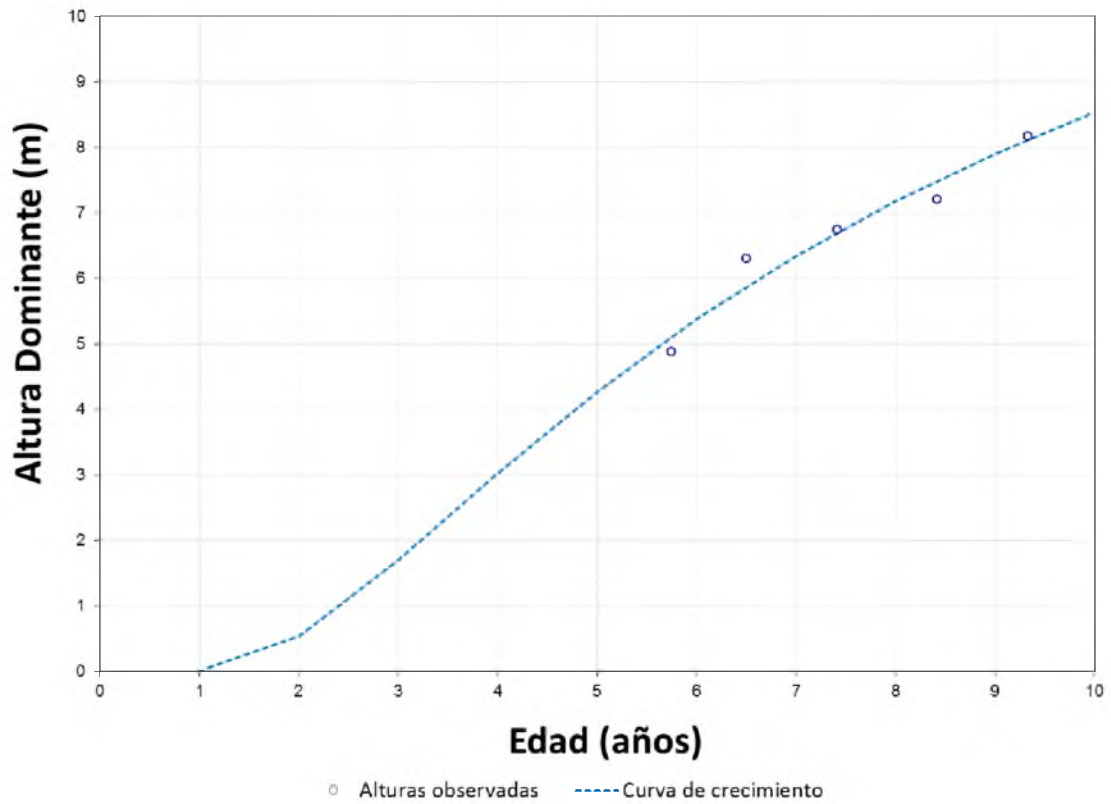
el Cuadro 55, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, el cual es de muy baja intensidad.

De esta cuenta es que el perfil de densidad se definió con 1,111 árboles/ha iniciales que al cuarto año se redujo a 700 árboles/hectárea que permanecen hasta el décimo año que se dejó de evaluar dicha plantación.

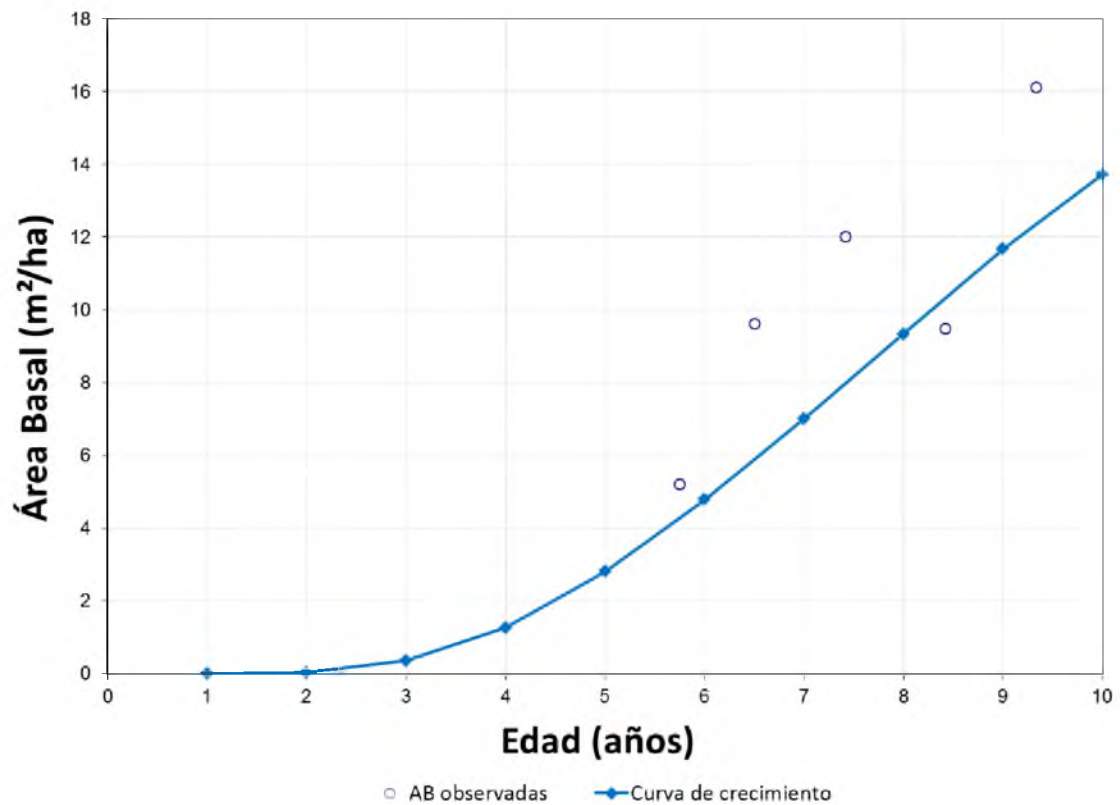
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total para la especie de *P. patula* en el municipio de Momostenango, Totonicapán.



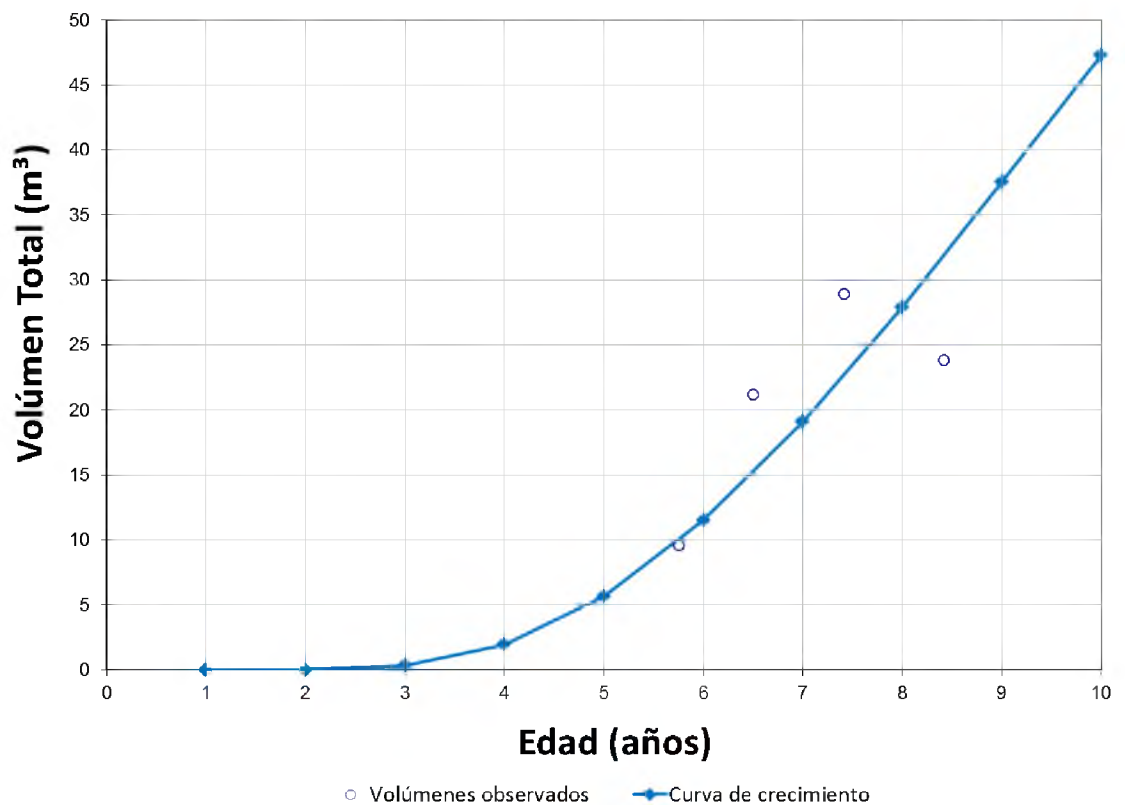
Gráfica 74. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pinus patula*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 75. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pinus patula*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 76. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Pinus patula*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 77. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Pinus patula*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.18 *Pinus pseudostrabus* Lindl. (PINUPS)

Nombre Común: pino triste, pino blanco

Descripción¹⁴:

El *P. pseudostrabus*, se localiza desde 2,400 a 2,800 msnm, sin embargo, en México se ha encontrado en laderas de montaña con elevaciones de 1,600 a 3,200 msnm (Perry, 1991 y CATIE, 1997).

La madera es de buena calidad y sus largos fustes limpios permiten el uso en aserrío, madera terciada, chapa, triplay, pulpa para papel, caballetes, molduras, jaulas y envases, como barrera de calor y sonido, postes, pilotes, madera para minas, durmientes para ferrocarril, tejamaniles y largueros, combustibles, palillos y fósforos.

Asimismo, es muy apreciada en artesanías, ebanistería y muebles finos o de producción seriada, como mesas, butacas, bancos, etc., en las zonas rurales tiene varios usos domésticos.

Suelos:

Los suelos que prefiere la especie son profundos de 1 a 3 m, ácidos, pardos o café amarillento, de buen drenaje, con textura arena migajosa a migajón arenoso, características que corresponden al tipo andosol. Crece en sitios con suelos de buena calidad, con una capa de humus de 10 a 30 cm y alto contenido de nitrógeno, bajo contenido de fósforo, medianos contenidos de calcio y potasio; aunque también se le puede localizar en otros tipos de suelos como regosol, cambisol, acrisol y luvisol y se desarrolla de manera aceptable en suelos con pH neutro a ligeramente ácidos (4.5 a 7.0), con textura medias o pesadas y que presenten buen drenaje.

Plantación:

Para su óptimo desarrollo debe eliminarse la competencia de hierbas y arbustos al menos durante los tres primeros años, ya que se han observado reducciones en la supervivencia hasta de 95 % lo que ha llevado al fracaso total.

La preparación del terreno debe consistir en el corte de malezas total o en fajas alternas, además de los arbustos y árboles remanentes en el área de plantación, con la finalidad de que no interfieran con el desarrollo de la nueva masa y lograr un crecimiento lo más homogéneo posible (García y Muñoz, 1993 b).

La eliminación de la maleza en franjas alternas puede realizarse con implementos de motor ligeros conocidos como desbrozadoras o con herramienta manual sin afectar a la plantación o con herbicidas, la operación puede ejecutarse en franjas, círculos individuales por plántula o en toda la superficie; con esta labor, la supervivencia se aumenta hasta en un 95%. Realizar terrazas ofrece mejores resultados ya que favorecen al crecimiento en altura de las plantas de *P. pseudostrabus* (Hernández, 1974).

Manejo:

Experiencias de fertilización han demostrado que con la aplicación de 80 g de la fórmula 0-46-0 durante los primeros 3.5 años, se logra hasta 40% de mayor incremento en altura en relación a los no fertilizados.

¹⁴ Tomado de (Sáenz, R. J. T., Muñoz F. H. J. y Rueda S. A. 2011. Especies Promisorias de Clima Templado para Plantaciones Forestales Comerciales en Michoacán. Libro Técnico Núm. 10. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 213)

En el caso de las coníferas, existen experiencias generadas en muchos países de clima templado frío, que indican que se puede realizar una poda de 25 a 30% sin reducción significativa del crecimiento en altura y diámetro (Patiño et al., 1993).

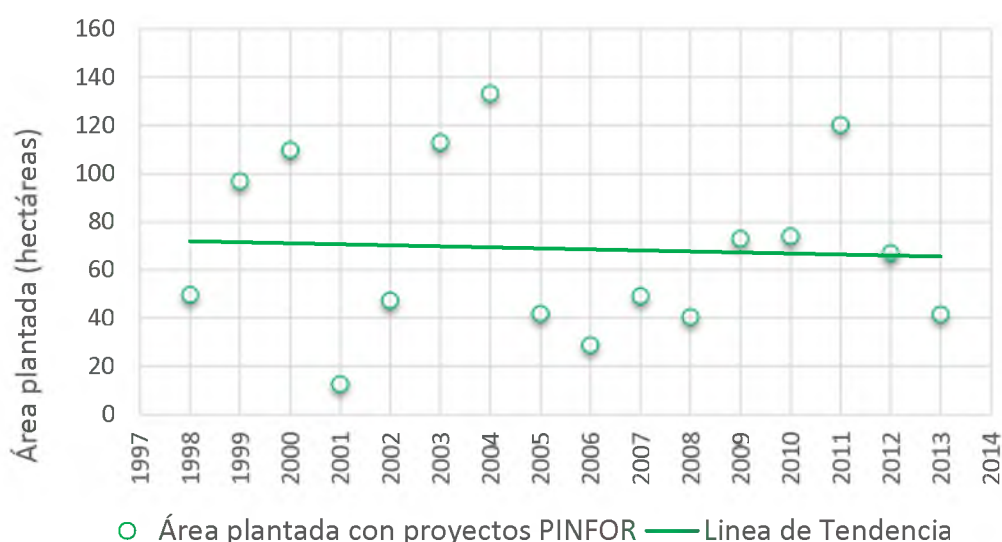
La edad de poda recomendada por algunos autores en coníferas, es cuando el árbol ha alcanzado como mínimo el doble de altura de la primera troza comercial de 3.8-5.0 m o sea cuando el arbolado tiene una altura de 8 a 10 m.

La mejor época para realizar las podas es al final del invierno porque la herida cierra rápidamente, de tal manera que la poda verde debe evitarse durante la estación de crecimiento, si únicamente se requiere podar las ramas secas, no existe razón para no realizarla durante cualquier época del año (Hawley y Smith, 1972).

Los árboles a podar para mejorar la calidad de la madera deberán ser componentes de la corta final, dominantes, vigorosos, no torcidos, ni bifurcados, sin tumores, sin plagas y con los mejores incrementos (Hawley y Smith, 1972).

Otra recomendación es que cuando los árboles han alcanzado 6 m de altura y un DAP de 10 cm, se debe practicar la primera poda de 2.10 a 2.40 m de altura; la segunda cuando el árbol mida 9 m de altura, limpiando el fuste hasta 4.50 m; la tercera cuando la altura es de 16 m, dejando de 4.50 a 6.50 m libres de ramas y solo en algunas especies practicar una cuarta poda.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 164 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 1,099.12 hectáreas de área plantada durante el período de 1998 al 2013, en la gráfica 78 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el tiempo indicado, además, se agrega una línea que ha venido en detrimento en cuanto a la preferencia por establecer proyectos de reforestación con esta especie.



Gráfica 78. Área plantada con *P. pseudostrobus* durante el periodo 1998 al 2013. Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación se ha mantenido estable, aunque es claramente observable que presenta altibajos en área plantada por año; es importante mencionar que en promedio se ha venido plantando por año un promedio de 68.7 hectáreas de *P. pseudostrobus* a la cobertura nacional, también es interesante observar que la mayor cantidad de área

plantada por año se registró en el año 2004, con valores cercanos a las 133 hectáreas, que a comparación de otras especies que han conseguido más de 2000 hectáreas al año, esta especie no es tan preferida; a pesar de ello el área plantada con *P. oocarpa* ocupa el **decimoséptimo (17)** lugar en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación, de acuerdo con los registros del PINFOR.

En dicha base de datos, se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 47 municipios, tal como se muestra a continuación en el Cuadro 56, aunque no pasa desapercibido que el área plantada en varios municipios es muy reducida, la mitad (25) presentan áreas menores a 10 ha. Los municipios de mayor concentración son Patzún, Tecpán Guatemala, San Andrés Semetabaj, en el área central y en Santa Eulalia, San Juan Atitán, San Miguel Uspantán, en el noroccidente del país.

Cuadro 56. Área reforestada por municipio con la especie de *P. pseudostrobus* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
Patzún	156.75	Acatenango	8.2
Tecpán Guatemala	118.14	San Cristóbal Cucho	7.18
Chiantla	113.51	Santiago Sacatepéquez	6.64
Santa Eulalia	108.99	Malacatancito	6.3
San Juan Atitán	83.22	Santa Lucía Milpas Altas	5.9
Senahú	65.9	San Gaspar Chajul	5.45
San Miguel Uspantán	38.57	Nentón	5.3
San Andrés Semetabaj	38.56	San Rafael La Independencia	4.75
Santa María Chiquimula	37.5	Zunil	3.6
San Juan Ixcoy	30.1	Santa Apolonia	3.41
Guatemala	28.4	San Carlos Sija	3.2
Chimaltenango	25	Esquipulas Palo Gordo	3.15
Cunen	22.88	San Mateo Ixtatán	2.82
Olintepeque	21	San Miguel Dueñas	2.63
Panajachel	19.05	Parramos	2
San José Pinula	17.14	Villa Canales	1.17
San Sebastián Coatán	16.04	Jacaltenango	1.01
Nebaj	15.1	Quetzaltenango	1
Santa Cruz Cajolá	15	Santa María Magdalena Tectitán	0.8
Todos Santos Cuchumatán	11.75	San Miguel Acatán	0.77
San Marcos	11.42	Santa Cruz Barillas	0.5
San Pedro Soloma	10.25	Concepción Huista	0.36
San Juan Comalapa	9.8	Sololá	0.26
Patzicía	8.65		
Total General 1,099.12 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

P. pseudostrobus es una especie que ha sido evaluada en 5 municipios ubicados en 4 departamentos del país, tal como se presenta en el Cuadro 57. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 105 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 453 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Sitio que bien

pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados a través del Índice de sitio, ubicando a los municipios evaluados dentro de dichas categorías, tal como se muestra en el Cuadro 57 a continuación.

Cuadro 57. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de Sitio para la especie de *P. pseudostrobus* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Totonicapán	Totonicapán	11.60	Medio
	Momostenango	8.92	Pésimo
Sololá	San Andrés Semetabaj	14.10	Excelente
Sacatepéquez	Pastores	14.25	Excelente
Quiché	Nebaj	12.03	Medio
Huehuetenango	Santa Eulalia	10.05	Pésimo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información de PPMF presentada en el Cuadro 57, se observa que los municipios de San Andrés Semetabaj (bajo condiciones de la finca Santa Victoria) y Pastores (bajo condiciones de la finca Sigüampar) es donde *P. pseudostrobus* cuenta con las mejores condiciones de sitio para su crecimiento, puesto que presenta un promedio de Índice de sitio mayor a 13.21 metros.

Por otro lado son 2 los municipios que se encuentran dentro de la categoría de Índice de Sitio de pésimo es Momostenango en Totonicapán (bajo condiciones de la finca Armando 1, Aldea Xolajap) y Santa Eulalia en Huehuetenango (bajo condiciones de la finca Jomcoj).

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA) distintos; para presentarlos, se elaboró el cuadro 58 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *P. pseudostrobus* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 58. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *P. pseudostrobus* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (9.71)	1.58	0.96	1.16	6.6
Medio (13.45)	2.02	1.33	2.05	16.28
Excelente (16.25)	2.42	1.6	3.16	32.1

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 15 Parcelas Permanentes de *P. pseudostrobus* distribuida a nivel nacional en 6 municipios ha registrado la dinámica de plantaciones evaluadas a partir de 5.1 años hasta 14.58 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 1960 al inicio, hasta 200 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 4.4 hasta 32.6 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 3.8 m y que han llegado a 19.6 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 59.

Cuadro 59. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. pseudostrobus* en Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -11.729867 * (1/T - 0.1))	0.90
Diámetro (cm)	= Exp(3.298035 -10.936875/T + 0.065073*S -0.000083*N)	0.89
Área basal (m ² /ha)	= Exp(2.367995 -21.373573/T + 0.153433*S + 0.001055*N)	0.81
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(4.039077 -32.749693/T + 0.242141*S + 0.000967*N)	0.90
Índice de Sitio (m)	= EXP(Ln(H) + 11.729867 * (1/T - 0.1))	0.90

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

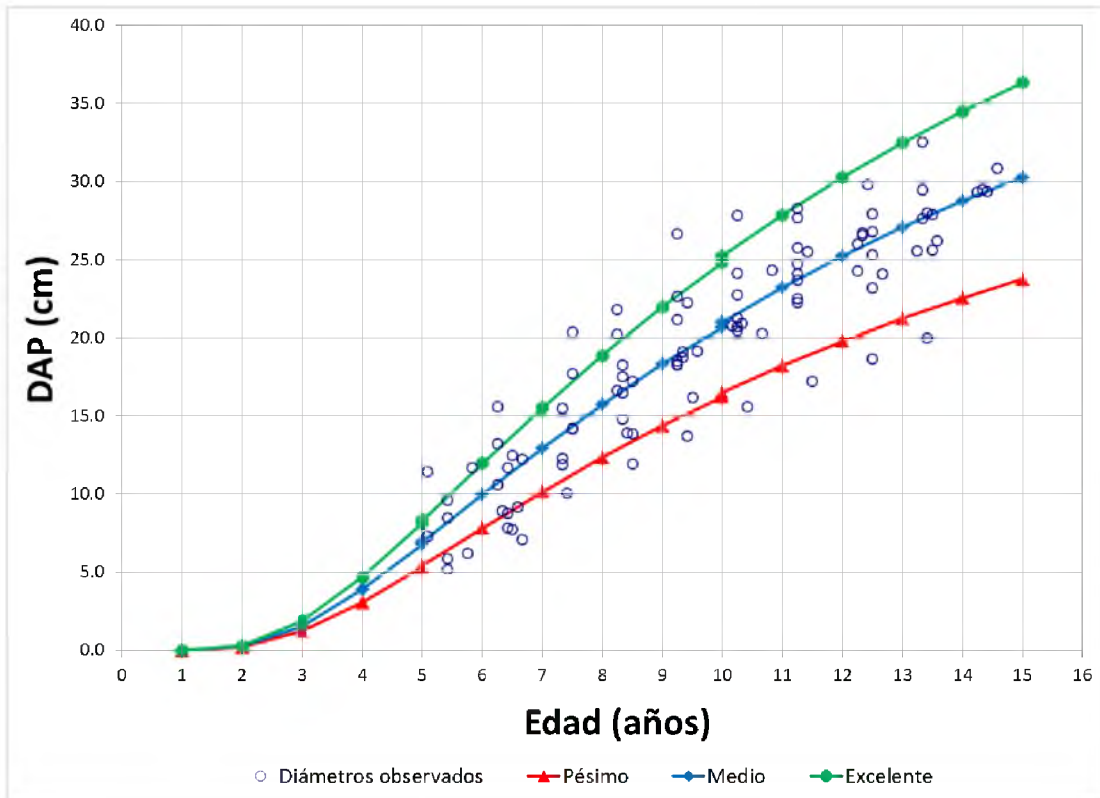
S = Índice de sitio (ver Cuadro 58)

Para presentar la dinámica de crecimiento de *P. pseudostrobus* se desarrollaron gráficamente los modelos de crecimiento del Cuadro 59, para el efecto, se estableció un perfil de manejo que represente de los sitios evaluados.

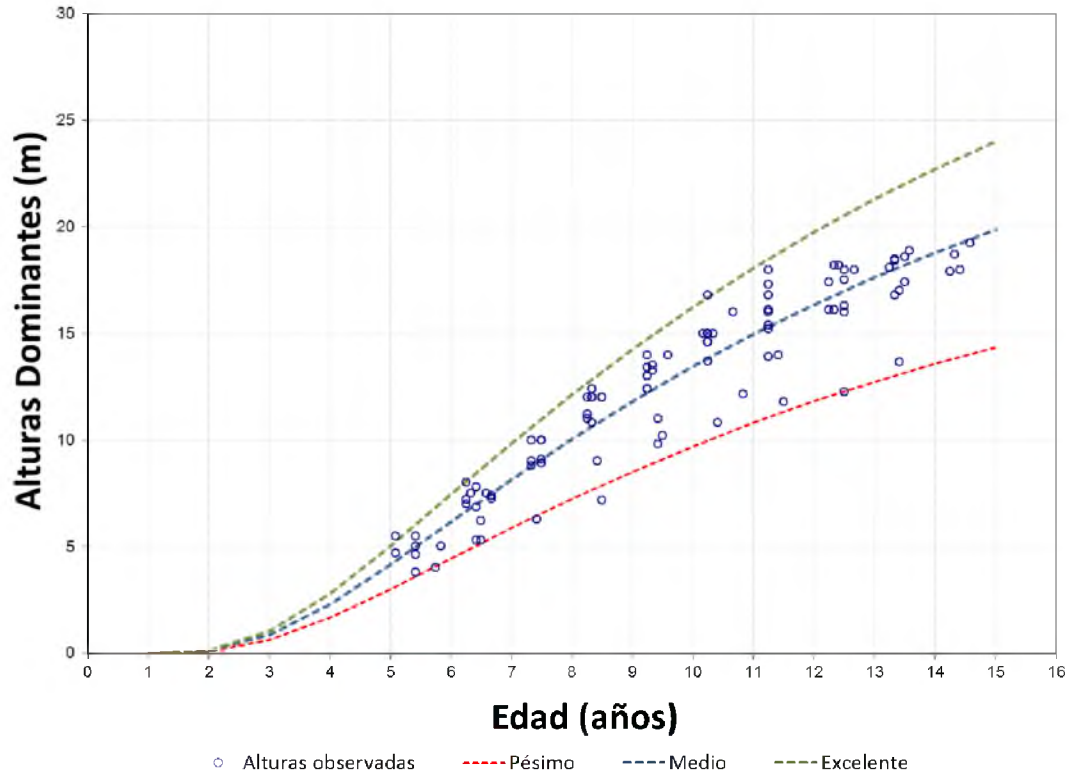
El perfil de manejo corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año quinto cuenta con 850 árboles/hectárea, en cuyo momento se simulo un raleo del 30% que provoca un remanente promedio de 600 árboles/hectárea, posteriormente se aplicó un raleo del 35% en año 10, dejando un remanente de 400 árboles/ha.

Es importante resaltar que la PPMF monitoreada en Pastores (categoría de sitio Excelente) registra una silvicultura más intensa que la del perfil descrito anteriormente, de tal forma que al año 15 cuenta con un promedio de 280 árboles/ha que están siendo destinados ya para la corta final.

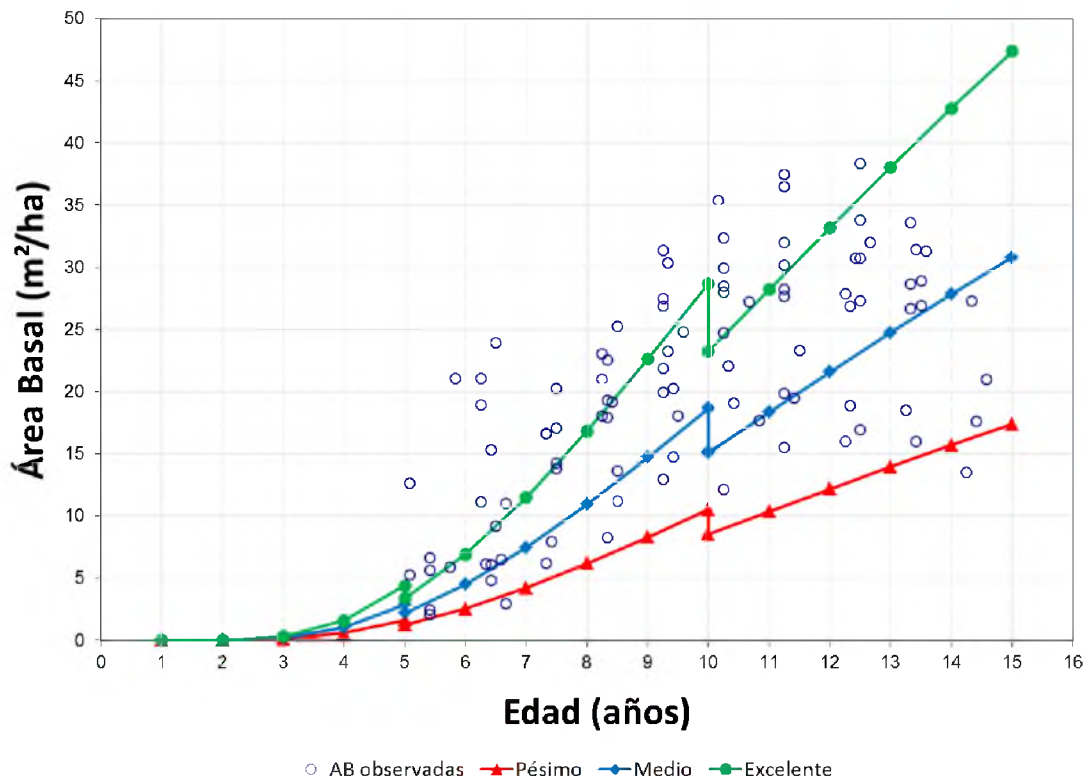
Una vez definido el perfil de manejo se procedió a graficar el crecimiento de las plantaciones del año 1 hasta el año 15, que corresponden a la mayor edad observada en las PPMF. A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *P. pseudostrobus*; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



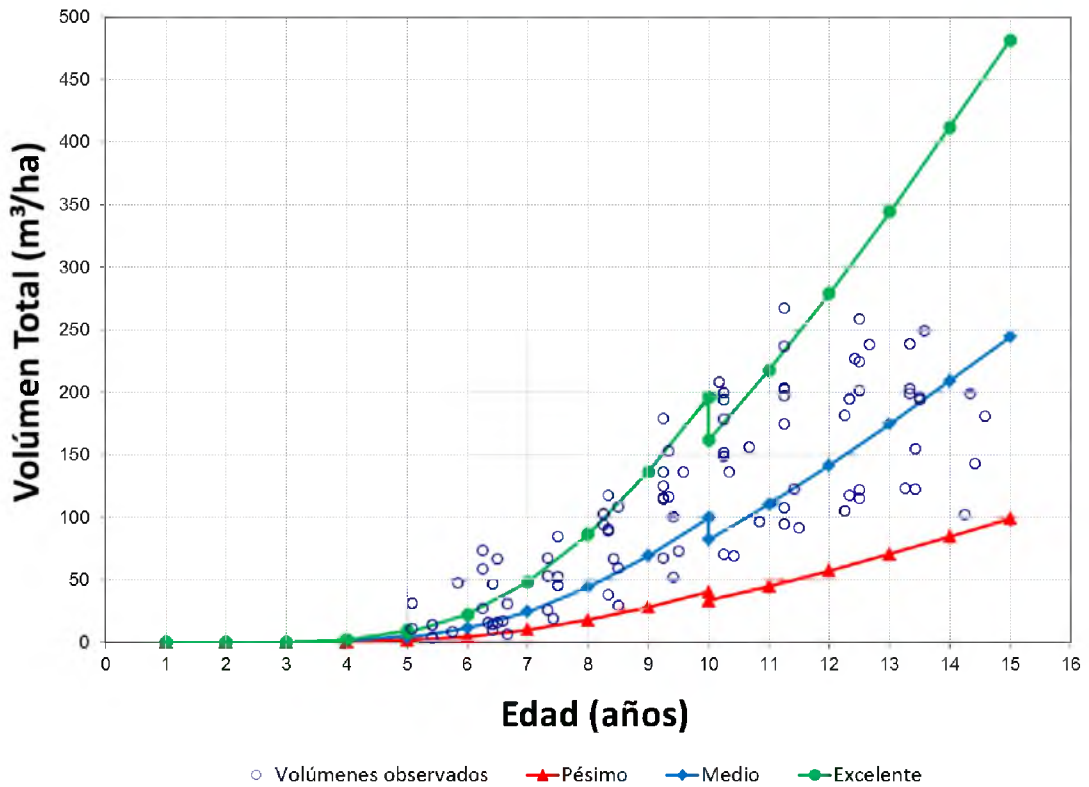
Gráfica 79. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pinus pseudostrobus*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 80. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pinus pseudostrobus*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



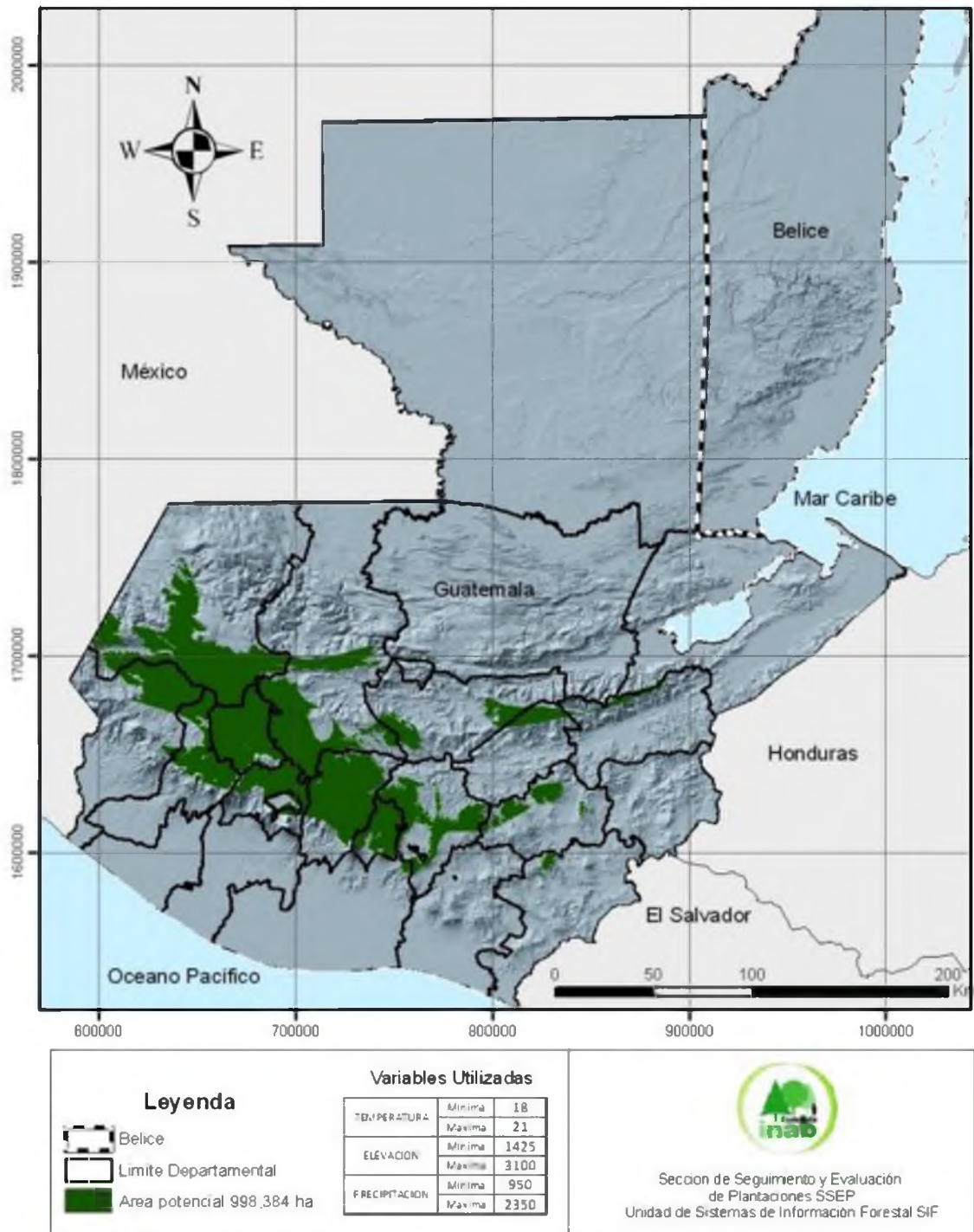
Gráfica 81. Curvas de crecimiento en Área Basal (m^2/ha), para la especie de *Pinus pseudostrobus*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 82. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Pinus pseudostrobus*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Pinus pseudostrabus*:

Mapa 9: Distribución potencial preliminar para la especie de *Pinus pseudostrabus*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.19 *Pterocarpus officinalis* Jacq. (PTEROF)¹⁵

Nombre Común: Palo de sangre, sangre y cahué.

Descripción¹⁶:

La madera tiene usos misceláneos, donde no esté expuesta a la intemperie o al ataque de termitas. Se utiliza para construcción ligera de interiores, boyas para redes de pesca, marcos para cuadros y para desenrollado, por su color claro y peso liviano. En Nicaragua se emplea además para cajas y cajones, material de relleno en contrachapado, formaletas, postes para cercas (tratados), partes de muebles rústicos y carpintería en general. Es excelente para carbón y leña, y es el principal uso que se le da en la zona atlántica de Guatemala, donde representa una de las mayores fuentes de ingreso. Además, tiene una amplia variedad de usos locales en comunidades rurales y buenas cualidades para papel.

La savia solidifica rápidamente y forma una resina roja insípida e inodora, que tiene aplicaciones medicinales. Se aplica como bálsamo o ungüento para infecciones de la piel y se ingiere para diarreas. Antiguamente se enviaba en grandes cantidades a España desde Colombia bajo el nombre de "sangre de dragón".

Plantación:

En Guatemala se fomenta el manejo de los rebrotes, los cuales se producen profusa y rápidamente al cortar los árboles del bosque natural. La regeneración natural en bosques adultos también es abundante. Esta actividad se desarrolla principalmente en el área norte del país, donde se ubica de forma natural esta especie, sin embargo, adelante se presenta la información de una plantación pura de esta especie hacia la costa sur.

Manejo:

La facilidad y cantidad con que la especie regenera ofrece la posibilidad de manejo sostenible mediante la creación de claros por extracción de árboles adultos, seguido por la protección de la regeneración y raleos oportunos para beneficiar los mejores individuos.

También es posible manejar los rebrotes después de la tala de los árboles en el bosque natural. Se producen de 1 hasta 8 rebrotes, por lo que se sugiere hacer una selección para dejar los 4-6 mejores y concentrar el crecimiento en unos pocos rebrotes gruesos en vez de mayor cantidad de rebrotes delgados.

La madera:

La albura es blanca a gris amarillenta en verde y gris parduzca con rayas más oscuras cuando está seca. El duramen apenas se desarrolla. Lustre mediano y no forma ninguna figura. No tiene olor o sabor apreciables.

El grano es recto a irregular y la textura mediana a gruesa. Es una madera liviana (0.36-0.45), fácil de trabajar con maquinaria y herramientas manuales. Se corta bien pero el

¹⁵ Esta especie se reportó originalmente como *Pterocarpus macrocarpus* Kurz (PTERMA) sin embargo, en la página electrónica de trópicos no se reporta especímenes colectados en Guatemala, mientras que *officinalis* sí, por lo mismo la razón se sugiere el cambio, siempre y cuando sea verificado en campo.

¹⁶ Tomado de Árboles de Centroamérica. (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edit. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp.)

cepillado es difícil para obtener una superficie lisa. El acabado tiene a menudo apariencia mechuda. Seca a velocidad moderada a rápida, desarrollando pocos defectos. Susceptible a hongos pero fácil de preservar con preservantes.

En la base de datos del PINFOR se reportan un área plantada de 60.63 hectáreas durante el periodo del 1998 al 2013; mismas que se registran en los Municipios de Chicacao, en Suchitepequez; Cobán en Alta Verapaz, Ixcán en Quiché, y Santiago Atitlán en Sololá, siendo este último en donde se encuentra el 70% del área total reportada. Con este valor, esta especie se ubica en la posición 57 en preferencia para el establecimiento de plantaciones forestales.

Dinámica de Crecimiento y productividad:

P. officinalis es una especie que ha sido evaluada en la Finca El brote y Mónica Ivonne, ambas ubicadas en el municipio de Santiago Atitlán, Sololá en donde se reportan promedios de crecimiento que fueron agrupados en 3 escenarios de crecimiento o bien, categorías de índice de Sitio, los cuales son presentados en el siguiente Cuadro.

Cuadro 60. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *P. officinalis* en fincas El brote y Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (11.21 m)	1.05	1.00	0.65	3.83
Medio (13.32 m)	1.21	1.19	0.85	6.03
Excelente (16.05 m)	1.44	1.44	1.20	10.82

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de se registra la información de 7 PPMF que han sido evaluadas desde el año 2003 a partir de los 5.3 años hasta el año 2013 a los 14.5 años de edad, durante este periodo presento densidades que van de 1000 hasta 360 árboles/ha y diámetros (DAP) de 6.6 centímetros hasta 20.3 centímetros y alturas dominantes que van de 5.6 m y que han llegado a 27.2 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se elaboraron los modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el Cuadro 61.

Cuadro 61. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *P. officinalis* en fincas El brote y Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -8.864079 * (1/T - 0.1))	0.85
Diámetro (cm)	= Exp(2.533776 -6.885158/T + 0.065936*S -0.000115*N)	0.87
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.129202 -14.091632/T + 0.126178*S + 0.001344*N)	0.86
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(2.56331 -23.018699/T + 0.214254*S + 0.001243*N)	0.92
Índice de Sitio (m)	= EXP(Ln(H) + 8.864079 * (1/T - 0.1))	0.85

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

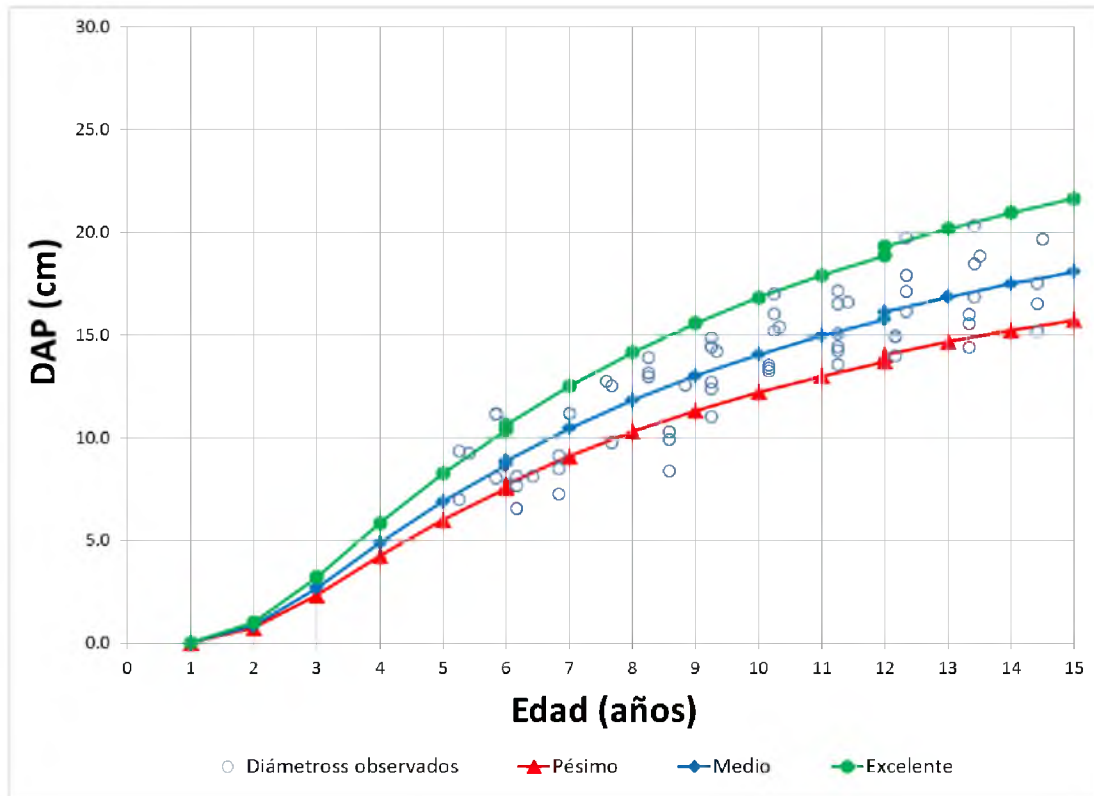
Dónde:

T = Edad en años
 N = Árboles/ha
 H = Altura Dominante (m)
 S = Índice de sitio

Para presentar la dinámica de crecimiento de *P. officinalis* se desarrollaron gráficamente los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 61, para el efecto, se estableció un perfil que en promedio represente al proporcionado en los sitio de evaluación.

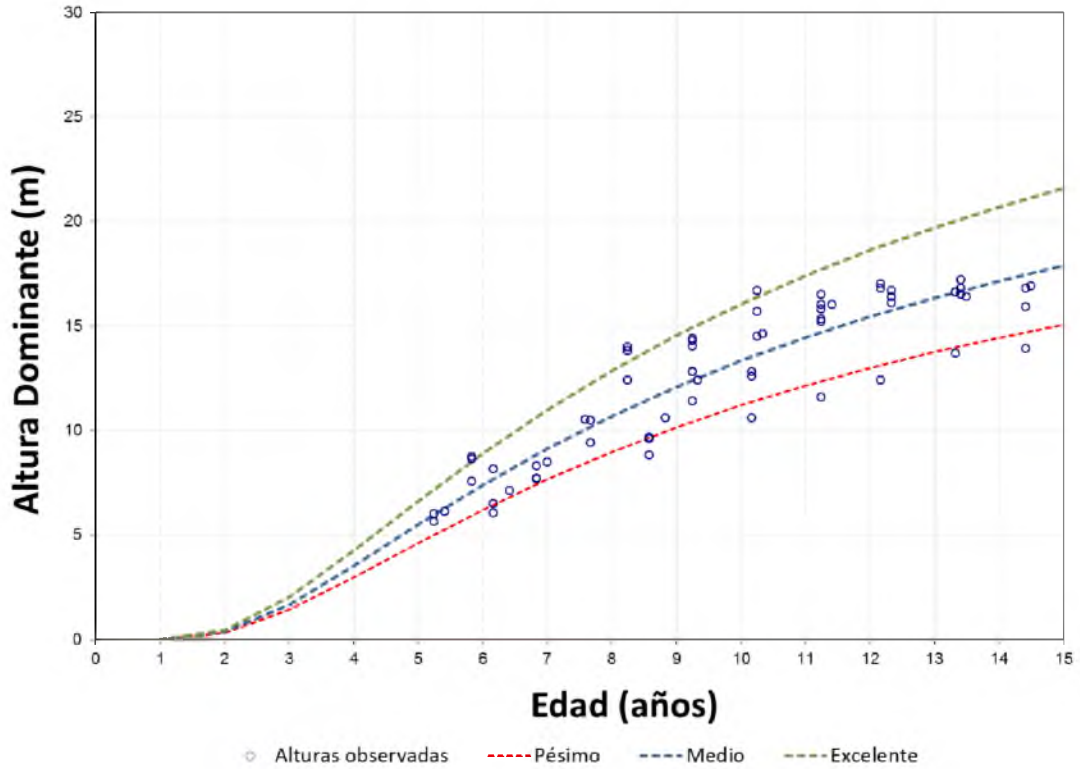
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuatro presenta una densidad de 900 árboles/hectárea, que permanecen hasta el cuarto seis, en donde se aplicó un raleo del 25% que provoca un remanente de 700 árboles/hectárea, posteriormente se aplica un raleo del 30% al año 12, dejando 500 árboles/ha que permanece hasta el año 15, edad del último registro y periodo que fue graficado con los modelos.

A continuación, se presentan las gráficas de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *P. officinalis*; agregando además, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



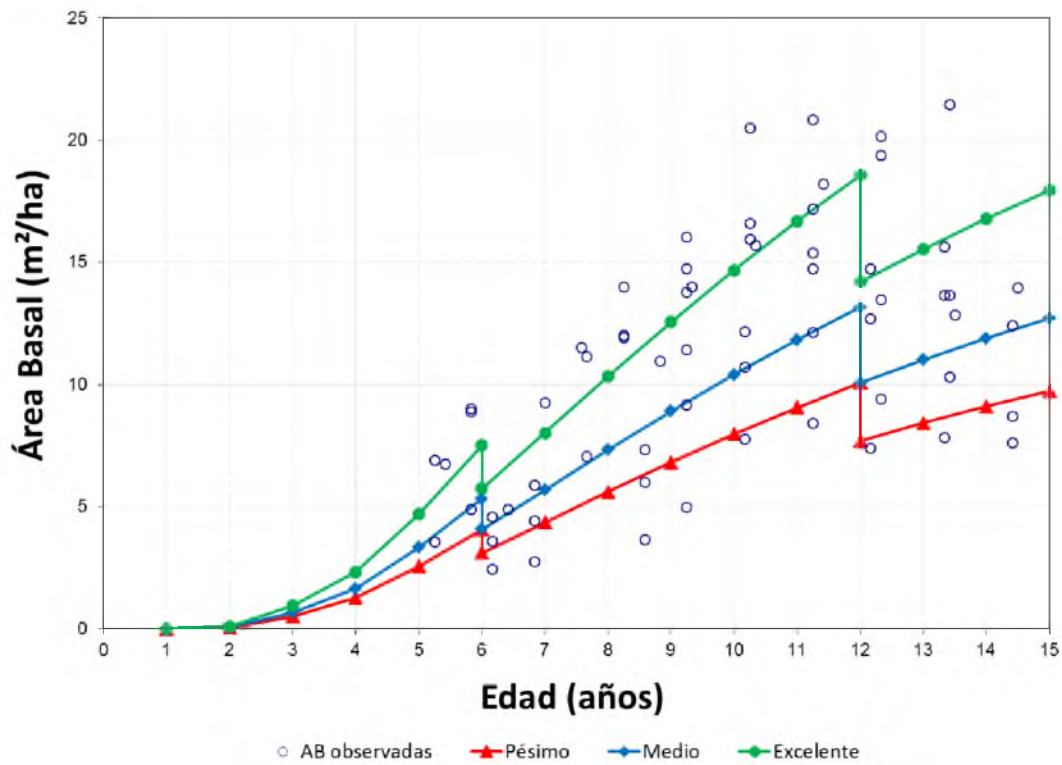
Gráfica 83. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Pterocarpus officinalis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



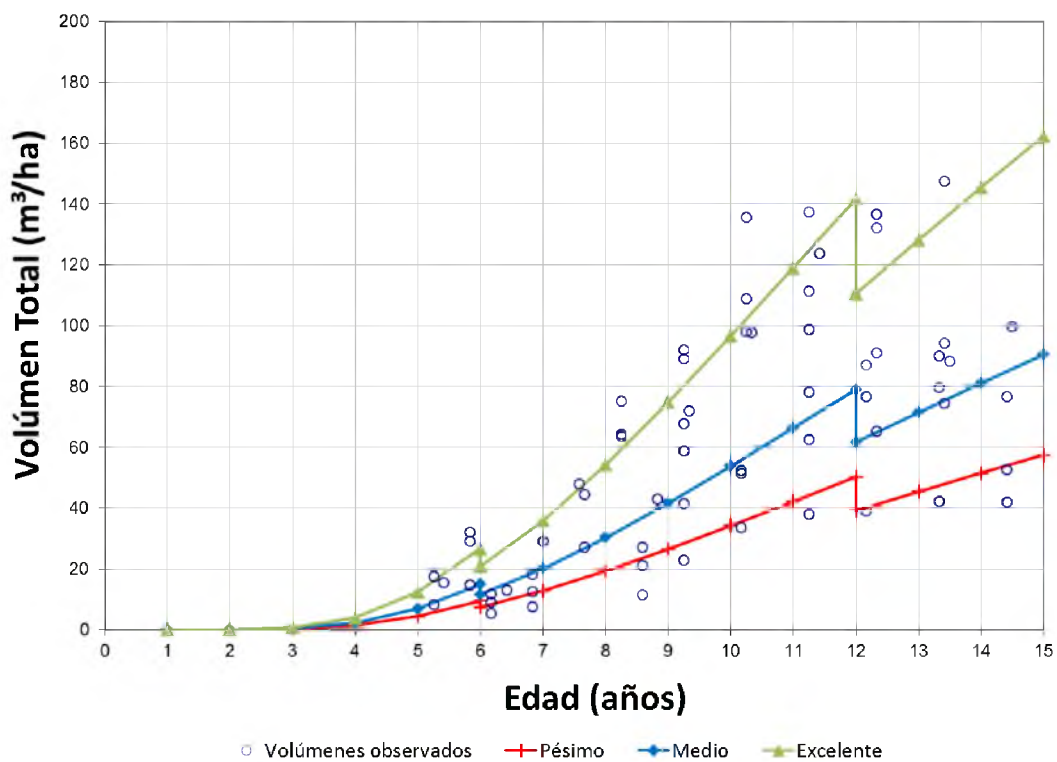
Gráfica 84. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Pterocarpus officinalis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 85. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Pterocarpus officinalis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 86. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Pterocarpus officinalis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.20 *Senna guatemalensis* (Donn.Sm.)H.S.Irwin & Barneby (**SENGU**)

Sinónimos: *Cassia siamea*¹⁷ Lam (CASSSI); *Cassia caeciliae* Harms; *Cassia guatemalensis* Donn. Sm.

Taxón intraespecífico:

Senna guatemalensis var. *calcareae* H.S.Irwin & Barneby
Senna guatemalensis var. *chiapensis* (Standl.)H.S.Irwin & Barneby
Senna guatemalensis var. *guatemalensis*
Senna guatemalensis var. *hidalgensis* H.S.Irwin & Barneby
Senna guatemalensis var. *oligantha* H.S.Irwin & Barneby
Senna guatemalensis var. *scopulorum* (Britton & Rose)H.S.Irwin & Barneby

Nombre Común: Casia

Descripción¹⁸:

Se usa para leña, postes y como abono verde incorporando la hoja al suelo, aunque para este fin da mejor resultado el uso de hoja de *Perymenium grande* en sitios semejantes. Esta especie es asociada normalmente con cultivos de maíz y frijol, en sistemas de agricultura migratoria tradicionales, usada como abono verde. Se ha usado también como sombra para café.

El uso de esta especie no se debe medir en términos comerciales, sino en el aporte que puede hacer en sistemas agroforestales para restaurar la fertilidad del suelo. Su ventaja principal es que crece en sitios donde muchas otras especies tradicionalmente usadas en sistemas agroforestales no pueden hacerlo.

Otras ventajas son la gran producción de semilla, la facilidad y rapidez de establecimiento por siembra directa, su rápido crecimiento inicial y la capacidad de formar rodales puros y competir con malezas, la falta de palatabilidad para el ganado por lo que se puede establecer en barbechos sin cerrarlos al pastoreo y la ausencia de espinas, lo cual facilita el manejo.

Las desventajas son que produce poca biomasa de hojas, su producto principal, produce una fuerte competencia con el cultivo anual, requiere una poda cuidadosa, no se reproduce de modo vegetativo y la madera no tiene valor comercial.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, se han incentivado únicamente 43.46 hectáreas a nivel nacional en tres localidades que corresponden a los municipios de Sanarate, El progreso; Chinautla y Fraijanes, ambos de Guatemala.

Crecimiento y productividad:

De las 3 localidades señaladas con plantaciones forestales de *S. guatemalensis*, el INAB instaló en su momento 1 PPMF en el área de Chinautla y 4 en Sanarate, las cuales han registrado información de plantaciones a partir de los 4.7 hasta los 14.75 años de edad, con una densidad inicial de 1,880 que producto de la silvicultura y mortalidad se reduce a 540 árboles/ha respectivamente; aunque no está demás mencionar que hasta el año 2013 no se habían registrado raleos en el área de Sanarate; los diámetros iniciales de 4.0

¹⁷ Esta especie se reportó originalmente como *Cassia siamea* (CASSSI) sin embargo, en la página electrónica de trópicos se reporta como nombre válido para para la especie correspondiente a Guatemala como *Senna guatemalensis*.

¹⁸ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE, 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp.)

a 12.3 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 4.8 a 12.9 metros durante el periodo evaluado.

Aunque existe una distancia significativa entre los dos sitios evaluados, es interesante ver que los promedios de crecimiento y productividad de ambos son similares, de esa cuenta es que se presentan dentro de una sola categoría de Índice de Sitio

A continuación en el cuadro 62, se presenta el promedio de incremento anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran la productividad de *S. guatemalensis* en los municipios de Chinautla y Sanarate a la edad de 16 años y una densidad de 600 árboles/hectárea.

Cuadro 62. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *S. guatemalensis* en los municipios de Chinautla y Sanarate.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (10.17 m)	0.62	0.80	0.35	1.42

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Con la información de las mediciones consecutivas en las parcelas descritas anteriormente se elaboró la familia de modelos de crecimiento, mismos que se presentan en el Cuadro 63.

Cuadro 63. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *S. guatemalensis* en los municipios de Chinautla y Sanarate

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -6.116833 * (1/T - 0.1))	0.90
Diámetro (cm)	= EXP(1.49521 -1.851407/T + 0.116224*S -0.000438*N)	0.84
Área basal (m ² /ha)	= EXP(-0.306671 -4.378177/T + 0.225725*S -0.000003*N)	0.68
Volumen total (m ³ /ha)	= EXP(0.584018 -9.960148/T + 0.294692*S + 0.000274*N)	0.85
Índice de Sitio (m)	= EXP(Ln(H) + 6.116833 * (1/T - 0.1))	0.90

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

El modelo de área basal del Cuadro 63 presenta un ajuste bajo (r² de 0.68) que implica que el 68% de los datos son explicados con dicho modelo, esto debido a que de las 5 parcelas solamente una recibe manejo, el cual contrasta significativamente con el resto de la muestra y reduce el ajuste del modelo.

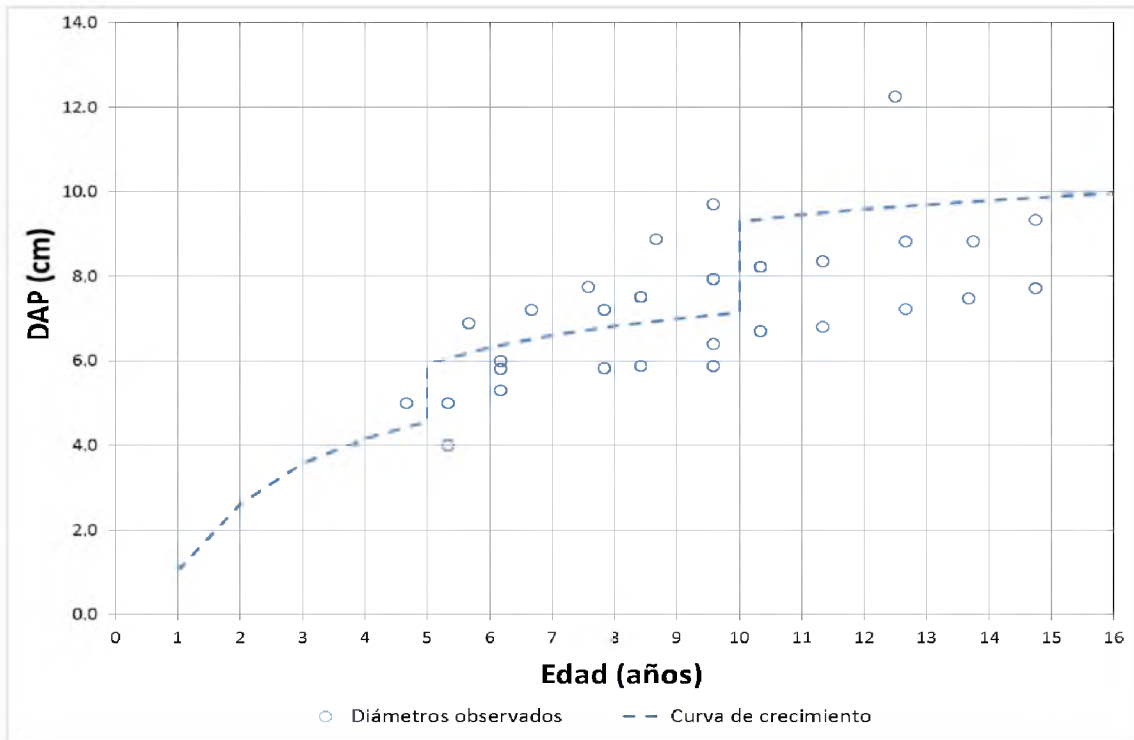
Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *S. guatemalensis* en los municipios de Chinautla y Sanarate se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 63, para el efecto, se estableció un perfil de manejo similar al proporcionado en los sitios de evaluación, con una densidad inicial de 1,800 árboles/ha, realizando un primer raleo a inicios del año 4 de aproximadamente el 30% de intensidad, dejando 1400 árboles/ha hasta el año 10, donde se realiza el segundo raleo de

aproximadamente un 50% de intensidad, para dejar un remanente de 600 árboles/hectárea que permaneciera hasta la corta final

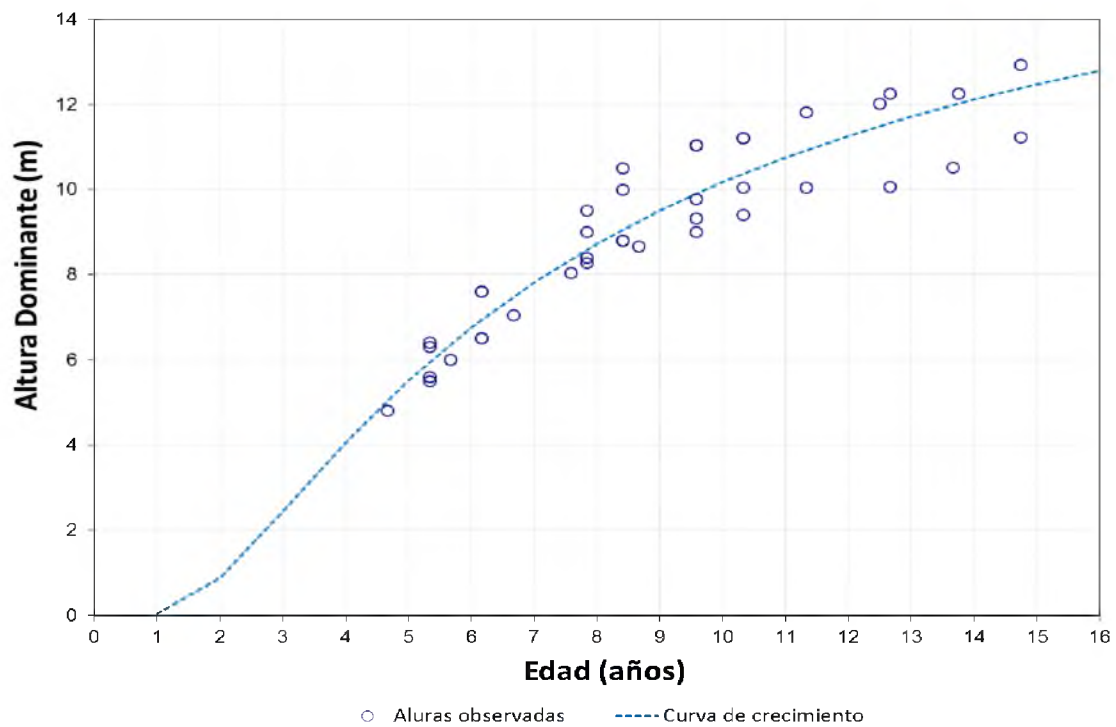
Es preciso hacer la salvedad que modelar con perfiles de manejo diferentes reducirán los ajustes a la posible realidad, debido a que los modelos para la especie en mención fueron generados con los datos de 5 parcelas.

Una vez definido el perfil de manejo se procedió a modelar el crecimiento de la plantación evaluada a partir del año 1 hasta el año 16 (edad de la última observación en campo).

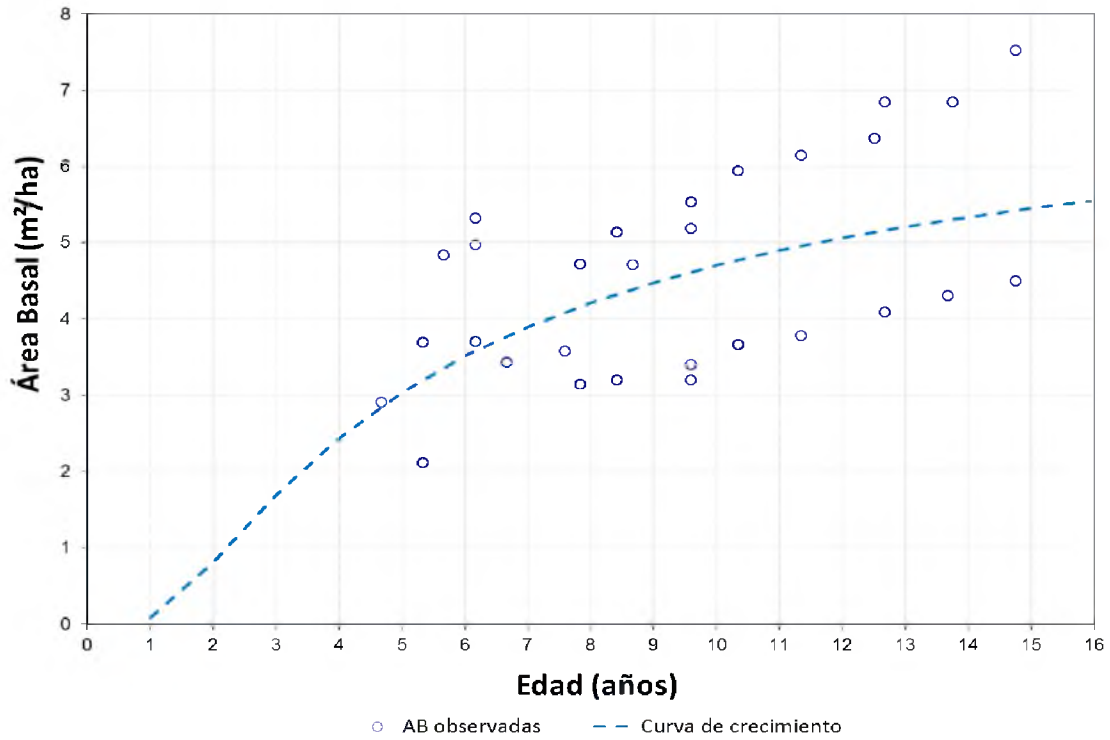
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *S. guatemalensis* en los municipios de Chinautla y Sanarate; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



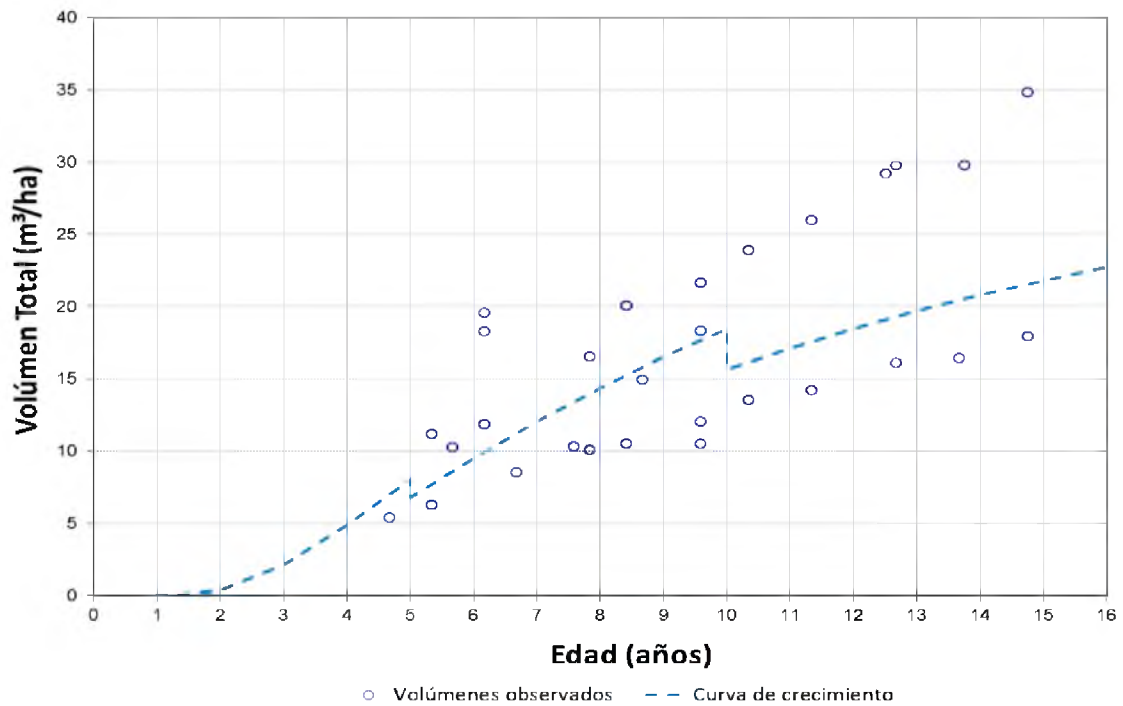
Gráfica 87. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Senna guatemalensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 88. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Senna guatemalensis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 89. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Senna guatemalensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 90. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Senna guatemalensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.21 *Simira salvadorensis* (Standl.) Steyer. **(SIMISA)**

Sinonimia para: *Sickingia salvadorensis* (Standl.) Standl.¹⁹

Nombre Común: Palo Volador

Descripción²⁰:

Características de la Madera:

Es de color rosado fuerte a rojo, comúnmente vetado con zona de color más oscuro. El corte radial presenta escenas originales de un crepúsculo pero los colores se desvanecen por la exposición a la luz tomando un café amarillento opaco. Textura fina, grano recto a irregular.

Características Físicas:

Madera de pesada a muy pesada, peso específico 0.66 gr/cm³. Cambio dimensional grande. Propiedades Mecánicas: Dureza lateral alta, resistencia al impacto alta y modulado de elasticidad mediano.

Trabajabilidad:

Se puede trabajar con maquina sin problemas. Aserrado fácil y bueno. Cepillado fácil y excelente. Torneado fácil y excelente. Lijado fácil y bueno. Clavado atornillado y resistencia al rajado fácil y muy pobre.

Durabilidad Natural:

Muy durable.

Secado:

Secado al aire libre moderado a rápido, pero existe peligro de rajaduras en las puntas, por lo que estas tienen que ser protegidas, especialmente en madera de 3 a 4".

Usos:

Elaboración de artículos de tornería, mangos de herramienta, construcciones rurales, carpintería y durmientes. Por su textura fina, densidad y carácter de la fibra sugieren posible uso para manufactura de lanzaderas.

En la base de datos del PINFOR, se reportan un área plantada de 27.61 hectáreas durante el periodo del 1998 al 2013; mismas que se registran en los Municipios de Chicacao (6.45 ha), en Suchitupéquez; Fray Bartolomé de las Casas (2.32) en Alta Verapaz; La Libertad (14.34 ha) y Sayaxché (0.5 ha) en Peten, y Santiago Atitlán (4 ha) en Sololá. Con este valor, esta especie se ubica en la posición 68 en preferencia para el establecimiento de plantaciones forestales.

¹⁹ Debe considerarse que algunos documentos elaborados para la costa pacífica identifican o asocian al volador como *Terminalia amazonia*, sin embargo aún está pendiente comprobar en campo la especie presente en la plantación evaluada.

²⁰ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edit. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp.)

Dinámica de Crecimiento y productividad:

S. salvadorensis, es una especie que ha sido evaluada únicamente en la Finca Mónica Ivonne, ubicada en la boca costa del municipio de Santiago Atitlán, Sololá en donde se reportan promedios de crecimiento de acuerdo con los presentados a continuación en el Cuadro 64.

Cuadro 64. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *S. salvadorensis* en finca Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (14.47 m)	1.0	1.24	0.99	5.80

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de se registra la información de 1 PPMF evaluada desde el año 2003 al 2013, cuya edad de la plantación corresponde a 6.3 hasta los 14.42 años, durante este periodo se registró una densidad inicial de 960 hasta 820 árboles/ha y diámetros (DAP) de 6.3 hasta 14.4 centímetros, con alturas dominantes que van de 9.2 m a 17.7 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el Cuadro 65.

Cuadro 65. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *S. salvadorensis* en la finca Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -7.563575 * (1/T - 0.1))	0.94
Diámetro (cm)	= Exp(2.624014 -10.108301/T + 0.030276*S +0.000414*N)	0.98
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.609769 -20.178575/T + 0.060325*S +0.001922*N)	0.98
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(5.394304 -23.23099/T + 0.128387*S -0.001331*N)	1.00
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 7.563575 * (1/T - 0.1))	0.94

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

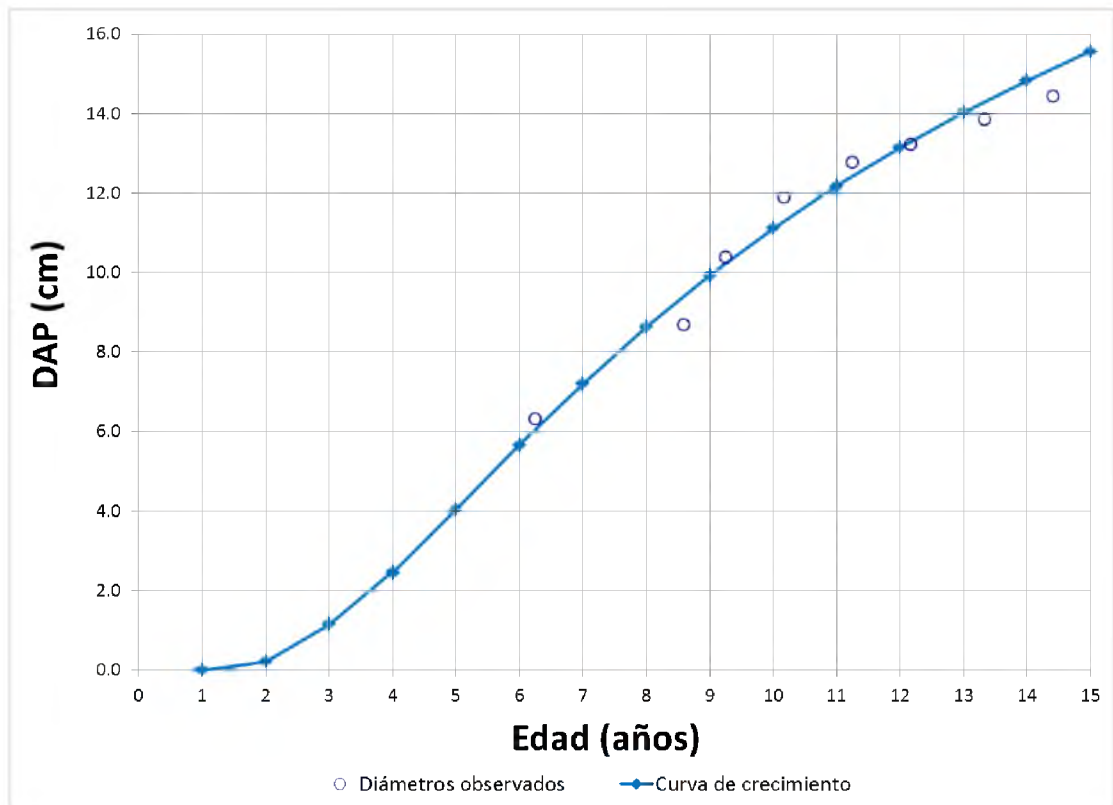
N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

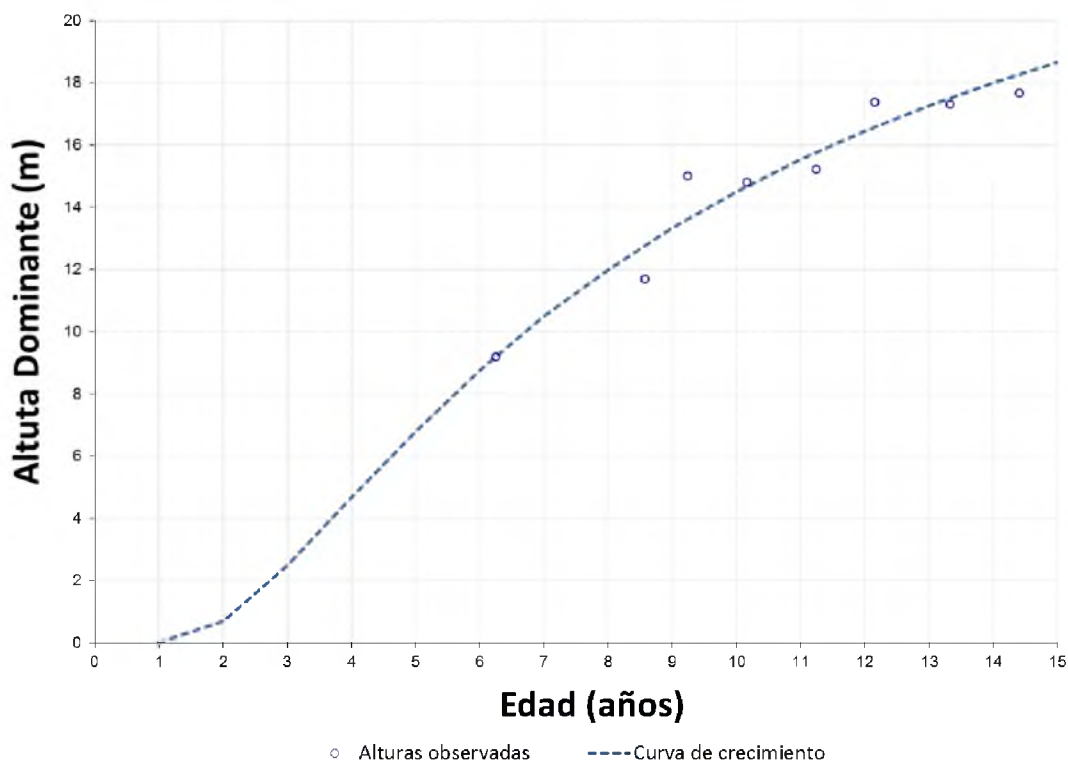
S = Índice de sitio

Para graficar los modelos de *S. salvadorensis* fué aplicado un perfil de manejo casi nulo, debido a que la única plantación evaluada no ha sido sujeta a raleos.

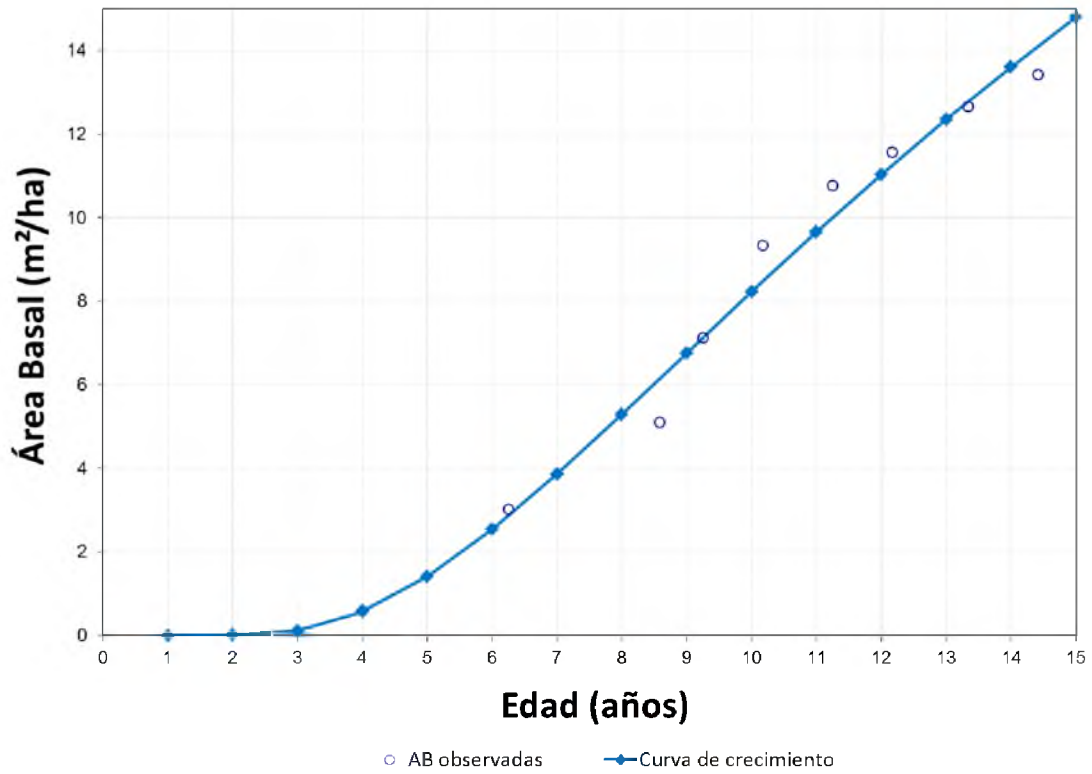
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *S. salvadorensis*; agregando además, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



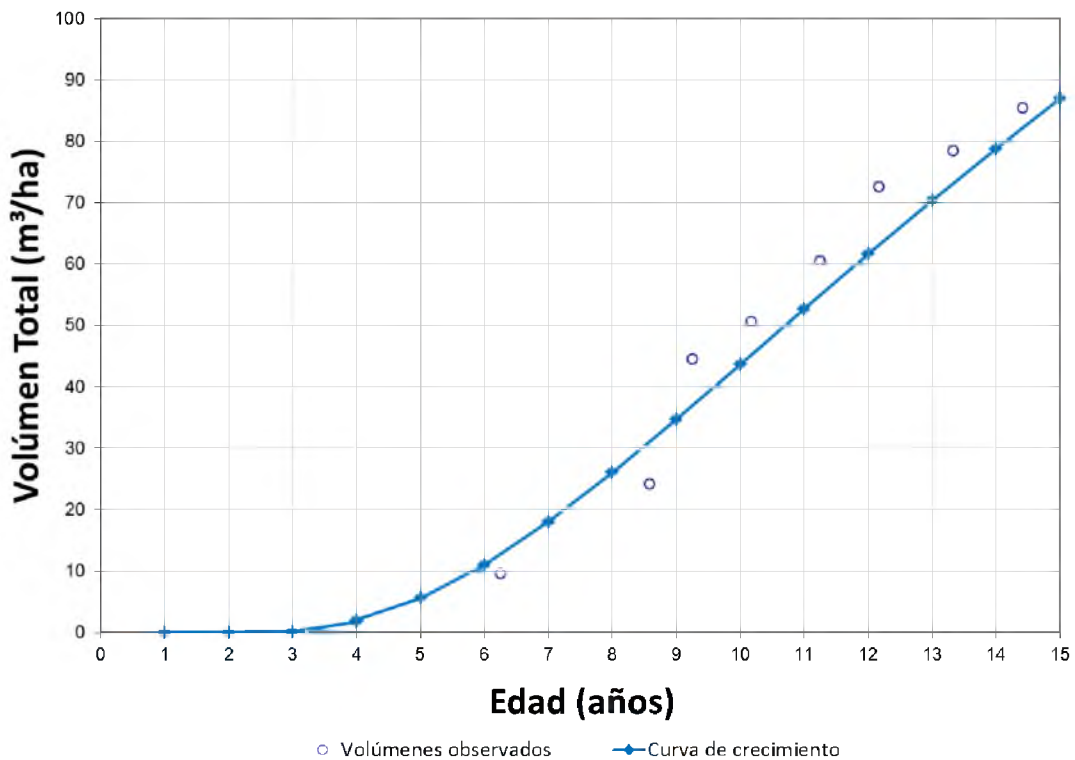
Gráfica 91. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Simira salvadorensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 92. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Simira salvadorensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 93. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Simira salvadorensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 94. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Simira salvadorensis*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.22 *Swietenia macrophylla* G. King (**SWIEMA**)

Nombre Común: Caoba, caoba del norte

Produce una de las maderas más conocidas y apreciadas del mundo para muebles, ha sido comercializada y utilizada internacionalmente por más de 400 años. Es una especie de crecimiento moderadamente rápido con características favorables para plantaciones, que puede producir madera de aserrío en turnos de rotación de 30-40 años.

La principal desventaja de las plantaciones es la susceptibilidad al barrenador del tallo (*Hypsipyla grandella*). Este insecto puede atacar diversas estructuras del árbol, pero el daño principal lo causa al barrenar el brote principal en árboles jóvenes, lo cual provoca ramificación, bifurcaciones, disminuyendo la calidad y el valor comercial del árbol.

La madera es conocida por su atractivo acabado y figura altamente decorativa, así como por sus buenas propiedades para usos comerciales. Aunque se usa principalmente para muebles y chapa decorativa, su facilidad para trabajarla y su alta resistencia en comparación a su peso la hace apta para un gran número de usos como construcción ligera, de embarcaciones, instrumentos musicales, modelos y maquetas.

Tiene gran valor comercial para la industria de tableros de calidad, aunque la variación en color, su grano ondulado, nudosidad y daños por el perforador, así como su escasez limitan un poco su aptitud para chapas de calidad.

También tiene un rango de usos menos frecuentes como medicinas, tintes y taninos en la corteza. La infusión de la corteza y semillas se usa contra diarrea y fiebre. La semilla es muy amarga y se ha usado para calmar el dolor de muelas. Contiene también aceites usados en la preparación de cosméticos.

Plantación:

Aunque se han establecido plantaciones en varios países a espaciamientos de 2x3 metros entre árboles, las plantaciones puras generalmente no son recomendables en esta especie, especialmente en áreas donde se esperan ataques severos del barrenador.

Hay evidencias de que la presencia de sombra lateral reduce el daño de la plaga, de manera que se puede recurrir a varias opciones, entre ellas: mezcla con otras especies arbóreas de crecimiento más rápido (ej. leucaena, eucaliptos); plantación en hileras dentro de bosquetes jóvenes o tacotales; o eliminación de malezas en carriles a lo largo de las líneas de plantación, dejando una franja con malezas en el centro, para permitir el desarrollo de barreras naturales entre las hileras de los árboles.

La primera opción tiene la ventaja adicional de que los otros árboles pueden proporcionar ingresos a menor plazo, mientras se completa el turno comercial de la caoba.

La caoba también puede establecerse en combinación con cultivos agrícolas anuales o perennes (café, cacao), a espaciamientos amplios de hasta 15x15 metros, dependiendo del cultivo y los objetivos. Los insumos y cuidados al cultivo agrícola además benefician a los árboles, los cuales pueden crecer más rápidamente y superar la fase de susceptibilidad al barrenador en menor tiempo.

Otro sistema que ha sido utilizado es la plantación de enriquecimiento de bosques. En este caso se limpian franjas de unos 2 metros de ancho en el bosque, espaciadas a 10

a 12 metros entre franjas, y se planta la caoba a lo largo de las franjas, típicamente a espaciamientos de 2 a 5 metros, dependiendo de la intensidad de manejo que se pretenda dar a la plantación; espaciamientos menores requerirán raleos en menor tiempo.

Por lo general, se respetan árboles vigorosos y de buena forma de otras especies valiosas que ocurran a lo largo de las franjas. Este sistema es ideal para bosques que han sido sobreexplotados y/o contienen pocas especies de valor.

Manejo:

S. macrophylla, produce una copa muy angosta durante los primeros años, que tarda en cerrar, de manera que se deben hacer limpiezas regulares a lo largo de las fajas de plantación, al menos durante los primeros 3 o 4 años. En sistemas de enriquecimiento del bosque se debe controlar el crecimiento de lianas y bejucos, que prosperan vigorosamente en estos ambientes y pueden dañar seriamente los árboles.

La caoba muestra una autopoda bastante satisfactoria, sobre todo en sistemas con sombra lateral, pero en espaciamientos amplios puede ser un problema la aparición de una copa baja que deja un fuste corto. Los árboles plantados para aserrío deben podarse para dejar un fuste único, largo y limpio de ramas, dejando el follaje necesario para el buen crecimiento del árbol.

En el caso de podas sanitarias ante ataques del barrenador, estas se deben hacer en dos pasos: primero eliminando el brote dañado o atacado, y unos tres meses después, una vez que se ha definido el eje dominante, eliminar los otros. Esto evita la formación de bifurcaciones en la parte baja del árbol, que será la más valiosa desde el punto de vista maderable. Este procedimiento se repite las veces que sea necesario para lograr una buena sección de fuste recto, o hasta que el ataque se diluya en ramas secundarias donde el efecto no es tan importante. En el caso de árboles más viejos, que han respondido al daño emitiendo dos o más ejes, debe efectuarse una poda para dejar solamente el mejor eje.

La Madera:

El duramen es rosado rojizo cuando joven, oscureciéndose con la edad hasta un marrón rojizo profundo. Tiene un lustre dorado, con textura y grano variado. Su gravedad específica es de 0.40-0.68 g/cm³. Se puede secar al aire y en hornos fácilmente, sin defectos apreciables. Es fácil de trabajar, y se obtienen excelentes acabados. El duramen es resistente a la pudrición marrón y blanca y tiene resistencia moderada a termitas.

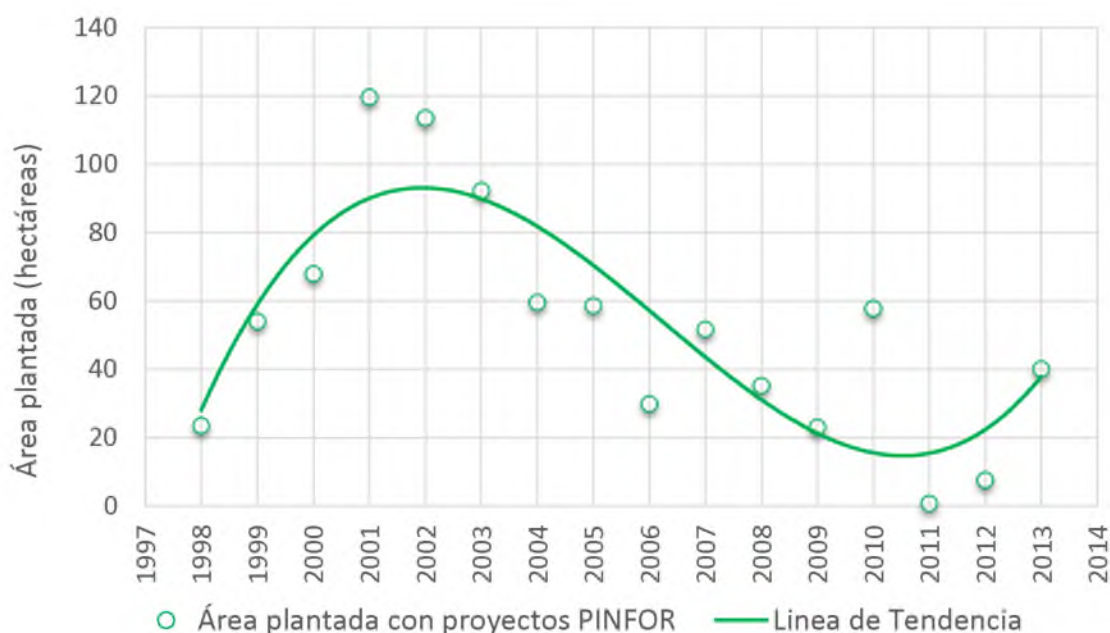
Crecimiento:

El IMA en diámetro en bosque primario es de aproximadamente de 0.4 cm. El crecimiento, sin embargo es más rápido en plantaciones, normalmente en el rango 1.2 a 1.4 cm por año. El crecimiento en altura varía típicamente entre 1 y 2 metros por año. En el bosque natural los árboles requieren 60-100 años para alcanzar un tamaño comercial mientras que en plantaciones pueden hacerlo en 30 a 50 años.

Debido a las limitaciones proporcionadas por esta plaga al crecimiento de la caoba, varios autores concuerdan con que las plantaciones puras están destinadas al fracaso y atribuyen a esta especial condición la preferencia por otras especies para la implementación de proyectos de reforestación.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, se han plantado un total 835.63 hectáreas hasta el año 2013, en la gráfica 95, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo

indicado, además, se agrega una línea de tendencia que aunque ha venido en detrimento, el valor de la madera es un incentivo más por la cual esta especie recupera la preferencia para establecer proyectos de reforestación.



Grafica 95. Área plantada con *S. macrophylla* durante el periodo 1998 al 2013.
 Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB, 2013

Es importante mencionar que en promedio se ha venido incorporando por año un promedio de 52 hectáreas de *S. macrophylla* a la cobertura nacional, también es interesante observar que la mayor cantidad de área plantada por año se registró en el año 2001, con un valor cercano a las 120 hectáreas, y que en su conjunto han hecho ocupar a *S. macrophylla* el puesto **veinte** en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación, de acuerdo con los registros del PINFOR.

En dicha base de datos se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 33 municipios, ubicados principalmente al norte del país, de donde es originaria naturalmente, no está demás indicar que el área reportada no corresponde a plantaciones puras, sino que en su mayoría corresponde al equivalente a la cobertura promedio de 1,111 árboles/ha en plantaciones mixtas, donde la distancia entre planta de caoba es amplia para reducir la incidencia a plagas.

La mayor concentración de esta especie se encuentra en los municipios de Fray Bartolomé de las casas, Sayaxché, Gualán, Cobán, Chisec y Flores en Peten, donde presenta áreas entre 45 y 100 hectareas por municipio.

Fuera del rango de su distribución natural se encuentran los municipios de Escuintla, Chinautla y San Raymundo, lo cual abre las expectativas para observar su desempeño en cuanto a su crecimiento bajo las condiciones de dichos municipios.

el Cuadro 66, se presenta el detalle de área reforestada con *S. macrophylla* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipios de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 66. Área reforestada por municipio con la especie de *S. macrophylla* en Guatemala.

Municipio	Área plantada (ha)	Municipio	Área plantada (ha)
Fray Bartolomé De Las Casas	97.43	San José	16.26
Sayaxché	82.16	Poptún	15.58
Gualán	59.98	San Pedro Carcha	14.71
Cobán	52.95	Chahál	13.2
Chisec	49.27	Santa Ana	12.41
Flores	47.66	Senahú	11.3
Livingston	40.64	Escuintla	9.57
Dolores	31.97	San Benito	8.85
El Estor	30.92	Chinautla	8.12
Santa María Cahabón	30.7	San Miguel Tucurú	7.93
Ixcán	30.52	Las Cruces	5.37
La Libertad	29.91	San Raymundo	3.61
San Luis	28.78	Concepción Las Minas	2.04
San Andrés	28.03	Salamá	2
San Francisco	23.66	Cuilapa	0.9
Panzós	22.63	San Agustín Lanquín	0.25
Morales	16.32		
Total general 835.63 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

En el presente informe se aborda el desempeño de *S. macrophylla* en plantaciones puras evaluada en las Fincas Hacienda Río Dulce en Livingston, Finca Tablitas en el Estor, ambas en el Departamento de Izabal y la finca Hidroeléctrica Río las Vacas en Chinautla, del Departamento de Guatemala.

De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 6 Parcelas Permanentes de Medición Forestal ubicadas en las fincas indicadas anteriormente y que registran un total de 32 mediciones consecutivas, con las cuales se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad.

Con dicha clasificación de la productividad de las plantaciones de *S. macrophylla* se ubicaron a los municipios evaluados en cada uno de estos escenarios, los resultados se presentan a continuación en el cuadro 67.

Cuadro 67. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *S. macrophylla* en Izabal y Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Izabal	Livingston	17.51	Excelente
	El Estor	13.40	Medio
Guatemala	Chinautla	6.00	Pésimo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 67, las PPMF evaluadas sitúan al municipio de Livingston dentro de la categoría de sitio Excelente (bajo condiciones

de la finca Hacienda Rio Dulce) y a El estor como un sitio Medio (bajo condiciones de la finca Tablitas) para el crecimiento de esta especie.

Por otro lado, la categoría correspondiente a Chinautla, en Guatemala, corresponde a Pésimo (bajo condiciones de la finca Hidroeléctrica Rio Las Vacas), cuyas condiciones son adversas para la especie por ubicarse lejos del rango natural de distribución para esta especie.

Uno de las iniciativas del Departamento de Investigación Forestal es ampliar la muestra de PPMF en plantaciones de esta especie, tanto puras como en mixtas, para proporcionar mejor información sobre los mejores sitios para establecer esta especie y obtener los mejores resultados de crecimiento, considerando que para esta especie es determinante obtener la mayor altura en el menor tiempo para reducir los problemas con plagas.

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos Medios Anuales (IMA) distintos; mismos que son presentados a continuación en el cuadro 68, en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para esta especie a la edad de 15 años. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 68. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *S. macrophylla* en Izabal y Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (5.40)	0.69	0.58	0.12	0.39
Malo (9.32)	0.97	1.00	0.24	1.22
Medio (13.24)	1.35	1.42	0.50	3.75
Bueno (15.60)	1.64	1.68	0.78	7.39
Excelente (17.96)	2.01	1.93	1.20	14.56

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra detallada arriba ha registrado información de plantaciones puras a partir de los 6.3 a los 15.67 años de edad, con densidades iniciales de 1020 árboles/hectárea que han llegado a 180 árboles/ha en los últimos años evaluados; diámetros iniciales de 6.0 que han llegado a 28.7 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 3.0 a 25.0 metros durante el periodo evaluado.

A continuación en el cuadro 69, se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con las mediciones consecutivas de la muestra detallada anteriormente, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 69. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *S. macrophylla* en Izabal y Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -10.900122 * (1/T - 0.1))	0.31
Diámetro (cm)	= EXP(2.630349 -10.089983/T + 0.075246*S + 0.000075*N)	0.90
Área basal (m ² /ha)	= EXP(0.830452 -20.722084/T + 0.164495*S + 0.001994*N)	0.91
Volumen total (m ³ /ha)	= EXP(2.239672 -32.894188/T + 0.260104*S + 0.002181*N)	0.90
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 10.900122 * (1/T - 0.1))	0.31

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

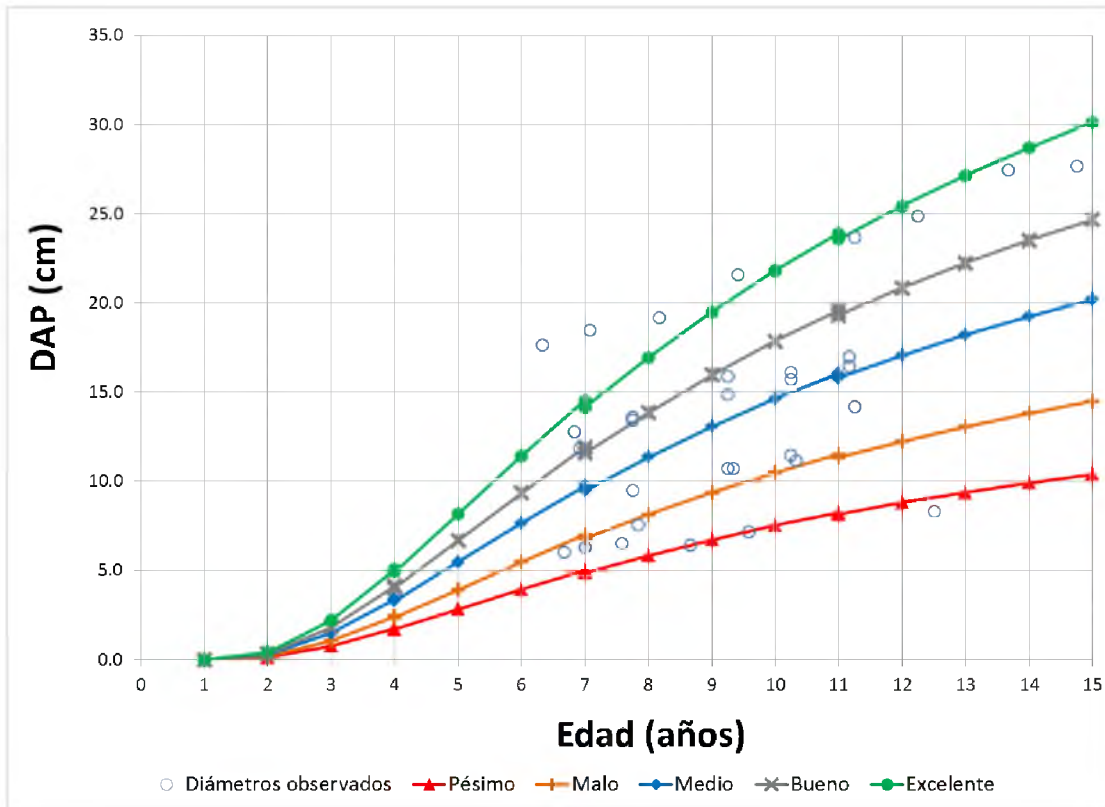
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *S. macrophylla* en los municipios evaluados; fueron desarrollados los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 69, para el efecto, se estableció un perfil de similar al proporcionado en los sitios de evaluación.

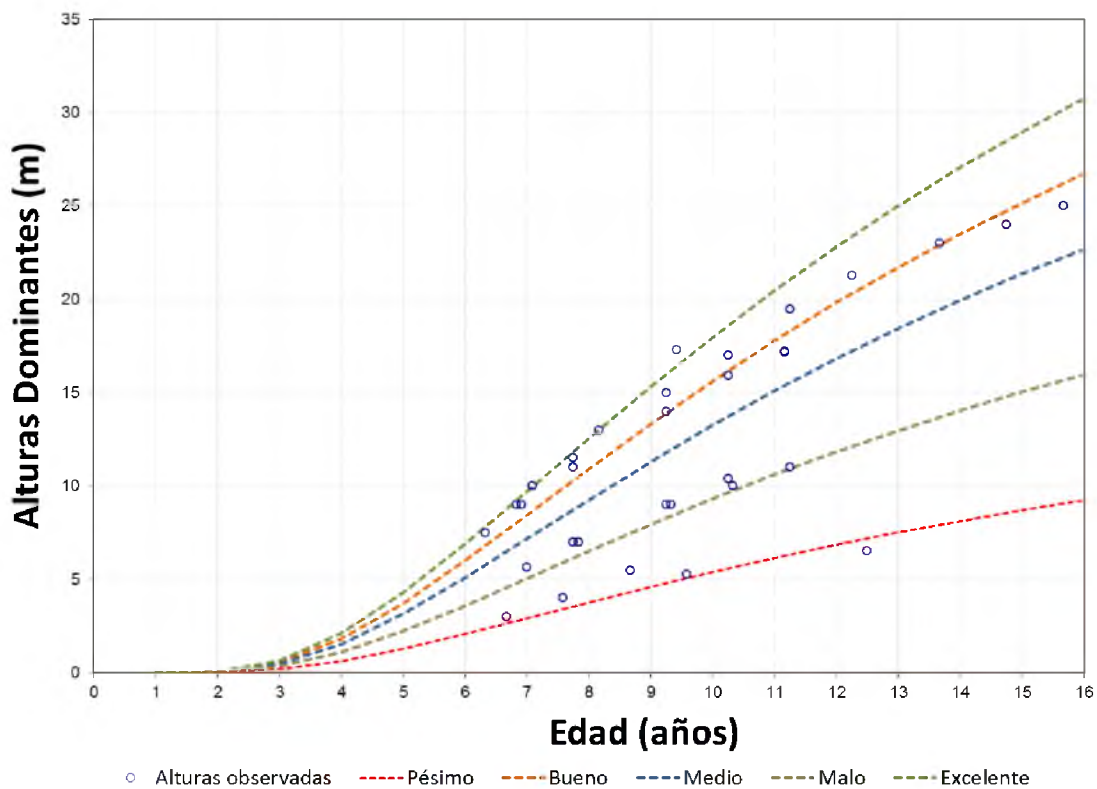
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1111 árboles/ha que al cuarto año se reduce a 900 árboles/ha producto de la mortalidad, a esta misma edad se efectuó un primer raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 600 árboles/ha que permanecen hasta el año 7, donde se aplicó un segundo raleo del 50% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta el año 15.

A continuación, se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total, para la especie de *S. macrophylla* en los Departamentos de Izabal y Guatemala; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



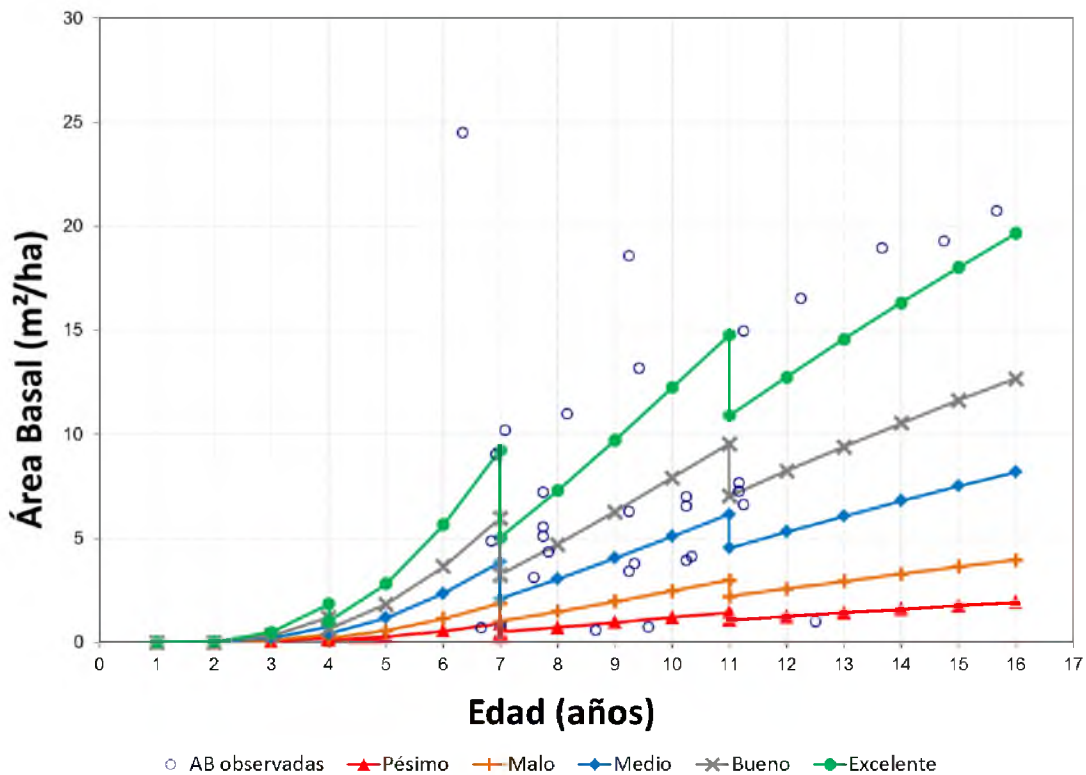
Gráfica 96. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Swietenia macrophylla*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

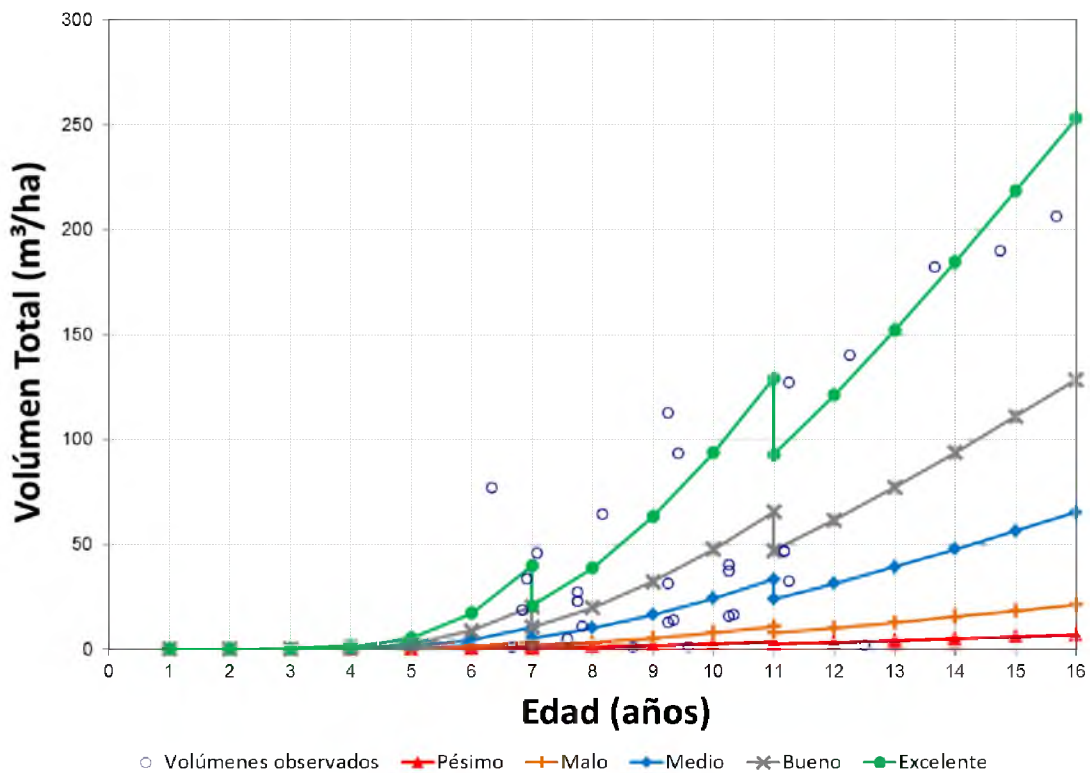


Gráfica 97. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Swietenia macrophylla*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



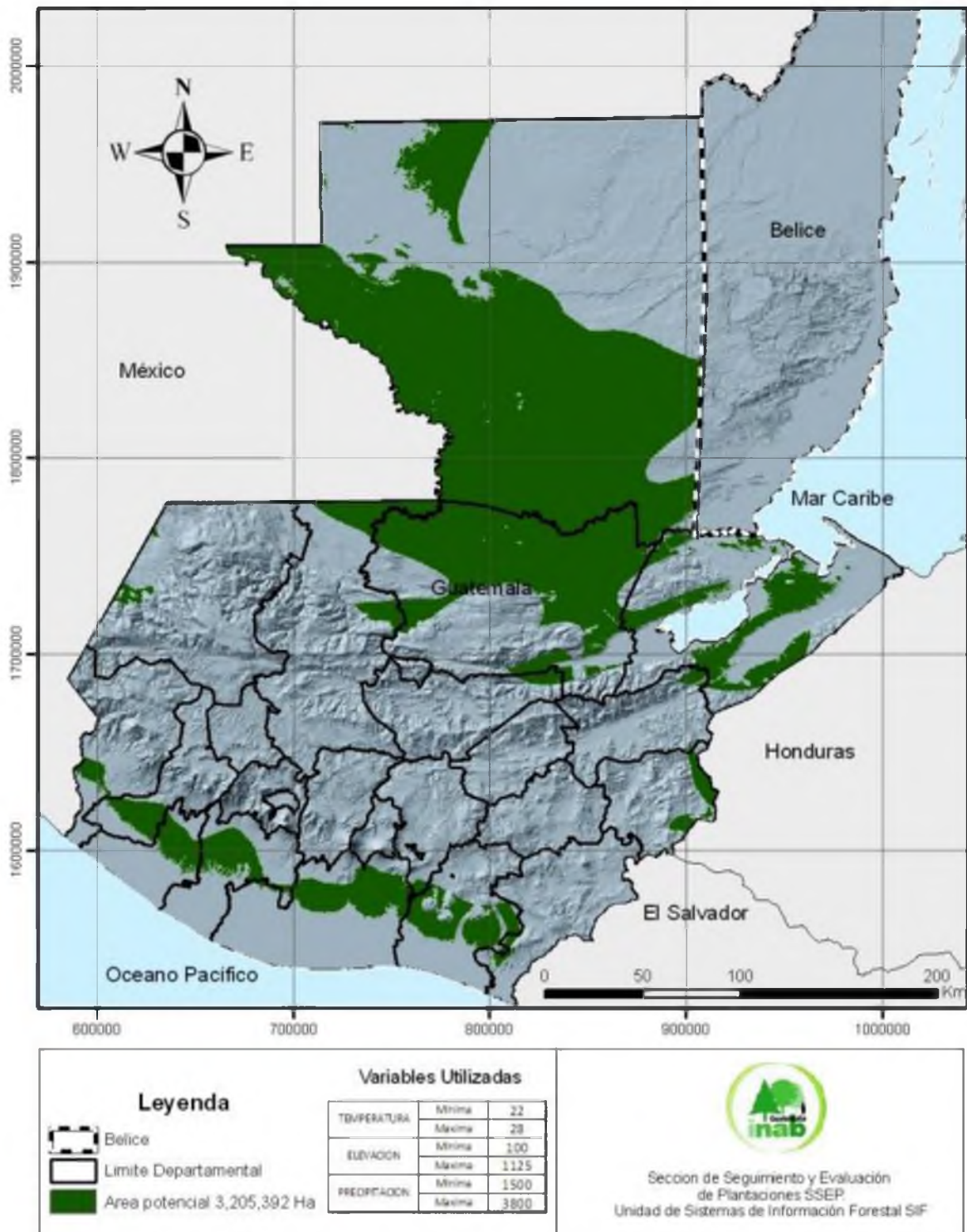
Gráfica 98. Curvas de crecimiento en Área Basal (m^2/ha), para la especie de *Swietenia macrophylla*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 99. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Swietenia macrophylla*
 Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Swietenia macrophylla*:

Mapa 10: Distribución potencial preliminar para la especie de *Swietenia macrophylla*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.23 *Tabebuia donnell-smithii* Rose (**TABEDO**)

Basónimo: *Tabebuia donnell-smithii* Rose:
Combinaciones: *Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert:
Roseodendron donnell-smithii (Rose) Miranda²¹

Nombre Común: Palo blanco

Descripción²²:

La especie produce una madera valiosa y duradera usada para construcción de muebles y enchapados, a veces es usada como madera estructural y leña. La madera presenta un color amarillento claro o un castaño amarillento claro, a menudo con vetas, peso liviano, muy sólida, no tiene ningún olor y sabor distintivo, tiene bastante lustre, la textura puede ser desde mediana hasta muy áspera, es fácil de trabajar y de un acabado muy liso; cuando se seca no se agrieta, cuando se ha manufacturado retiene bien su forma, no es resistente a al ataque de insectos, por lo cual necesita un tratamiento preventivo contra estos.

La madera es de grano fino y textura media, compacta, moderadamente pesada y fuerte. Sea la madera rubia o blanca, es muy estimada, aunque no es muy resistente a la pudrición, (Bailón, 1994); la madera de Palo Blanco se ha obtenido tradicionalmente del bosque natural y sistemas agroforestales. El Palo Blanco ha sido establecido a menudo también como ornamental, debido a su impresionante despliegue de flores amarillas; a veces se usa como sombra a orillas de carreteras, parques y hogares. (Bailón, 1994).

Preparación del área a plantar:

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

Plantación:

Se recomienda emplear un espaciamiento de tres por tres metros, al cuadro para plantar un total de 1,111 plantas por hectárea, con esta densidad se garantiza un número de plantas adecuado para la selección de los árboles remanentes para la cosecha final.

Labores culturales:

En se han encontrado los mejores crecimientos iniciales, cuando se efectúan tres o más limpias en el primer año, dos limpias en el segundo año y una limpia los siguientes años. Otra labor cultural importante es el plateo, que consiste en una limpia alrededor del árbol, a fin de eliminar la competencia más cercana a la planta.

²¹ De acuerdo con la lista de verificación anual del catálogo de la vida, el nombre valido de esta especie corresponde a *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda, por lo que se recomienda el empleo de dicho nombre para identificar al Palo Blanco.

²² Tomado del documento inédito de INAB: Selección de sitios para el establecimiento de Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) en Guatemala"

Cuando las plantas de Palo Blanco, han alcanzado alturas en las que no compiten con las plantas del dosel inferior, las limpiezas pueden ir dirigidas únicamente a eliminar plantas cercanas, enredaderas y bejucos, debido a que esta especie es muy susceptible al agobio y en ocasiones provoca que el crecimiento en altura se estanque.

En los sitios con mejor crecimiento, luego del segundo año, se presenta una cobertura muy densa de copas alta, lo cual disminuye el crecimiento de plantas en la parte inferior del dosel; en estos casos, no se requiere de una alta cantidad de limpiezas al año. En sitios con bajo crecimiento, se hace necesario continuar con las limpiezas, debido a que las plantas no deseables compiten por nutrientes.

Prácticas silvícolas intermedias:

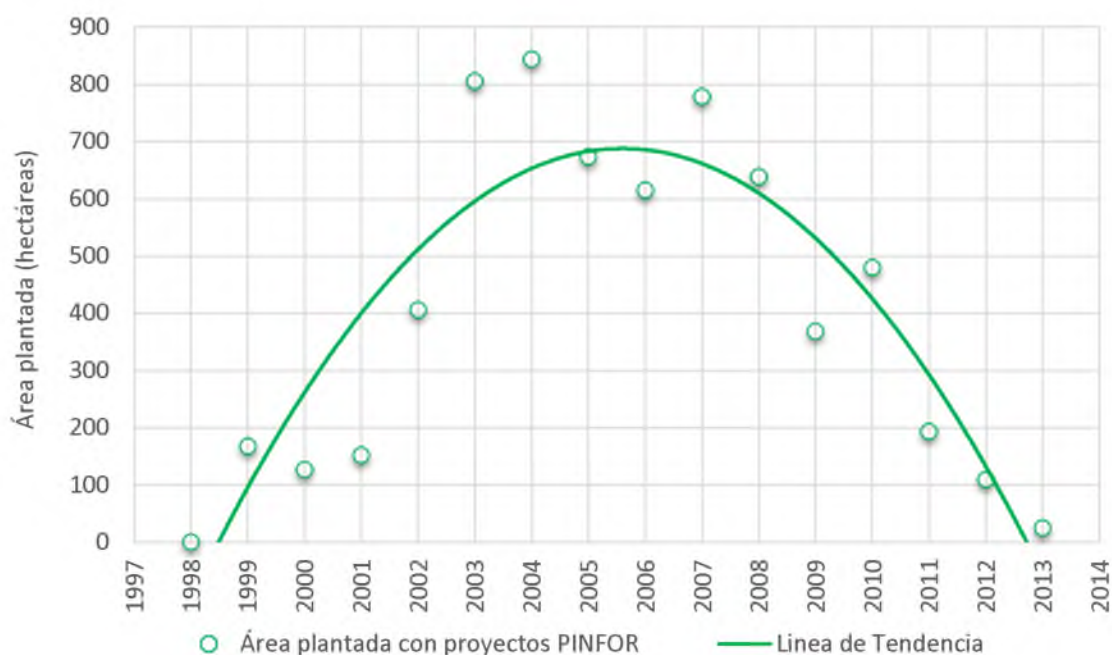
Realizar podas de formación es necesario para contribuir al buen crecimiento, principalmente en aquellos sitios de alta productividad. La presencia de ramas demasiado gruesas en los fustes de los árboles, disminuye la calidad de la plantación, en relación al producto esperado en la cosecha final.

- En general para la Familia Bignoniáceae (Palo Blanco y Matiliguaje), se recomienda efectuar el primer raleo, cuando la plantación alcance una altura de 8 a 9 m.
- Esta especie responden bien a intensidades de primer raleo cuyos porcentajes sean entre el 33% y 50% de la densidad.
- En muchos casos el primer raleo no será comercial, pero debe evitarse el atraso para retirar los árboles de mala forma, crecimiento lento o enfermos que compitan con los deseados para la corta final, a este tipo de raleo se le llama de saneamiento de la plantación. No olvide además que es más fácil cortar los árboles cuando son pequeños.

La falta de raleos puede provocar demasiada competencia, por luz y nutrientes, debilitando a los todos los individuos y haciéndolos propensos a ataque de algunas enfermedades, plagas y daños físicos (el descopado de árboles por causa del viento, es muy frecuente en esta especie).

Por la experiencia de algunos silvicultores se sabe que como el Palo Blanco, tiene la característica de auto poda, por lo cual no es necesario hacerlas para evitar desequilibrio en el anclaje del árbol, pudiendo además provocar cambios por tensiones en la estructura de la fibra de la madera, produciendo un producto de mala calidad al aserrarla. La presencia de ramas demasiado gruesas en los fustes de los árboles, disminuye la calidad de la plantación, en relación al producto esperado en la cosecha final.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 533 proyectos de reforestación que suman un total de 6386.86 hectáreas de área plantada durante el período de 1998 al 2013, en la gráfica 100 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo indicado, además, se agrega una línea que ha venido en detrimento en cuanto a la preferencia por establecer proyectos de reforestación con esta especie.



Grafica 100. Área plantada con *T. donnell-smithii* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación muestra un ascenso entre los años 1997 al 2004, para iniciar posteriormente con un descenso que se ha mantenido hasta el año 2013, esto refleja un promedio de 400 hectáreas anuales plantadas con *T. donnell-smithii*, también es interesante observar que la mayor cantidad de área plantada por año se registró en el año 2004, con valores cercanos a las 850 hectáreas, que han hecho que esta especie ocupe el **séptimo** lugar en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación.

Sobre el comportamiento y tendencia de esta especie es necesario comentar dos aspectos importantes que son:

1. Debido a la caída de los precios de café entre los años 2002 y 2003, muchas áreas principalmente de boca costa del país fueron sustituidas por plantaciones forestales de palo blanco, entre otras razones por ser una especie con demanda en la industria formal e informal y porque su área de distribución natural coincide bastante con la de café. Con el paso del tiempo los precios del café ha venido recuperándose, llamando nuevamente la atención de poseionarios de tierras aptas para dicho cultivo.
2. Esta tendencia puede asociarse a las experiencias de su cultivo, que ha llevado a concluir que es muy exigente en cuanto a calidad de sitio para su desarrollo óptimo, manifestando gran susceptibilidad y poca adaptándose fuera de esta, que provoca que los árboles se ramifiquen a baja altura, generando a futuro un bajo rendimiento en la producción de las mismas; ya que las ramas son muy torcidas; a ello debe agregarse la susceptibilidad a plagas y enfermedades que la hacen en términos comunes muy delicada en su manejo, desanimando a reforestadores a considerarla como especie para proyectos de reforestación.

La base de datos del PINFOR reporta la ubicación de esta especie en 88 municipios, tal como se presenta en el Cuadro 70, donde se observan varios municipios de Alta Verapaz, con la mayor concentración de área, seguida de municipios en la costa sur del país.

Cuadro 70. Área reforestada por municipio con la especie de *T. donnell-smithii* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
Cobán	762.61	San Juan Tecuaco	27.66
Senahú	659.47	Amatitlán	26.33
Santa María Cahabón	304.26	San Agustín Lanquín	26.25
Malacatán	287.93	El Quetzal	25.56
San Vicente Pacaya	279.61	San Lorenzo	25.35
Escuintla	271.42	Livingston	25
San Pedro Carcha	257.45	Santa Bárbara	24.85
San Miguel Tucurú	231.3	El Tumbador	22.51
Guanagazapa	195.76	San Luis	22.24
Oratorio	193.73	San Pablo	22
Colomba Costa Cuca	169.26	Tiquisate	21.67
Nuevo San Carlos	165.96	Retalhuleu	20
El Estor	163.94	Gualán	19.96
Panzós	150.54	Nueva Concepción	19.17
Chicacao	143.52	Samayac	19.07
El Palmar	106.38	Los Amates	16.67
Patulul	101.92	Conguaco	15.45
Santo Domingo Suchi.	95.28	Sanarate	15.3
Tecún Umán	86.44	La Libertad	13.54
Coatepeque	75.02	Poptún	13.4
Mazatenango	70.77	Catarina	11.77
Pajapita	67.37	Siquinalá	10.69
Chiquimulilla	65.27	Nuevo Progreso	10.62
Masagua	62.38	Sayaxché	9.47
Moyuta	61.12	San Martin Zapotitlán	9.2
Fray Bartolomé De Las Casas	60.76	Asunción Mita	9
San José	54.41	Rio Bravo	8.35
Chisec	53.79	Olintepeque	7.69
San Andrés Villa Seca	50.65	Pasaco	7.4
San Miguel Pochuta	48	Comapa	7.09
Purulhá	45.75	Barberena	6.75
San Miguel Panán	45.13	Santa Lucia Cotz.	5.9
Dolores	45.05	San Benito	5.4
San Cristóbal Verapaz	44.62	La Gomera	4.7
San Felipe	42.52	Zacapa	4.07
Ixcán	42.03	San Juan Bautista	3.68
Flores	35.08	Guazacapán	3.57
San Francisco	34.37	Palín	3.34
Génova Costa Cuca	33.97	Ocós	3.27
El Rodeo	32.9	Santa Cruz Barillas	2.87
Taxisco	32.54	Cuyotenango	2.68
Pueblo Nuevo Viñas	32.53	Jacaltenango	2.5
El Asintal	29.23	Cubulco	2.13
Cuilapa	28.7	Villa Canales	2
Total general 6386.86 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

T. donnell-smithii es una especie que ha sido evaluada en 14 municipios ubicados en 7 departamentos del país, tal como se presenta en el Cuadro 71. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 56 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 188 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados a través del Índice de sitio, ubicando a los municipios evaluados dentro de dichas categorías, tal como se muestra en el Cuadro 71 a continuación.

Cuadro 71. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *T. donnell-smithii* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de Sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Senahú	13.76	Medio
	Panzós	12.44	Medio
	Cobán	12.06	Medio
	Chisec	6.26	Pésimo
Escuintla	San Vicente Pacaya	11.96	Medio
	Guanagazapa	11.70	Medio
	La Democracia	7.73	Pésimo
Izabal	El Estor	9.81	Malo
Peten	San José	13.73	Medio
Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	13.85	Medio
San Marcos	Malacatán	15.96	Bueno
	Tecún Umán	13.77	Medio
	Chiquimulilla	11.65	Medio
Suchitepéquez	Santo Domingo	17.73	Excelente

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información de PPMF presentada en el Cuadro 71 se observa que los municipios de Santo Domingo en Suchitepéquez (bajo condiciones de la finca Buena Vista) es donde *T. donnell-smithii* cuenta con las mejores condiciones de sitio para su crecimiento, puesto que presenta un promedio de Índice de sitio Excelente, (alturas dominantes mayores a 17.13 a los 10 años).

Por otro lado 2 los municipios que se encuentran dentro de la categoría más baja de crecimiento (pésimo) son: i) Chisec en Alta Verapaz (bajo condiciones de la finca Don Bosco) y ii) La Democracia en Escuintla (bajo condiciones de la finca San Patricio). Otro municipio que donde esta especie presento mal crecimiento es en el Estor, Izabal (bajo condiciones de la finca Tablitas).

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos Medios Anuales (IMA) distintos; para presentarlos, se elaboró el cuadro 72 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *T. donnell-smithii* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 72. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *T. donnell-smithii* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (6.15)	0.53	0.49	0.09	0.27
Malo (9.55)	0.72	0.76	0.17	0.69
Medio (12.95)	0.98	1.03	0.32	1.73
Bueno (15.74)	1.26	1.25	0.53	3.69
Excelente (18.53)	1.61	1.47	0.87	7.87

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 56 Parcelas Permanentes de *T. donnell-smithii* distribuida a nivel nacional en 14 municipios ha registrado la dinámica de plantaciones evaluadas a partir de 2.0 años hasta 13.08 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 2,200 al inicio, hasta 160 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 2.4 hasta 18.0 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 1.7 m y que han llegado a 18.0 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 73.

Cuadro 73. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *T. donnell-smithii* en Guatemala.

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -3.617786 * (1/T - 0.1))	0.60
Diámetro (cm)	= Exp(1.663888 -2.480653/T + 0.089199*S -0.000146*N)	0.73
Área basal (m ² /ha)	= Exp(-0.668643 -4.714003/T + 0.181244*S + 0.00101*N)	0.69
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(0.117821 -8.184507/T + 0.271737*S + 0.000896*N)	0.81
Índice de Sitio	= EXP(Ln(Hd) + 3.617786 * (1/T - 0.1))	0.60

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

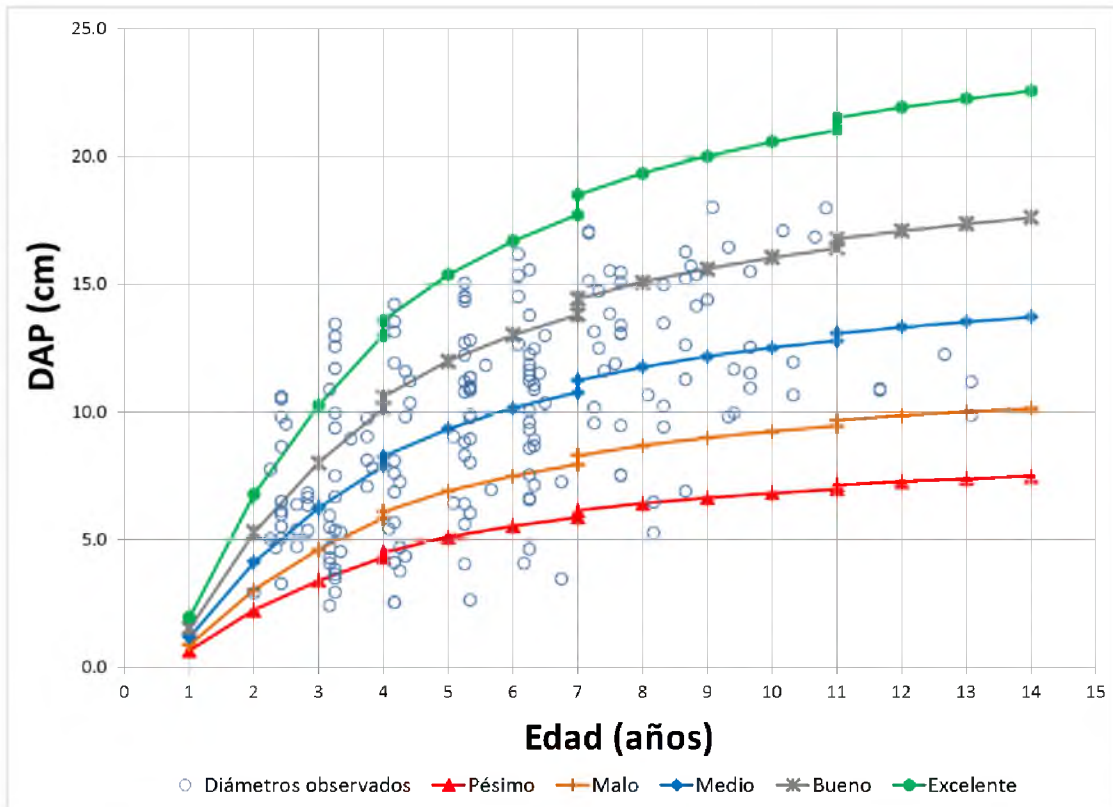
S = Índice de sitio (ver Cuadro 72)

Para presentar la dinámica de crecimiento de *T. donnell-smithii* se desarrolló gráficamente el modelo de crecimiento del Cuadro 73, para el efecto, se estableció un perfil de manejo que en promedio represente al manifestado en los sitios evaluados.

El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una única densidad inicial de 1111 árboles/ha que al cuarto año presenta 900 árboles/ha producto de la mortalidad y que permanecen hasta el año siete, donde se simuló un primer raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 600 árboles/ha que permanecen hasta el año once, momento en el que se simuló la aplicación de un raleo del 50% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta el año 15.

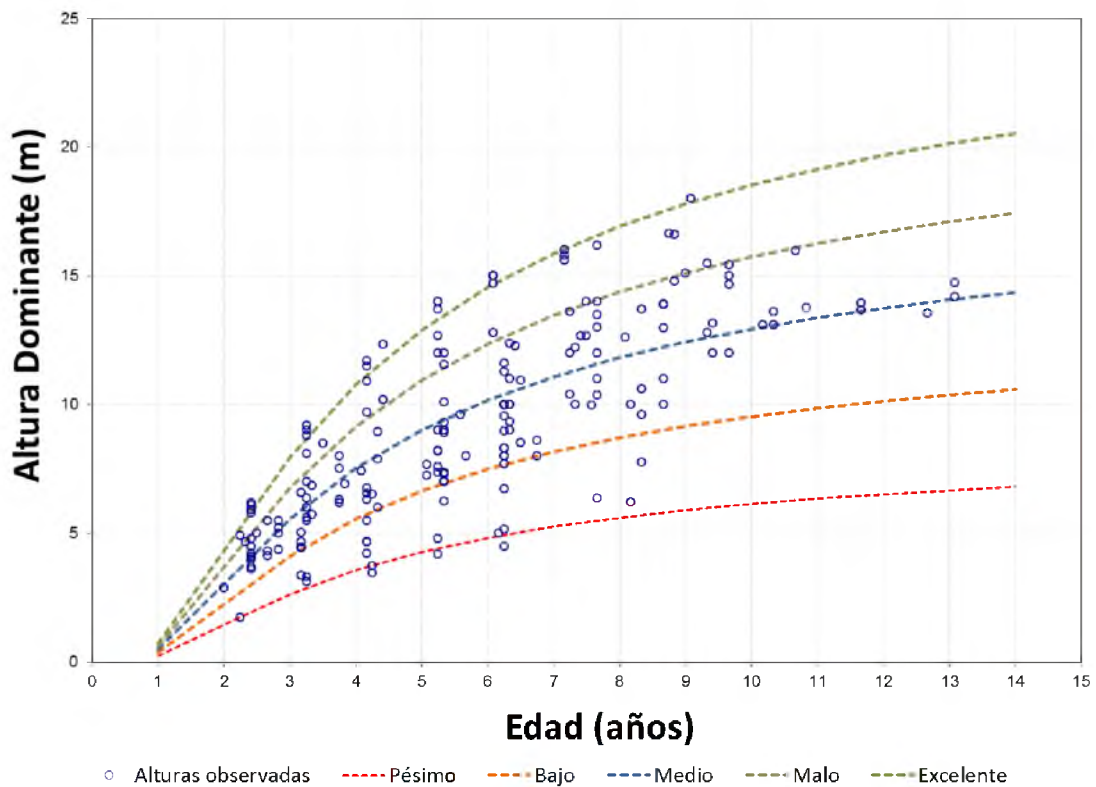
Es importante resaltar que la PPMF monitoreada en la costa sur (principalmente en municipios de categoría de sitio Excelente) registra una silvicultura más intensa que la del perfil descrito anteriormente, ya que los intervalos de tiempo entre los raleos se reduce, de tal forma que al año 10 cuenta con un promedio de 280 árboles/ha que están siendo destinados ya para la corta final.

A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *T. donnell-smithii*; agregando además en la gráfica, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



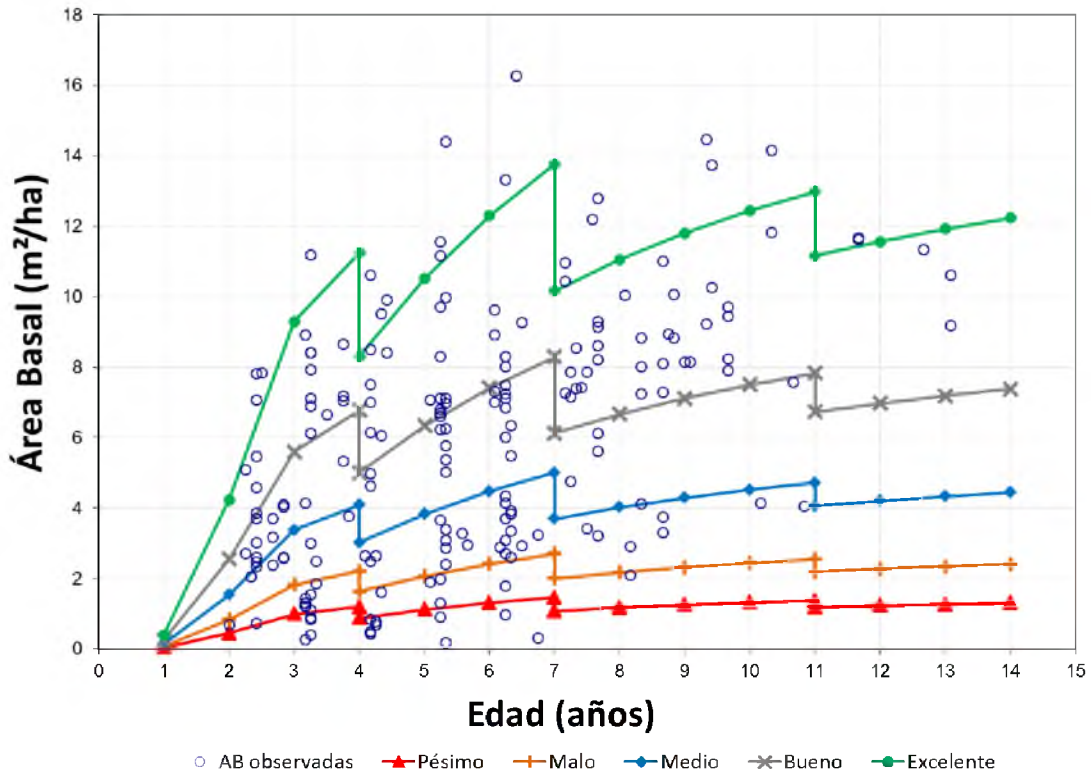
Gráfica 101. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

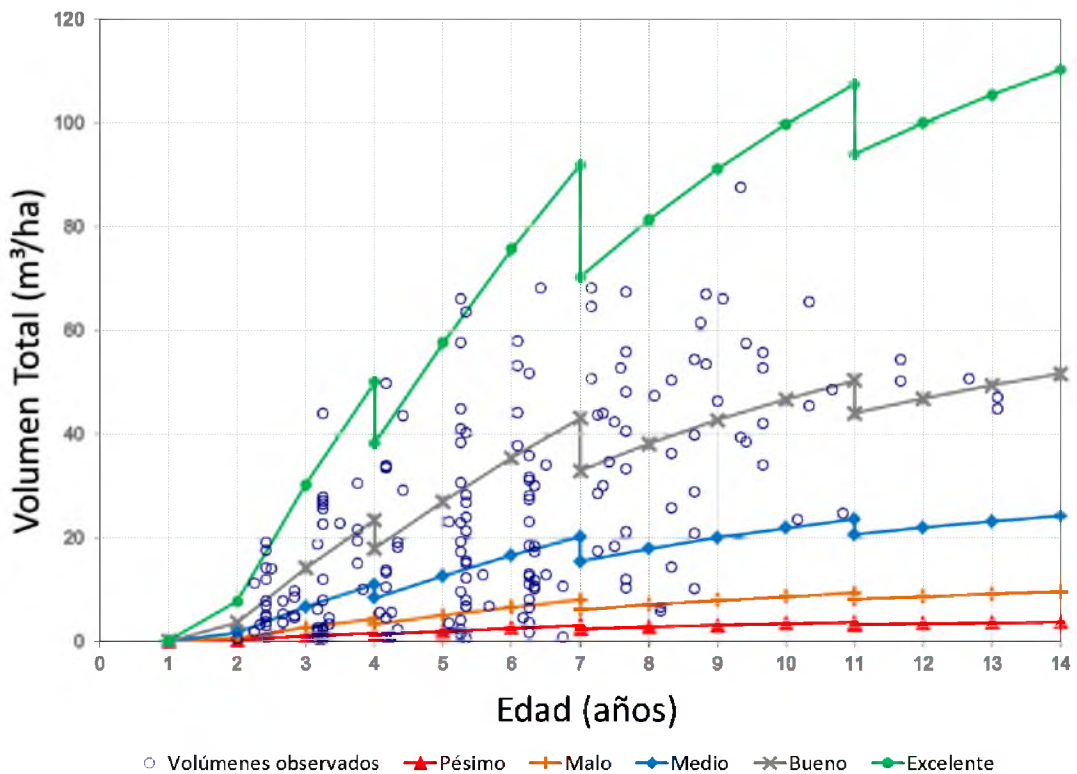


Gráfica 102. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



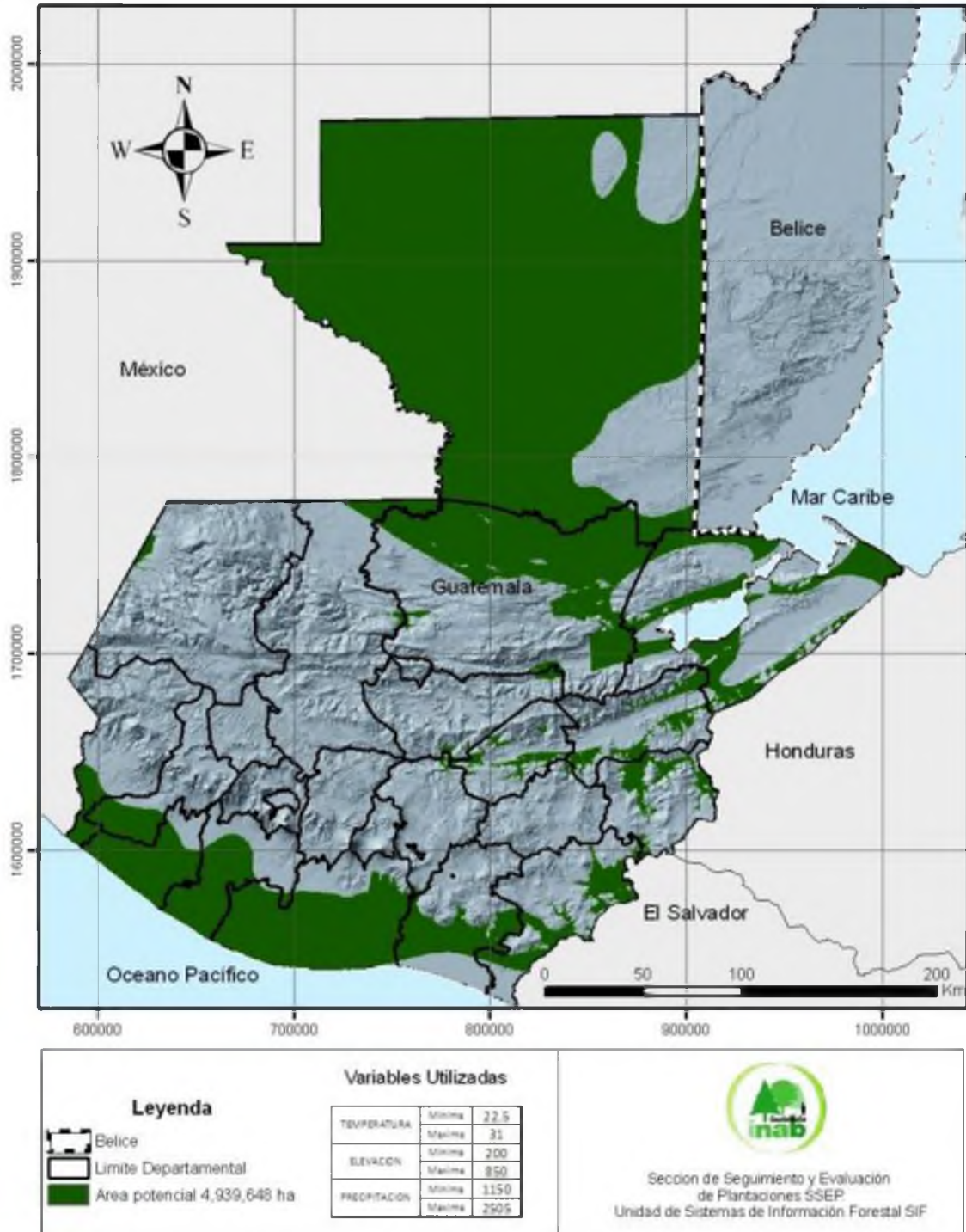
Gráfica 103. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 104. Curva de crecimiento en Volumen Total (m^3/ha) para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*:

Mapa 11. Mapa preliminar de distribución potencial para la especie de *Tabebuia donnell-smithii*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.24 *Tabebuia rosea* (Bertol) A. DC. **(TABERO)**

Nombre Común: Matilisguate

Descripción²³:

Es una especie cuya madera de buena calidad y valor lo hace muy importante en América Central. La madera es excelente para trabajar, con un acabado atractivo y una variedad de usos. Sus flores, lila-rosadas, lo hacen uno de los árboles más llamativos de América Central. Es el árbol nacional de El Salvador. Muestra un buen comportamiento en plantaciones y ensayos de enriquecimiento. Se utiliza también en sistemas silvopastoriles, linderos, como sombra y ornamental. Además tiene un alto potencial para uso en proyectos de restauración ecológica en zonas secas.

Plantación:

Esta especie no ha sido usada muy comúnmente en plantaciones puras debido a la tendencia del fuste a bifurcarse en los primeros años. Así en plantaciones se recomienda una alta densidad (por ejemplo 1600 árboles/ha), con espaciamiento inicial no más de 2.5*2.5 m.

La Madera:

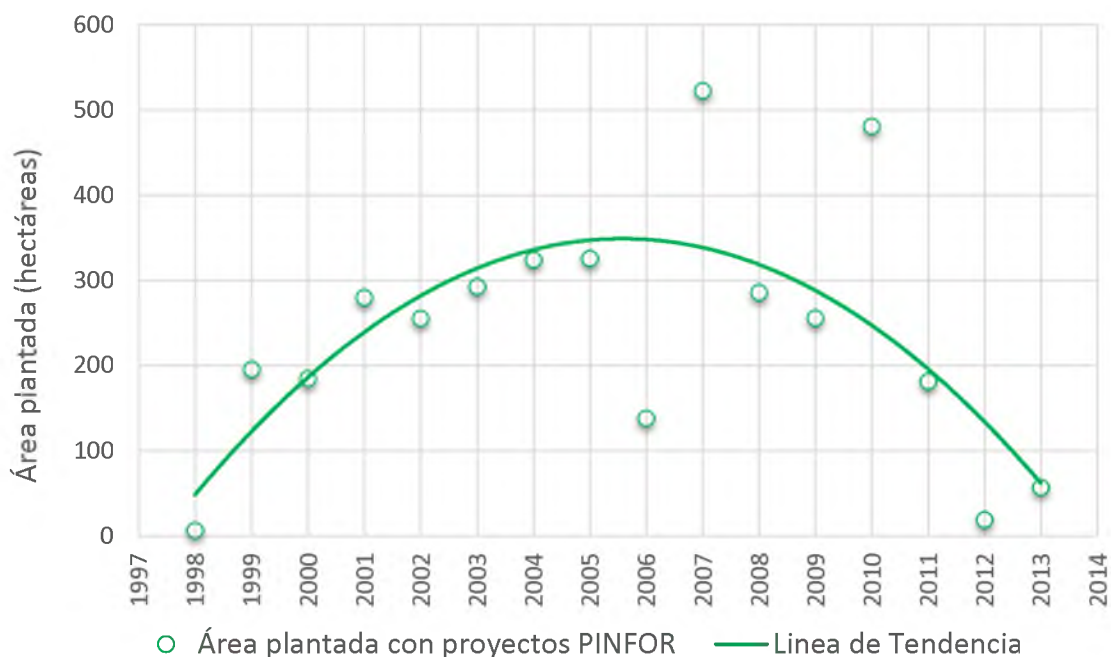
La madera es fácil de trabajar con herramientas manuales, tiene un acabado y lustre atractivo. La albura es rosada pálida en color, y el duramen un café-dorado hasta café castaño oscuro. De árboles maduros de bosque es posible obtener piezas de madera de buena calidad de 12-25 m de largo y 25-70 cm en diámetro. La madera es muy fácil de secar, y parecido en fortaleza a la teca (densidad 0,48-0,57 g/m³).

La madera es usada extensivamente para muebles, construcción liviana, botes, equipo deportivo, pisos, y chapados. Cuando está en contacto con el suelo la madera esta susceptible al ataque por insectos.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 465 proyectos de reforestación que suman un total de 3.810.16 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, en la gráfica 105 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo indicado, además, se agrega una línea que ha venido en detrimento en cuanto a la preferencia por establecer proyectos de reforestación con esta especie.

No esta demás indicar que el área reportada anteriormente, corresponde a la suma de *Tabebuia rosea* y *Tabebuia pentaphylla*, ya que dentro de la base de datos se le ha proporcionado ambos nombres para referirse a la misma especie que es Matilisguate.

²³ Tomado de Árboles de Centroamérica (CATIE. 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 pp.)



Gráfica 105. Área plantada con T. rose durante el período 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB.

Como se indicó anteriormente, la tendencia a establecer esta especie en proyectos de reforestación muestra un ascenso entre los años 1997 al 2007, para iniciar posteriormente con un descenso que se ha mantenido hasta el año 2013, pero en promedio se ha plantado 238 hectáreas anuales con T. rose, también es interesante observar que la mayor cantidad de área plantada se registró en el año 2007, con valores cercanos a las 500 hectáreas, que han hecho que esta especie ocupe el noveno lugar en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación.

Sobre el comportamiento y tendencia de esta especie, es necesario comentar que ha sido empleada para reforestar sitios que pasan inundadas alguna temporada por año, haciendo alarde de soportar dichas condiciones, sin embargo con el paso del tiempo se ha observado y comprobado que si bien es cierto que la especie soporta humedad e inundación, el desarrollo de los árboles es marginal, lo cual ha influido que la preferencia por esta especie vaya en detrimento para su uso comercial, sin embargo para la restauración ecológica es muy funcional.

La base de datos del PINFOR reporta la ubicación de esta especie en 49 municipios, tal como se presenta en el Cuadro 74, donde se observan varios municipios de Petén, con la mayor concentración de área, seguida de municipios en la costa sur del país.

Cuadro 74. Área reforestada por municipio con la especie de *T. rose* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
San Francisco	606.79	Senahú	10.00
Santa Ana	514.52	Asunción Mita	9.00
La Libertad	391.18	Nuevo San Carlos	9.00
San Andrés	388.13	Chinautla	8.66
Sayaxché	282.55	Tiquisate	8.36
Fray Bartolomé De Las Casas	253.43	Gualán	6.48
Dolores	208.76	Santa M. Cahabón	6.00
Retalhuleu	203.59	El Estor	4.81
Cobán	153.63	Chiquimulilla	4.11
Flores	136.34	Taxisco	3.89
San José	133.44	Oratorio	3.63
San Benito	67.75	San Raymundo	3.63
Escuintla	67.49	Pueblo Nuevo Viñas	2.92
Poptún	58.33	Tecún Umán	2.33
Chisec	50.57	Guazacapán	2.27
Coatepeque	35.3	Moyuta	2.00
Ixcán	28.81	Panzós	1.99
Pajapita	24.00	El Palmar	1.00
Chahal	23.30	Nueva Concepción	1.00
Masagua	18.27	Santo Domingo Suchi.	1.00
Guanagazapa	17.05	Cuilapa	0.99
Patulul	16.26	La Gomera	0.59
San Luis	16.02	Colomba Costa Cuca	0.5.0
La Democracia, Escuin.	11.00	Santa Lucia Cotz.	0.19
Purulhá	10.00		
Total general	3810.86		

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

A manera de introducción sobre el crecimiento de esta especie es preciso volver a mencionar que esta especie se ha destinado a sitios con limitaciones principalmente de drenaje y aunque ha resultado tolerante a dichas condiciones, no ha sido el común denominador de todos los individuos de la población, por lo que año con año se realizan jornadas de replante, para reponer los individuos muertos del año anterior.

Esta dinámica es evidenciada en varias plantaciones y aunque el número de unidades de muestreo es grande, resulta el común denominador para plantaciones con esta especie, la excepción será en todo momento sitios que provean de forma excepcional las condiciones que requiere *T. rose* para su desarrollo, pero actualmente se evalúan como se describe a continuación.

De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 23 Parcelas Permanentes de Medición Forestal *T. rose* ha sido evaluada en 6 municipios ubicados en 4 departamentos del País, con un total de 49 mediciones consecutivas, determinándose 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad, indicados a través del Índice de sitio, ubicando a los municipios evaluados dentro de dichas categorías, tal como se muestra en el Cuadro 75 a continuación.

Cuadro 75. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *T. rose* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Fray Bartolomé de Las Casas	6.13	Malo
Izabal	El Estor	6.68	Malo
Petén	San Francisco	4.54	Pésimo
	San Andrés	7.84	Medio
	La Libertad	9.17	Bueno
Suchitepéquez	Patulul	12.41	Excelente

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información de PPMF presentada en el Cuadro 75 se observa que el municipio de Patulul en Suchitepéquez (bajo condiciones de la finca El Horizonte) es donde *T. donnell-smithii* manifiesta los mejores crecimientos e indicando el mejor sitio para el crecimiento de dicha especie dentro de los evaluados, puesto que presenta un promedio de Índice de sitio Excelente, (alturas dominantes mayores a 12.29 a los 10 años).

Por otro lado se ubicó al municipio de San Francisco, del Departamento de Peten con un índice de sitio Pésimo (bajo condiciones de la finca Doña Irene) por presentar una altura dominante no mayor a 4.87 metros a los 10 años. Las unidades ubicadas en los municipios de Fray Bartolomé de las casas en Alta Verapaz bajo condiciones de la finca Crucero Calle IV) y El Estor en Izabal (bajo condiciones de la finca Tablitas) los ubican en índices de sitio Malo.

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA) distintos; para presentarlos, se elaboró el cuadro 76 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *T. rose* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 76. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *T. rose* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (3.83)	0.35	0.30	0.04	0.07
Malo (5.90)	0.49	0.47	0.07	0.16
Medio (7.97)	0.68	0.63	0.13	0.41
Bueno (10.85)	1.07	0.86	0.32	1.46
Excelente (13.73)	1.69	1.09	0.76	5.23

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 23 Parcelas Permanentes de *T. rose* distribuida a nivel nacional en 6 municipios ha registrado la dinámica de plantaciones evaluadas a partir de 1.8 años hasta 12.67 años de edad, en este rango de edades presentaron densidades que van de 1340 al inicio, hasta 200 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP)

que van de 1.25 hasta 22.3 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 1.6 m y que han llegado a 15.6 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 77.

Cuadro 77. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *T. rose* en Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -3.662898 * (1/T - 0.1))	0.43
Diámetro (cm)	= Exp(1.320543 -4.009256/T + 0.158326*S -0.000237*N)	0.94
Área basal (m ² /ha)	= Exp(-1.422144 -8.124784/T + 0.299527*S + 0.001255*N)	0.91
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(-1.137584 -12.265933/T + 0.4431*S + 0.001109*N)	0.94
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 3.662898 * (1/T - 0.1))	0.43

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

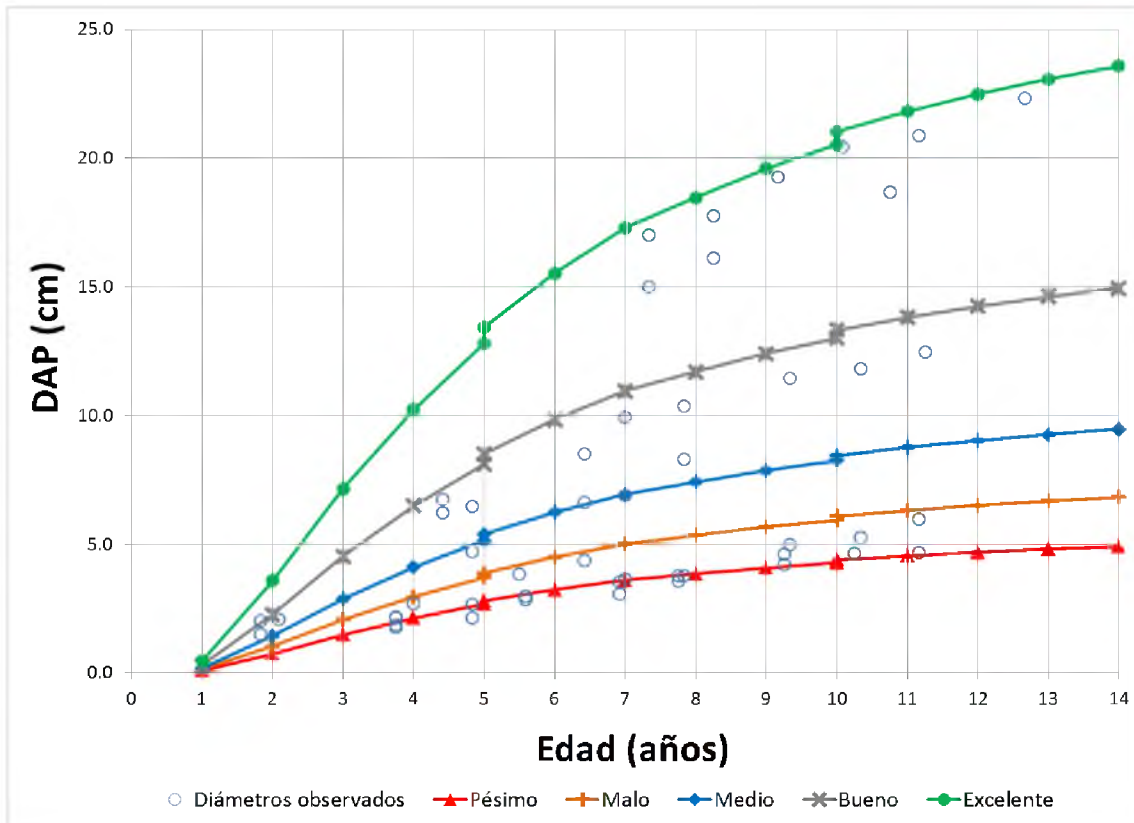
Las series de datos que resultan de la familia de modelos del Cuadro 77 son representables en graficas de curvas, que permiten observar de mejor forma los distintos escenarios de producción para *T. rose* en Guatemala, a través de los Índices de Sitio determinados en el Cuadro 76, estableciendo un rango de edad de 1 a 14 años y un perfil de densidad descrito a continuación.

Para esta especie se ha observado una alta mortalidad que no permite emplear un perfil de manejo plenamente estructurado, con fechas exactas para los raleos. Por tal razón en vez de establecer un perfil como tal, se emulo la mortalidad tal como se muestra en la siguiente tabla.

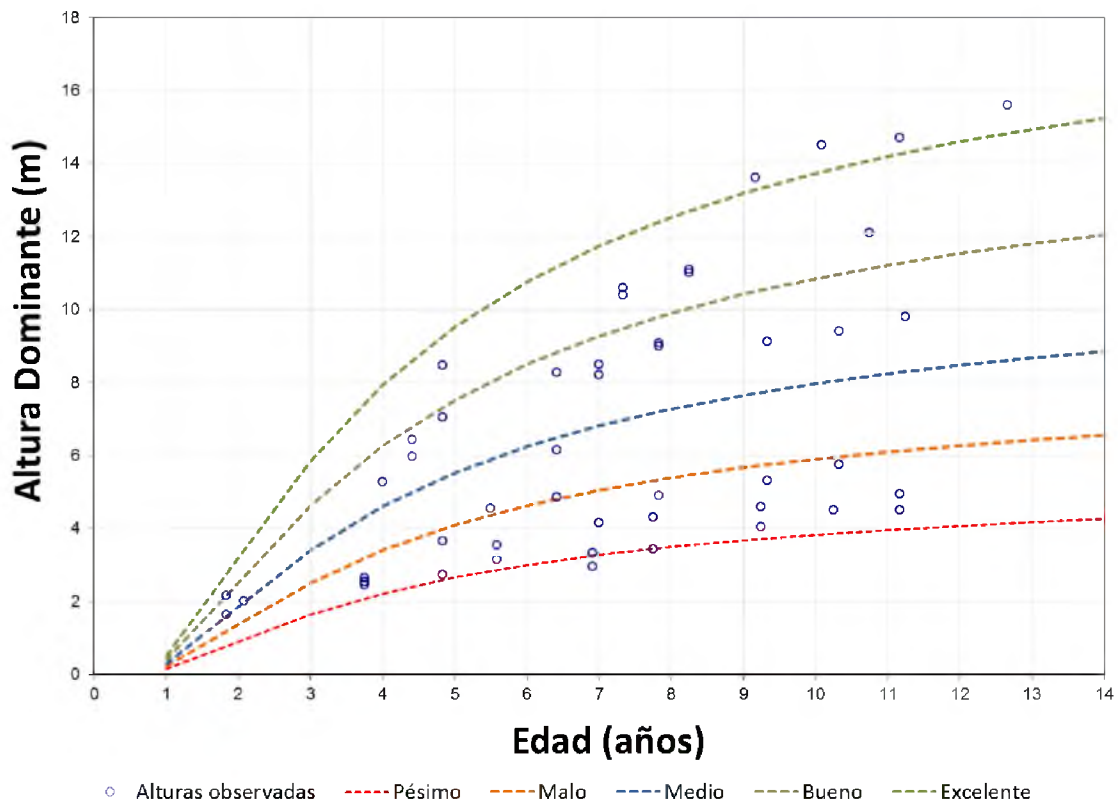
Edad (años)	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10
Densidad (árboles/ha)	1000	900	800	700	600	400	350	300	325	312	200

La mortalidad se estabiliza a partir del año 10, llegando a 200 árboles/ha de donde a dicha edad y manteniéndose a partir de la misma.

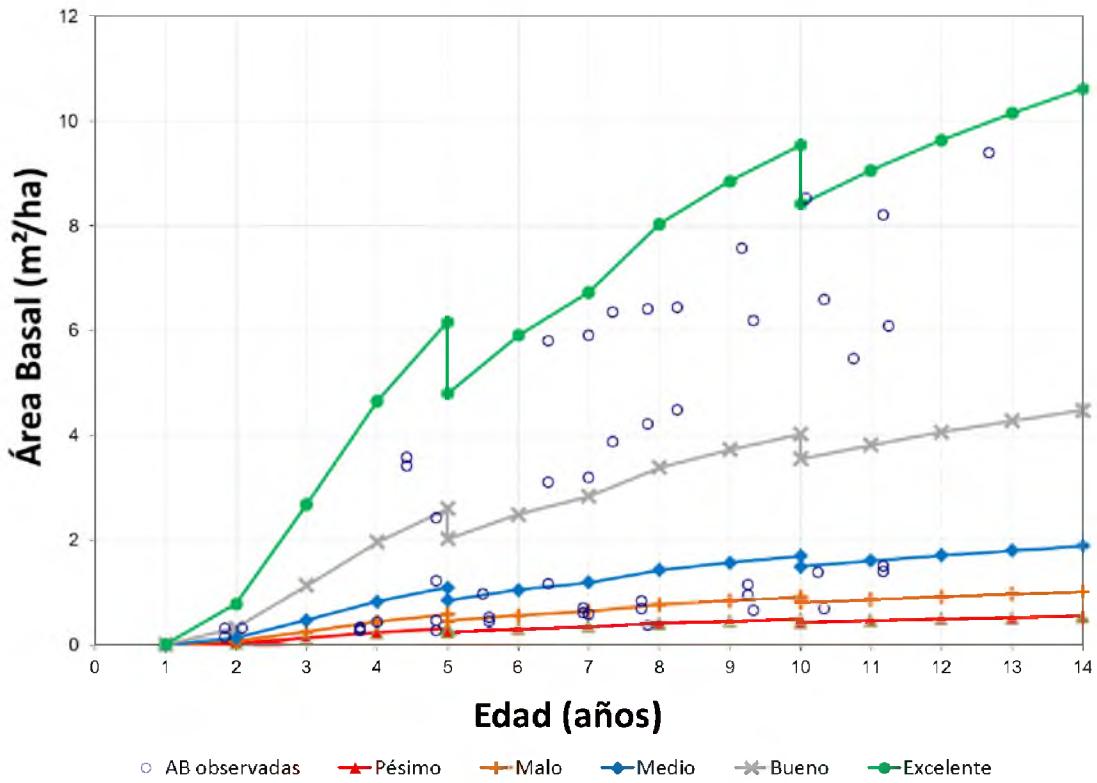
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *T. rose*; agregando además en la gráfica, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



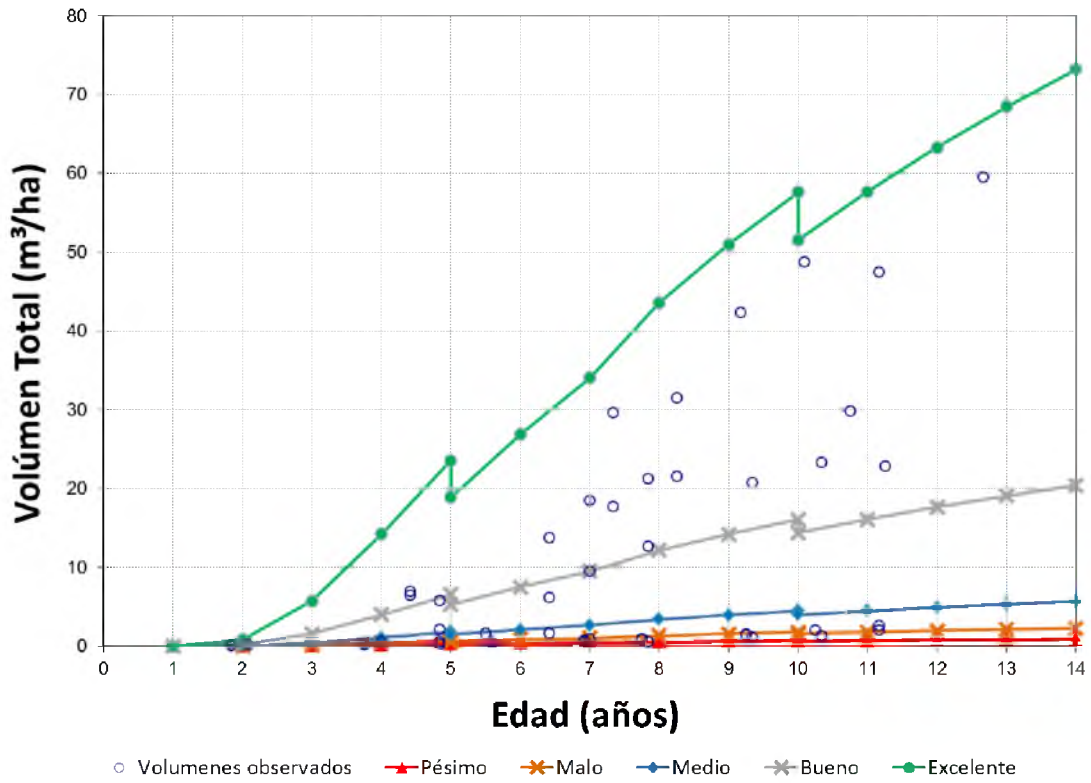
Gráfica 106. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Tabebuia rosea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 107. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Tabebuia rosea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



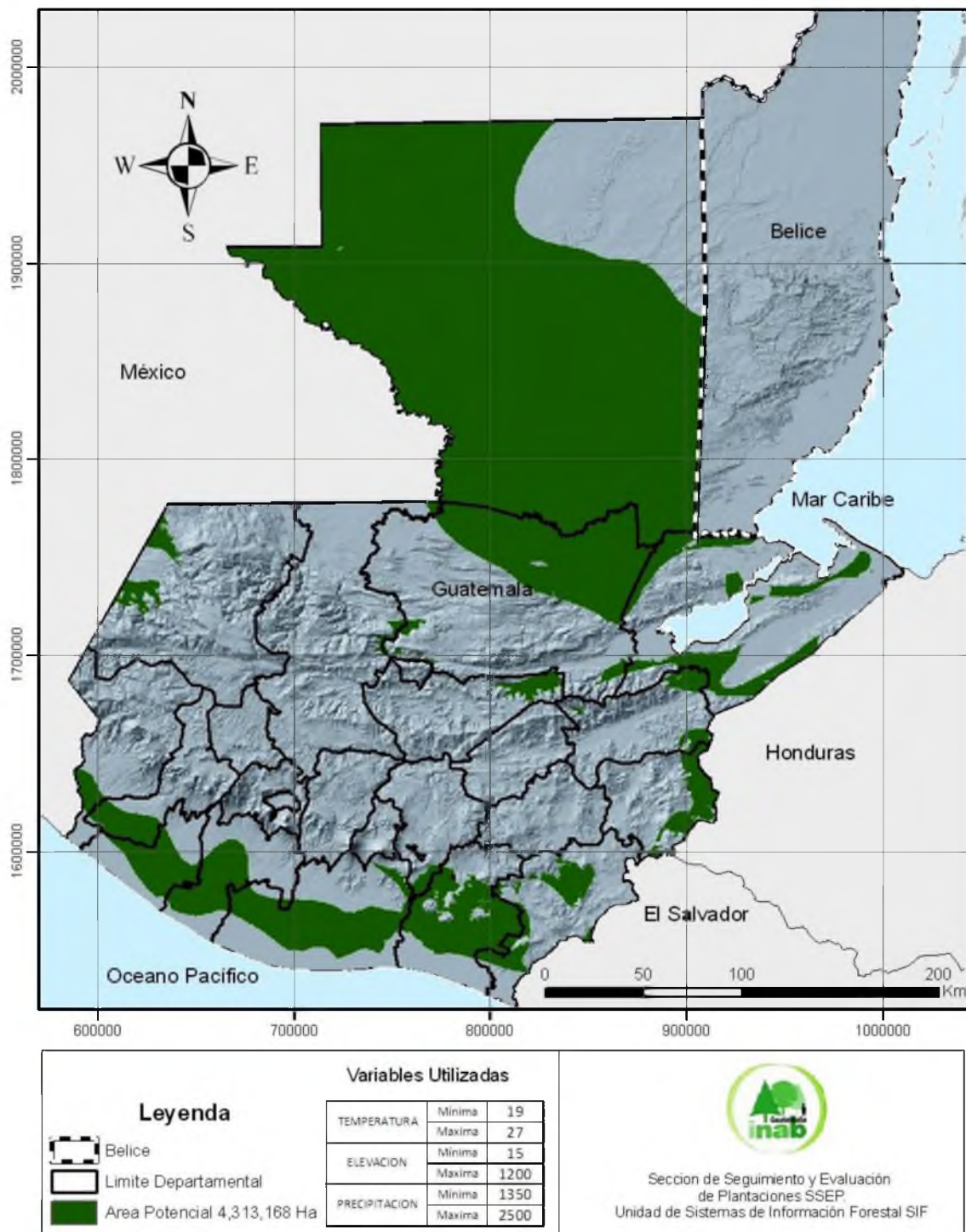
Gráfica 108. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Tabebuia rosea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 109. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Tabebuia rosea*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa preliminar de distribución potencial para la especie de *Tabebuia rosea*:

Mapa 12: Distribución potencial preliminar para la especie de *Tabebuia rosea*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



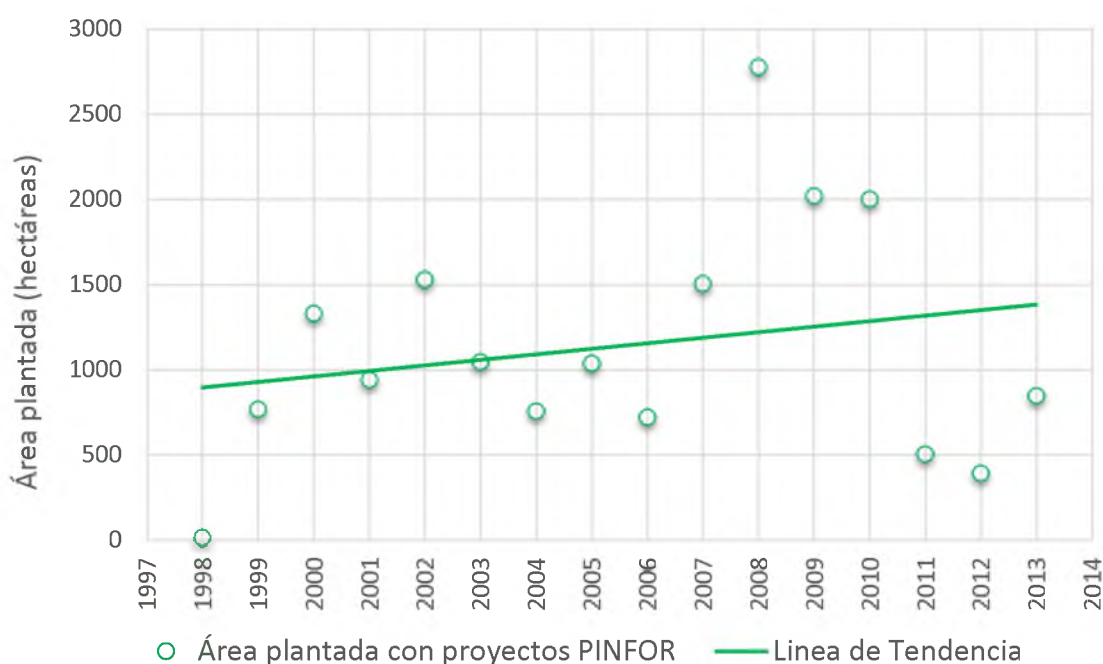
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.25 *Tectona grandis* L. f. (TECTGR)

Nombre Común: Teca

La descripción y referencias sobre el cultivo de esta especie puede consultarse el documento "Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en Guatemala", elaborado por INAB.²⁴

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, al año 2013 se han beneficiado un total de 364 proyectos de reforestación y manejo de regeneración natural que suman un total de 6,536.19 hectáreas de área plantada durante el periodo de 1998 al 2013, en la gráfica 110 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo indicado, además, se agrega una línea que ha venido en detrimento en cuanto a la preferencia por establecer proyectos de reforestación con esta especie.



Gráfica 110. Área plantada con *T. grandis* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB, 2013

La tendencia por establecer esta especie en proyectos de reforestación aunque presente altibajos, se ha mantenido a través del tiempo, sucediendo que en promedio se ha venido plantando por año un promedio de 1,138 hectáreas, que han hecho que esta especie ocupe el **segundo** lugar en área reforestada a nivel nacional, siendo en el año 2008 cuando se registra el mayor área plantada con 2780 hectáreas.

En dicha base de datos se reporta la ubicación de plantaciones con esta especie en 71 municipios, siendo el municipio de La Libertad y Las Cruces, Petén, donde se ubica la mayor abundancia de esta especie, aunque este comportamiento se debe a la presencia de la empresa de TRIPAN, quienes basan sus actividades en el cultivo de Teca.

Después de estos municipios se encuentra el Municipio de Chahal en Alta Verapaz, que a decir de las unidades de monitoreo, en este municipio es uno de los mejores sitios para

²⁴ INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2015. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en Guatemala. Serie Técnica No. DT-001 (2015). Guatemala. 42

el crecimiento de Teca. También cuentan con una gran abundancia otros municipios del norte del país, pero también se encuentran varios de la costa sur del país.

En el Cuadro 78 se presenta el detalle de área reforestada con *T. grandis* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipio de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 78. Área reforestada por municipio con la especie de *T. grandis* en Guatemala.

Municipio	Área Plantada (Ha)	Municipio	Área Plantada (Ha)
La Libertad	3477.44	San Lorenzo	58.94
Chahal	1886.71	Nueva Concepción	54.35
Las Cruces	1768.07	Chiquimulilla	50.09
Sayaxché	1499.57	Ixcán	48.99
Livingston	1174.96	Poptún	46
Dolores	845.16	Cuilapa	45
San Francisco	766.7	San Pedro Carcha	44.32
Santa María Cahabón	542	Malacatán	32.94
Escuintla	531.65	Los Amates	25.64
Panzós	403.3	Oratorio	24.64
Santa Ana	398.34	Retalhuleu	22.95
Fray Bartolomé De Las Casas	383.55	Purulhá	20.51
Patulul	352.25	La Gomera	20.17
Cobán	338.67	San Benito	15.24
Santo Domingo Suchi.	313.42	San José	11.5
El Estor	302.95	Siquinalá	10.56
La Democracia, Escuintla	278.88	San José El Ídolo	9.88
San Luis	269.16	San Juan Alotenango	9.19
San Andrés	241.68	Tecún Umán	8.94
Champerico	171.95	Acatenango	8.3
Santa Lucía Cotzumalguapa	166.87	San Felipe	8.15
Morales	159.39	Senahú	7.5
Chisec	158.39	Coatepeque	7.28
Guanagazapa	130.91	Mazatenango	7
Masagua	130.91	San José, Escuintla	6.98
Puerto Barrios	107.17	San Vicente Pacaya	6.98
San Andrés Villa Seca	94.54	San Antonio Suchitepéquez	6.36
Tiquisate	90.21	Santa Cruz Muluá	6.17
Río Bravo	89.56	Jalpatagua	5.51
Gualán	86.11	Colomba Costa Cuca	4.54
San Miguel Tucurú	80.66	San Agustín Lanquín	4
Nuevo San Carlos	73.91	Usumatlán	3
Chicacao	72.45	Catarina	1.75
Cuyotenango	68.8	El Asintal	1
Taxisco	60.74	El Palmar	1
Moyuta	59.96		
Total general 18,222.36 hectáreas			

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

T. grandis es una especie que ha sido evaluada en 18 municipios ubicados en 7 departamentos del norte y sur País, tal como se presenta en el Cuadro 79. De acuerdo con las observaciones de crecimiento de 263 Parcelas Permanentes de Medición Forestal con un total de 840 mediciones consecutivas, se determinaron 5 categorías de Sitio que bien pueden ser interpretados como 5 escenarios de productividad determinados para cada municipio a través del promedio de Índice de sitio de las parcelas evaluadas en cada uno, tal como se muestra en el Cuadro 79 a continuación.

Cuadro 79. Listado de Municipios con PPMF y promedios de Índice de sitio para la especie de *T. grandis* en Guatemala.

Departamento	Municipio	Índice de Sitio (m)	Categoría de IS
Alta Verapaz	Senahú	14.47	Malo
	Raxruhá	23.22	Bueno
	Chahal	25.12	Bueno
Escuintla	La Democracia	21.80	Bueno
Izabal	Los Amates	10.22	Pésimo
	El Estor	13.43	Malo
	Livingston	26.15	Bueno
Peten	Poptún	13.13	Malo
	San Francisco	14.31	Malo
	Sayaxché	16.47	Medio
	Dolores	17.12	Medio
	Las cruces	19.48	Medio
	San Luis Peten	22.30	Bueno
Quetzaltenango	El palmar	21.55	Medio
Santa Rosa	Chiquimulilla	11.14	Malo
	Cuilapa	14.68	Malo
Suchitepéquez	Patulul	22.64	Bueno
	Cuyotenango	23.80	Bueno

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013
Índice de sitio determinado a una edad base de 10 años.

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 79 se observa que los tres municipios con mayor índice de sitio son Livingston (bajo condiciones de la finca Hacienda Río Dulce), Chal (Bajo condiciones de las Fincas Sexán Ixté y Juan Salvador Sobio) y Cuyotenango (bajo condiciones de la Finca San Antonio Copalchi), que aunque en promedio no alcanzan la categoría excelente, dentro de las unidades de manejo se ubican sitios con dicha categoría.

Por otro lado, el promedio de índice de sitio de las unidades evaluadas en Los Amates lo ubican como malo, por presentar alturas dominantes alrededor de 10.22 metros a los 10 años los municipios que se encuentran dentro de la categoría de Índice de Sitio de Malo.

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA) distintos; para presentarlos, se elaboró el Cuadro 80 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *T. grandis* en las 5 categorías de Índice de Sitio definida para dicha especie. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 80. Incremento Medio Anual -IMA- de variables de crecimiento para *T. grandis* en Guatemala.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Pésimo (7.60)	0.72	0.45	0.18	0.60
Malo (13.34)	1.00	0.79	0.33	1.55
Medio (19.07)	1.40	1.13	0.63	4.04
Bueno (24.36)	1.92	1.44	1.13	9.76
Excelente (29.65)	2.61	1.75	2.02	23.57

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

La muestra de 840 mediciones consecutivas de 263 Parcelas Permanentes de *T. grandis* distribuida a nivel nacional en 18 municipios han registrado la dinámica de plantaciones evaluadas en un rango de 1.3 años hasta 15.57 años de edad, en este presentando densidades que van de 2060 al inicio, hasta 160 árboles/ha en las edades más avanzadas y diámetros (DAP) que van de 1.6 hasta 34.5 centímetros en promedio, y alturas dominantes que van de 2 m y que han llegado a 29 metros respectivamente.

No esta demás indicar que los datos de 77 PPMF corresponden a la red de monitoreo que la empresa TRIPAN desarrolla dentro de sus plantaciones, con cuya información colabora al Depto. de Investigación para ofrecer mayor análisis a los resultados, puesto que varias de las parcelas proporcionan información sobre el crecimiento del material genético mejorado (clones) que plantan principalmente en el área de Peten.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 81.

Cuadro 81. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *T. grandis* en la Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -3.891677 * (1/T - 0.1))	0.61
Diámetro (cm)	= Exp(2.293225 -4.118555/T + 0.052407*S -0.000131*N)	0.89
Área basal (m ² /ha)	= Exp(0.613447 -7.899548/T + 0.09739*S + 0.001207*N)	0.81
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(1.605596 -12.336335/T + 0.166684*S + 0.001142*N)	0.89
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 3.891677 * (1/T - 0.1))	0.61

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

H = Altura Dominante (m)

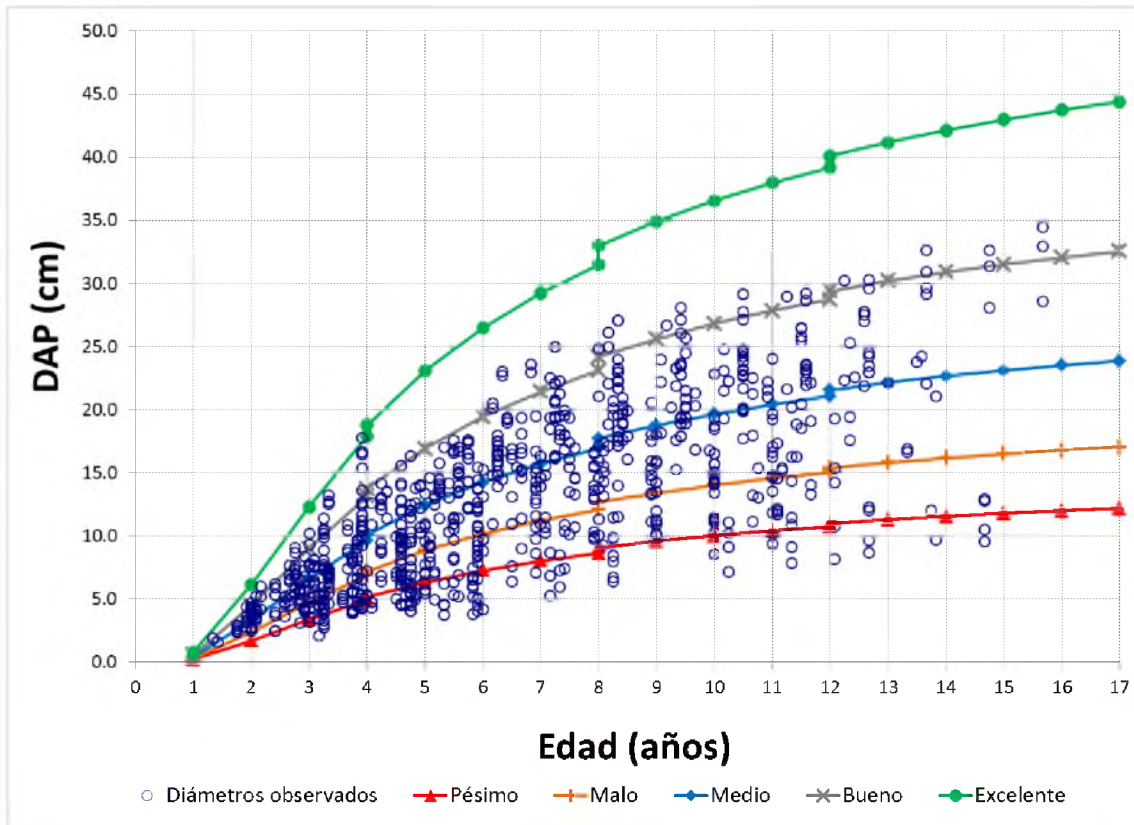
S = Índice de sitio (ver Cuadro 80)

Las series de datos que resultan de la familia de modelos del Cuadro 81 son representables en graficas de curvas, que permiten observar de mejor forma los distintos escenarios de producción para teca en Guatemala, asumiendo para ello supuestos de Índice de Sitio, Edad y Densidad. En el presente análisis, se utilizó el promedio de Densidades (árboles/ha) observadas a distintas edades, las cuales llevan implícito el manejo silvicultural que ha recibido esta especie en las plantaciones evaluadas.

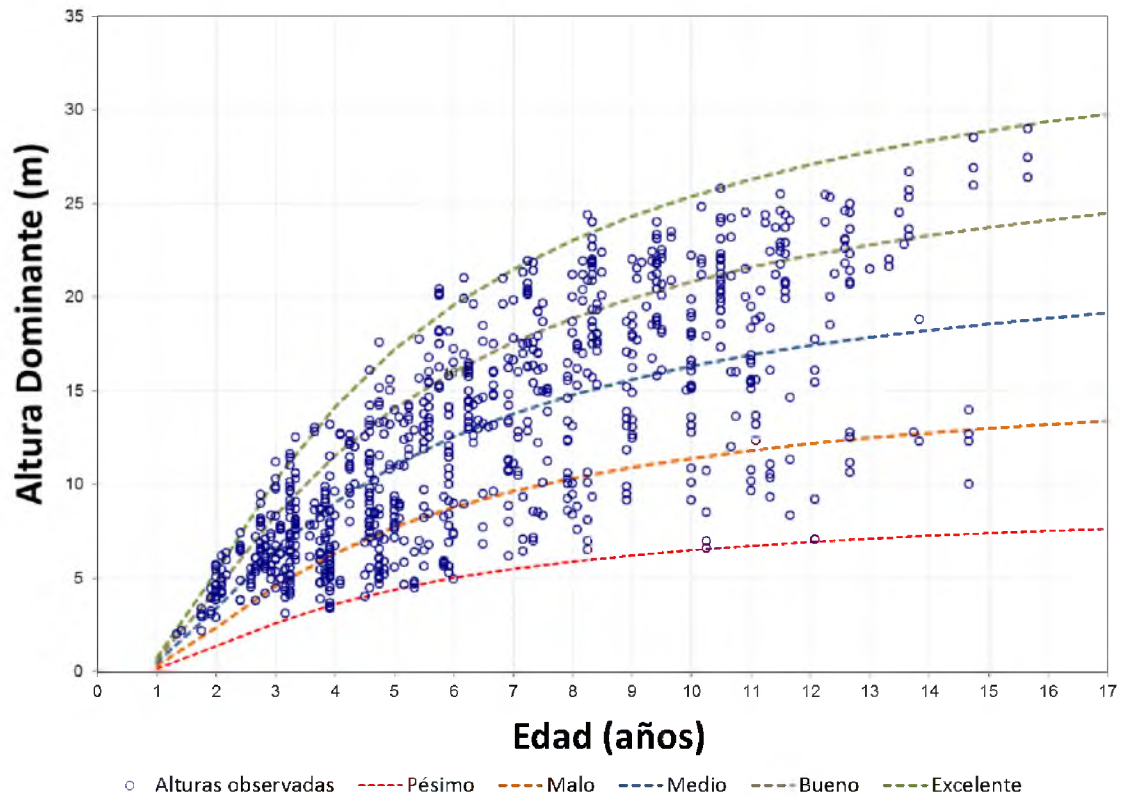
Se consideró una densidad inicial de 1,111 árboles/ha, de los cuales para el cuarto año sobreviven 900 árboles/ha, edad en la que se realiza el primer raleo del 30 % de intensidad, quedando 600 árboles/ha remanentes que continúan creciendo hasta el año 8, en el que se realice el segundo raleo del 50 % de intensidad, quedando 300 árboles/ha remanentes. Al año 12 se realiza el tercero y último raleo del 50%dejando 150 árboles/ha remanentes para el aprovechamiento final.

Nota: En plantaciones donde el prendimiento es cercano al 100%, podría considerarse una intensidad de raleo mayor al 30%, aunque la periodicidad e intensidad de los raleos dependerá de las condiciones del sitio, velocidad de crecimiento y los objetivos de la plantación.

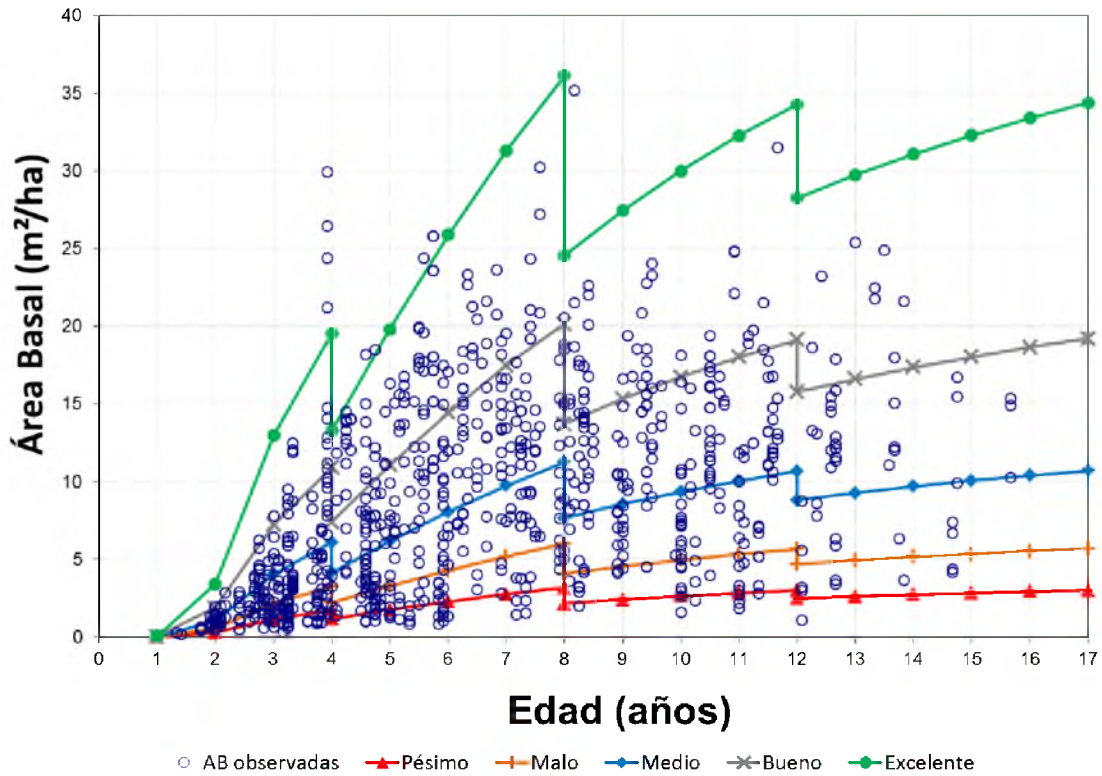
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *T. grandis*; agregando además en la gráfica, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



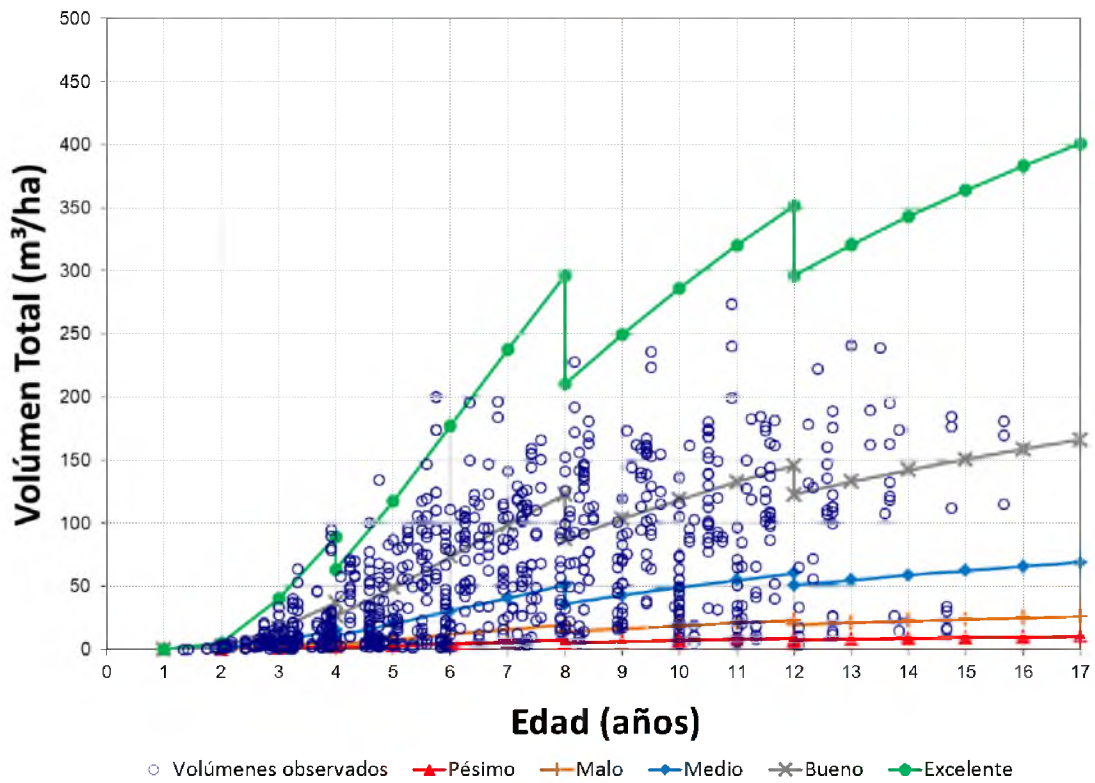
Gráfica 111. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Tectona grandis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 112. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Tectona grandis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 113. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Tectona grandis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 114. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Tectona grandis*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Características que determinan el crecimiento y productividad de *Tectona grandis*:

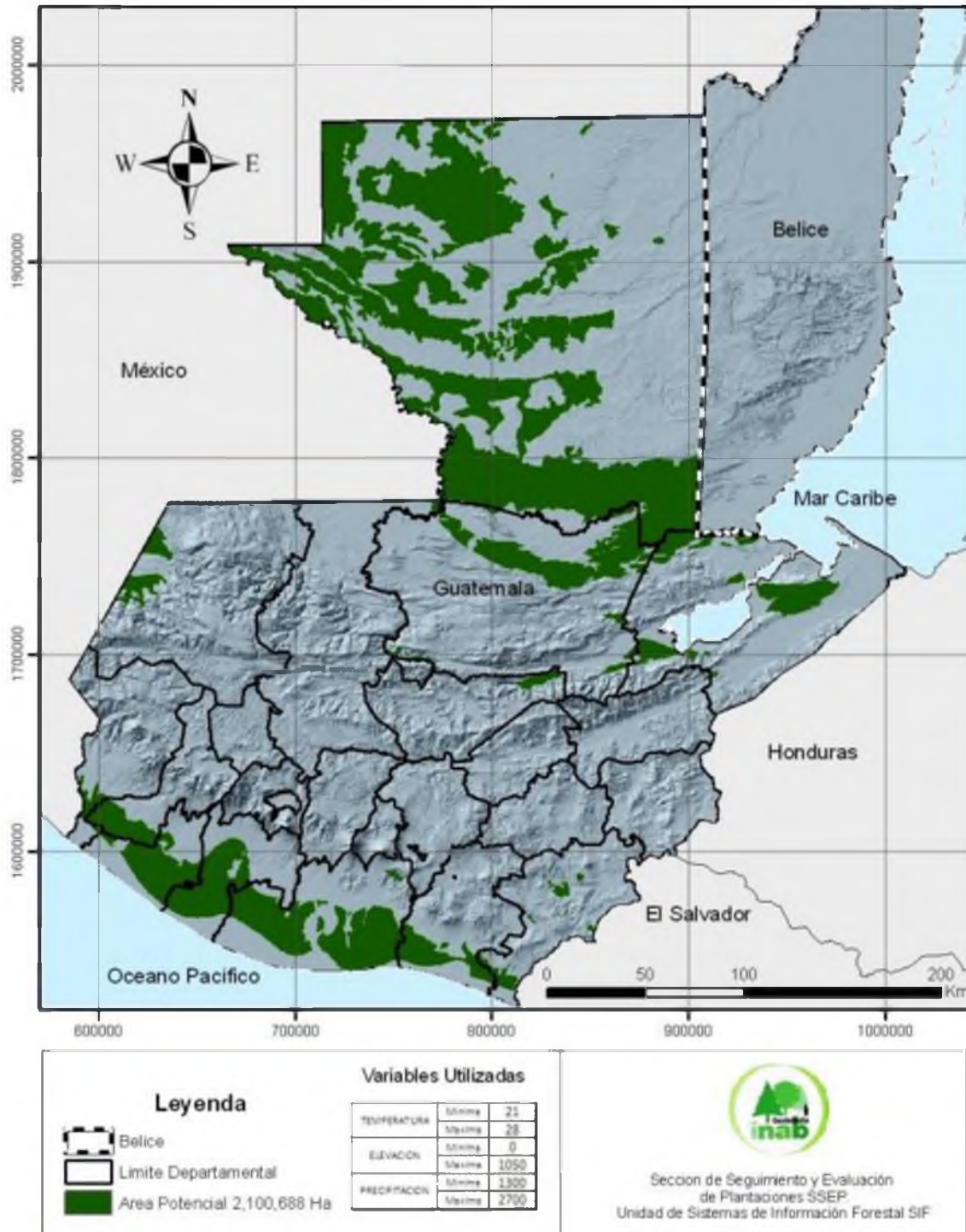
Cuadro 82: Principales características que determinan el crecimiento y productividad de *Tectona grandis*.

Tipo de Variable	Variable	Descripción	
Fisiográficas	Elevación	Menor a 220 metros sobre el nivel del mar	
	Pendiente del terreno	Menor a 20 %	
	Paisaje del terreno	Ondulado a plano	
	Pedregosidad externa	Poca o mediana (< a 60 % del área)	
	Inundación	Que no se inunde por períodos largos de tiempo o que tengan buen drenaje	
Climáticas	Temperatura	Cercana a 26 ° C de promedio anual	
	Precipitación	1,940 a 2,850 mm anuales	
Suelo	Compactación	Poca o ninguna en el suelo	
	Saturación de bases	Superior a 43 %	
	Ph	Mayor a 5.5	
	Si suelos presentan menos de 5.5 de Ph		Valores inferiores a 2.90 cmol (+)/100 mg de acidez intercambiable en el suelo
			Valores inferiores a 5% de saturación de acidez en el suelo
		Valores superiores a 62% de saturación de calcio en el suelo	

Fuente: Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala, Vaides (2004).

Mapa de distribución potencial para la especie de *Tectona grandis*:

Mapa 13: Distribución potencial preliminar para la especie de *Tectona grandis*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.26 *Terminalia buceras* (L.) C. Wright (**TERMBU**)

Basónimo: *Bucida buceras* L.

Nombre Común: Pukté

Descripción²⁵:

El Pukté es bien conocido en toda su área de distribución geográfica, pero poco aprovechado. La madera combina una apariencia atractiva con alta resistencia mecánica y biológica. A pesar de un buen potencial de suministro en las regiones donde ocurre, son pocas las informaciones técnicas disponibles, así como la transformación primaria y secundaria procedentes de estudios promocionales de especies forestales tropicales de México.

Características de la madera:

Duramen de un color variable en función del árbol, desde pardo o gris verdusco a café a olivo oscuro, generalmente distinto de la albura de color café claro verdusco a grisáceo. Límites de anillos de crecimiento poco evidentes macroscópicamente, marcados por bandas finas de parénquima marginal. Veteado suave, textura mediana, hilo entrecruzado. En algunos árboles se observan manchas o vetas de color muy claro que corresponden a zonas de madera de tensión. Madera seca sin olor distintivo.

Trabajabilidad:

Madera muy pesada y de alta resistencia al impacto; difícil de trabajar con máquinas y herramientas comunes debido a su densidad muy alta y su hilo frecuentemente muy irregular. Se recomienda usar herramientas reforzadas (carburo de tungsteno, estelita); el cepillado puede generar superficies (radiales) ásperas debido al hilo entrecruzado pronunciado. Se pueden obtener acabados lisos y brillantes. Madera difícil de pegar con pegamento blanco común, requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.

Secado:

Madera de mala estabilidad dimensional; lenta de secar al aire libre, desarrollando alabeos, rajaduras moderadas, hendiduras y grietas superficiales. De acuerdo con sus propiedades físicas (densidad, estabilidad dimensional, permeabilidad) la madera requiere para su secado técnico programas suaves como es el programa G (Reino Unido).

Durabilidad natural:

Duramen muy resistente (clase 1 según ASTM D 2017-71 y EN 350- 1) a los hongos de pudrición, apta para servicio en exteriores en contacto con el suelo. Resistente a las termitas; no resistente al ataque de perforadores marinos.

Usos: Construcción pesada en exteriores (postes, pilotes, puentes, etc.) que no requiera buena estabilidad dimensional; pisos industriales, duelas, parquet y pisos de ingeniería, escaleras (escalones, pasa manos), cubiertas para mesas de trabajo y cocina, cachas para mangos de cuchillos, baquetas de tambor, artesanía, torneados, joyería, etc.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, la preferencia por esta especie para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales es poca, ya que durante todo

²⁵ CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, MX).2012. Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas. México. CUCEI. Universidad de Guadalajara.s.p

el periodo de 1998 al 2013 únicamente se reportan 5 hectáreas plantadas en el municipio de San Andrés, Peten. Se encuentran también algunas excepciones como lo constituye la plantación evaluada a través de PPMF, la cual corresponde a un pequeño rodal cuyo terreno se inunda anualmente y donde el establecimiento de otras especies resultó en fracasó; por consiguiente se plantó *T. buceras* a manera de prueba y hasta el momento los resultados han sido satisfactorios, aunque el crecimiento es lento como se discutirá a continuación.

Crecimiento y productividad

T. buceras es una especie cuyo crecimiento esta siendo evaluado a través de 1 PPMF en una plantación de la finca Las Dos Marías, situada en el municipio de Sayaxché, Petén.

Esta parcela registra información del crecimiento de la plantación a partir de los 1.9 a los 6.33 años de edad, con una densidad inicial de 760 que se han mantenido durante el todo el periodo evaluado; los diámetros promedios han sido de 3.0 a 12.6 centímetros y las alturas dominantes de 4.9 a 9.9 metros.

A continuación en el cuadro 83 se presenta el promedio de incremento anual (IMA) de las principales variables de crecimiento que muestran el crecimiento y productividad de *T. buceras* en el municipio de Sayaxché, Peten, durante el periodo evaluado.

Cuadro 83. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *T. buceras* en el municipio de Sayaxché, Peten.

Categoría de Índice de Sitio (m)	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (9.92)	1.50	0.99	1.52	5.71

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

A continuación se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con la muestra detallada anteriormente, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 84 Familia de modelos de crecimiento para la especie de *T. buceras* en el municipio de Sayaxché, Peten.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -1.741207 * (1/T - 0.1))	0.93
Diámetro (cm)	= Exp(3.257189 -3.956527/T + -0.009321*S + 0*N)	1.00
Área basal (m ² /ha)	= Exp(3.695791 -7.913055/T + -0.018641*S + 0*N)	1.00
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(4.588308 -10.377622/T + 0.049617*S + 0*N)	1.00
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 1.741207 * (1/T - 0.1))	0.93

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

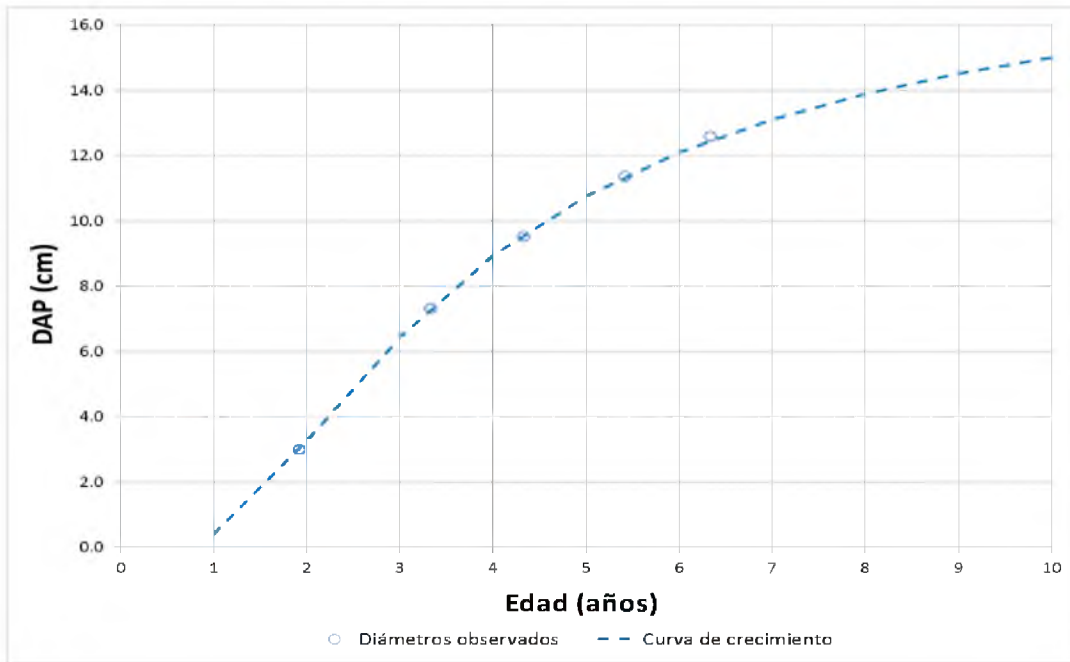
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio

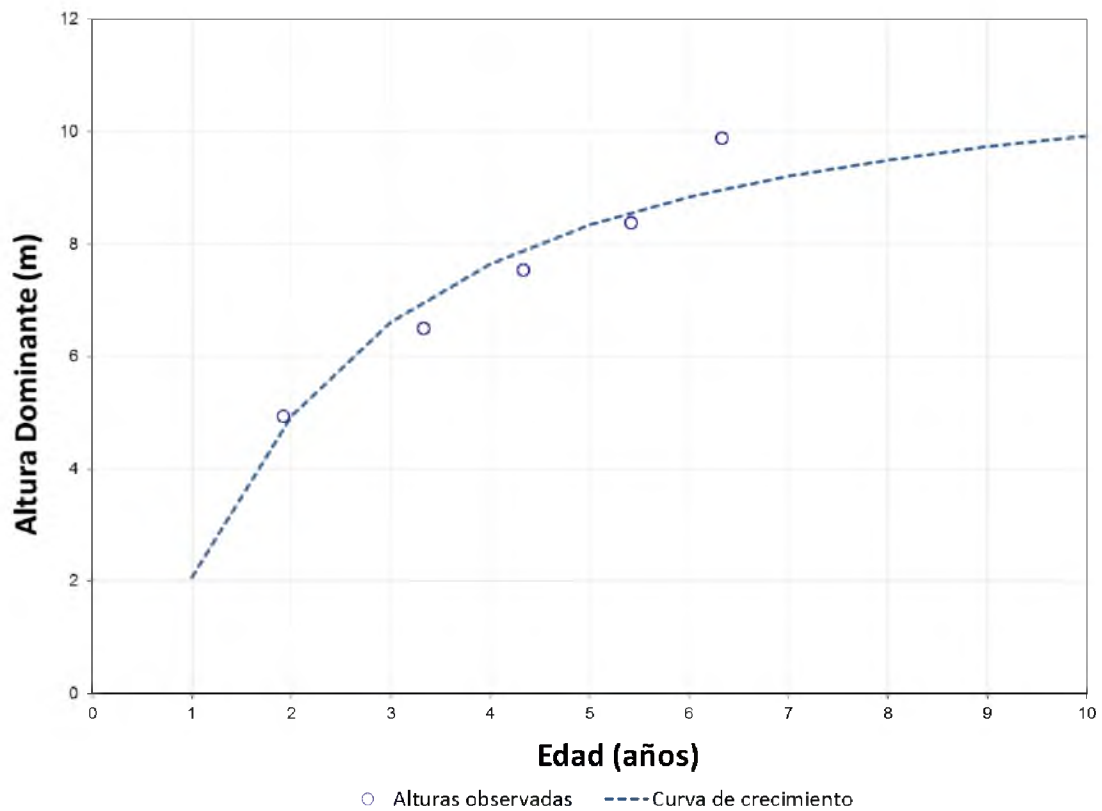
Para demostrar la dinámica de las plantaciones de *T. buceras* en el municipio de Sayaxché, Peten, se emplearon los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 84, para el cual fue necesario establecer un perfil de manejo similar al proporcionado en el área observada, estableciendo además que la edad a graficar fuera de 1 a 10 años.

El perfil de manejo desarrollado para esta especie ha sido nulo, debido a que ha presentado la misma densidad durante el periodo evaluado, el cual corresponde a 760 árboles/ha; mismo que fue empleado para reproducir el modelo.

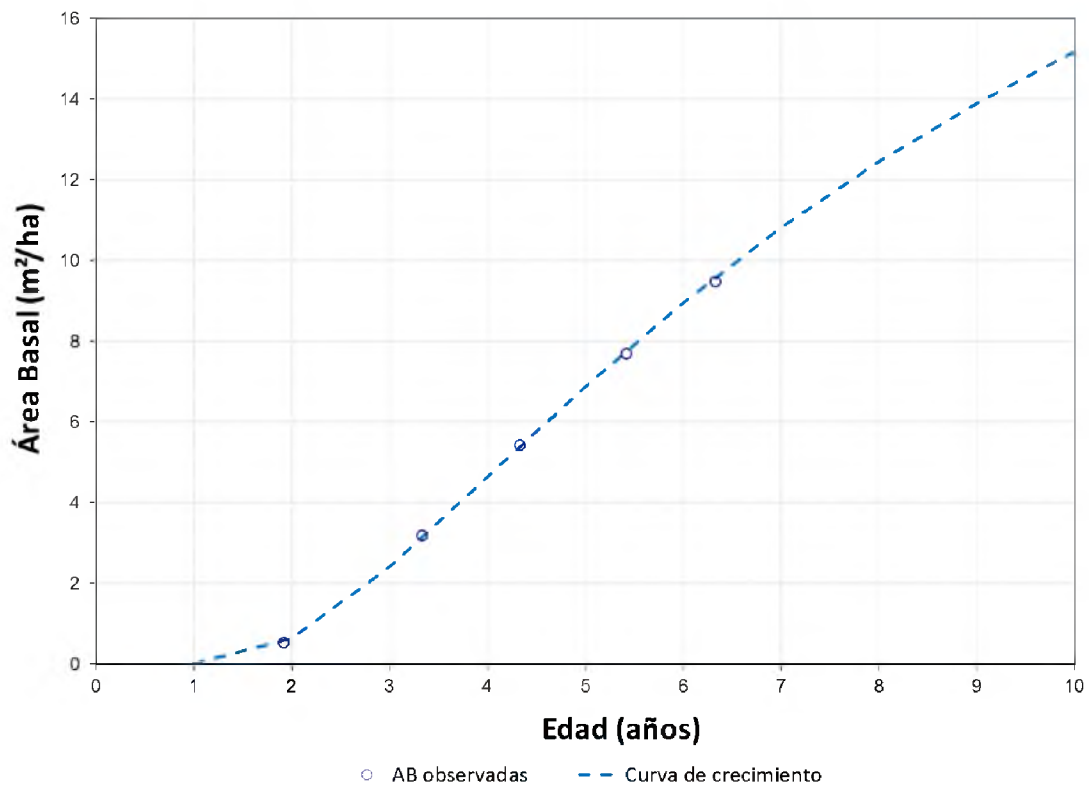
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Altura Dominante, Área Basal y Volumen Total para la especie de *T. buceras* en el municipio de Sayaxché, Peten.



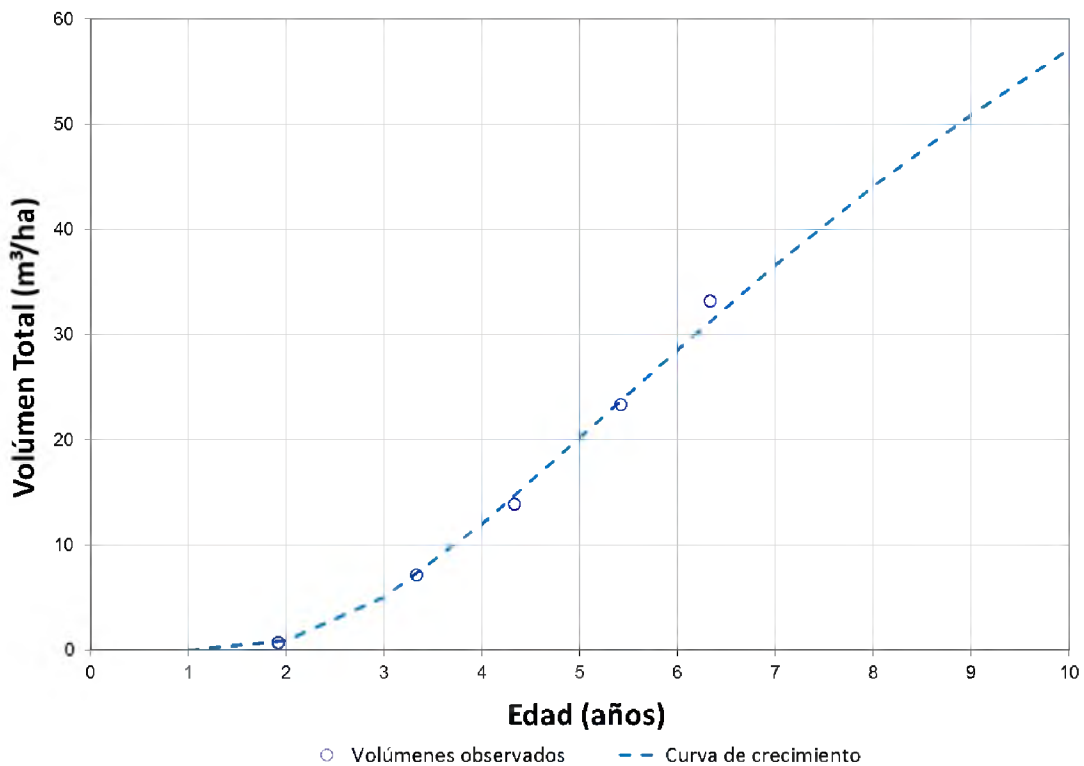
Gráfica 115. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de Terminalia buceras
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 116. Curva de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de Terminalia buceras
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 117. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de Terminalia buceras
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 118. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de Terminalia buceras
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.27 *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steud (**TERMOB**)

Nombre Común: Guayabon,

Es un árbol de tamaño mediano a grande, con importancia como maderable y en programas de reforestación. En El Salvador y Honduras se utiliza como árbol de sombra; en Costa Rica se comienza a usar como ornamental. Tradicionalmente en el campo se usan los troncos huecos a manera de tubos, como un medio sencillo para acercar el agua a las viviendas. La madera posee características excelentes de dureza, color, jaspe y resistencia. Se utiliza mayormente en construcción general: pisos para viviendas, paredes, cielos y vigas artesanales, y también para ebanistería y contrachapado.

Plantación:

En Costa Rica se han establecido la mayoría de las plantaciones a espaciamientos de 3 x 3 m, aunque hay que hacer raleos oportunos (en sitios buenos, lo más tarde al quinto año de establecida la plantación) para mantener su crecimiento. Sin embargo, el espaciamiento entre árboles depende de los objetivos productivos de la plantación.

En hileras a orillas de callejones internos en las fincas, o en cercas, se ha plantado de 2.0 a 2.5 m entre árboles en hileras simples y 2.5 a 3.0 m entre hileras. En plantaciones puras los mejores crecimientos se han encontrado en espaciamientos de 2.5x2.5 y 3.0x3.0 m. Plantada en forma aislada, el árbol se bifurca antes de los 5 m de altura y se reduce considerablemente su potencial de producir madera de aserrío de calidad.

Manejo:

En plantaciones la especie produce ramas largas en verticilos, que empiezan a tocar los árboles vecinos a los 2-3 años de edad (en sitios buenos). Estas ramas bajas son bastante persistentes bajo sombra y ayudan en la supresión de malezas, aunque pueden requerir su poda para evitar la formación de nudos grandes. Es importante resaltar que la especie no responde a raleos tardíos. Si se efectúan raleos se deben realizar a más tardar entre el año 5 y 8 a más tardar.

En un ensayo de espaciamientos a la edad de 10 años se efectuó un raleo del 50% y ninguno de los espaciamientos manifestaron respuesta. En bosque natural la especie está clasificada como pionera de larga vida o heliófita durable, y coloniza claros con dispersión de la semilla por el viento.

En muchos bosques naturales, los árboles maduros se encuentran a densidades bajas (1-5 árboles por ha). Podría ser factible facilitar su establecimiento creando claros cerca de árboles con frutos cerca del final de la época seca (cuando los frutos caen). Si los árboles están aislados, hay que vigilar que produzcan semilla viable, pues hay evidencia de una baja producción de semilla viable en árboles muy aislados.

La Madera:

La madera es densa (0.65). Presenta una durabilidad natural mediana. Tiene grano recto a entrecruzado, textura mediana, uniforme. En condición verde tiene un olor desagradable. Se cae al aire la albura es de color gris amarillenta y el duramen pardo grisáceo con bandas oscuras.

En la base de datos del PINFOR se reportan un área plantada de 27.61 hectáreas durante el periodo del 1998 al 2013; mismas que se registran en los Municipios de Chicacao (6.45 ha), en Suchitepéquez; Fray Bartolomé de las Casas (2.32) en Alta Verapaz; La Libertad (14.34 ha) y Sayaxché (0.5 ha) en Peten, y Santiago Atitlán (4 ha)

en Sololá. Con este valor, esta especie se ubica en la posición 68 en preferencia para el establecimiento de plantaciones forestales.

Dinámica de Crecimiento y productividad:

T. oblonga es una especie que ha sido evaluada únicamente en la Finca Mónica Ivonne, ubicada en la boca costa del municipio de Santiago Atitlán, Sololá en donde se reportan promedios de crecimiento de acuerdo con los presentados a continuación en el Cuadro 85.

Cuadro 85. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *T. oblonga* en finca Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (14.47 m)	1.0	1.24	0.99	5.80

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

En la base de datos de se registra la información de 1 PPMF evaluada durante los años 2003 al 2013, cuya edad de la plantación corresponde 6.3 a 14.42 años, durante este periodo se registró una densidad inicial de 960 llegando a 820 árboles/ha y diámetros (DAP) que van de 6.3 hasta 14.4 centímetros y alturas dominantes que van de 9.2 m y que han llegado a 17.7 metros respectivamente.

Con los registros detallados anteriormente se desarrolló la familia de modelos de crecimiento, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado y que son presentados a continuación en el cuadro 86.

Cuadro 86. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *T. oblonga* en fincas El brote y Mónica Ivonne, Santiago Atitlán, Sololá.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (m)	= EXP(Ln(S) -7.206822 * (1/T - 0.1))	0.91
Diámetro (cm)	= Exp(2.537212 -5.780087/T + 0.00923*S + 0.00057*N)	0.94
Área basal (m ² /ha)	= Exp(1.203433 -11.513972/T + 0.018414*S + 0.00251*N)	0.94
Volumen total (m ³ /ha)	= Exp(3.066308 -19.106921/T + 0.07381*S + 0.002185*N)	0.96
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 7.206822 * (1/T - 0.1))	0.91

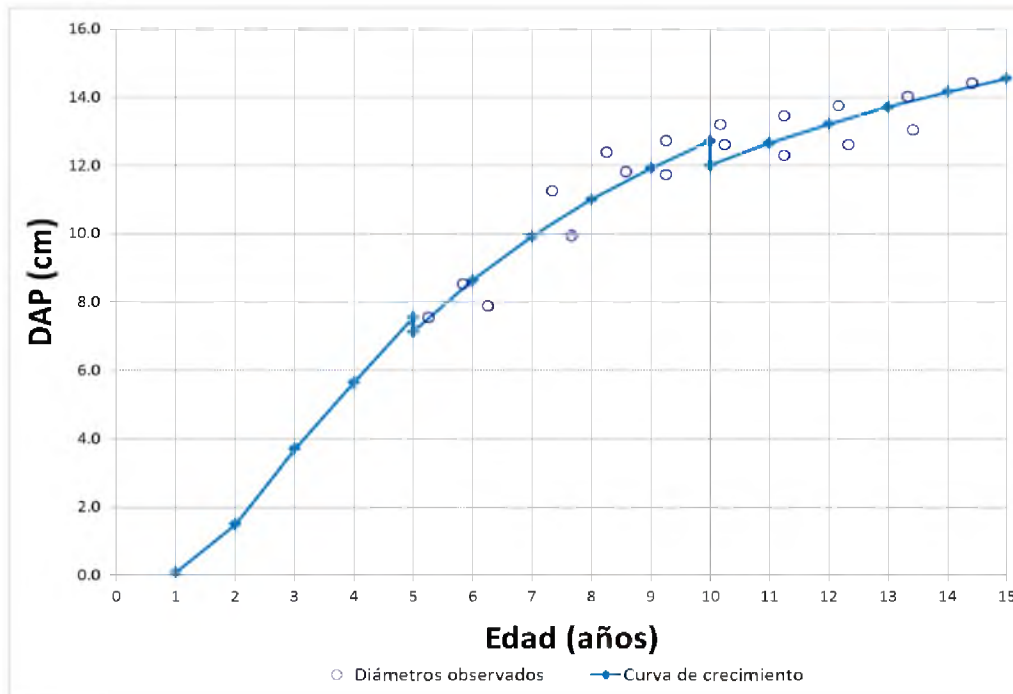
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

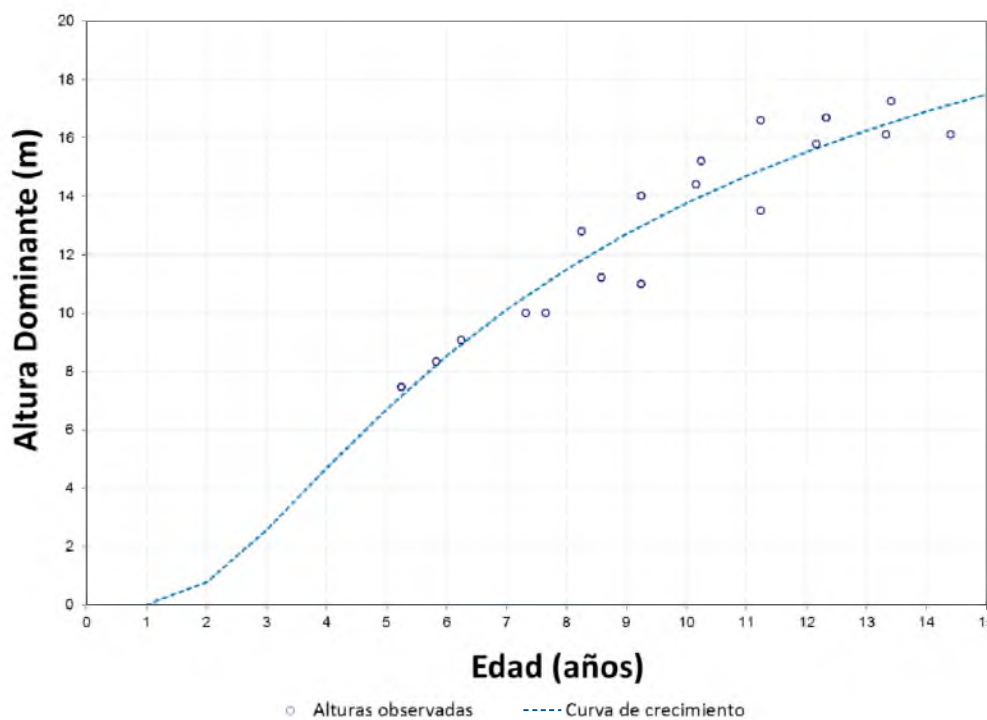
- T = Edad en años
- N = Árboles/ha
- H = Altura Dominante (m)
- S = Índice de sitio

Para graficar los modelos de *P. officinalis* se definió un perfil de manejo similar al del área evaluada que corresponde a una densidad inicial de 1,111 árboles/hectárea que producto de la mortalidad al año cuarto de edad presenta alrededor de 900 árboles/hectárea, donde se aplicó un raleo aproximadamente del 15% que provoca un remanente promedio de 800 árboles/hectárea, posteriormente se aplicó un raleo del 15% en año 10, dejando 700 árboles/ha para la corta final.

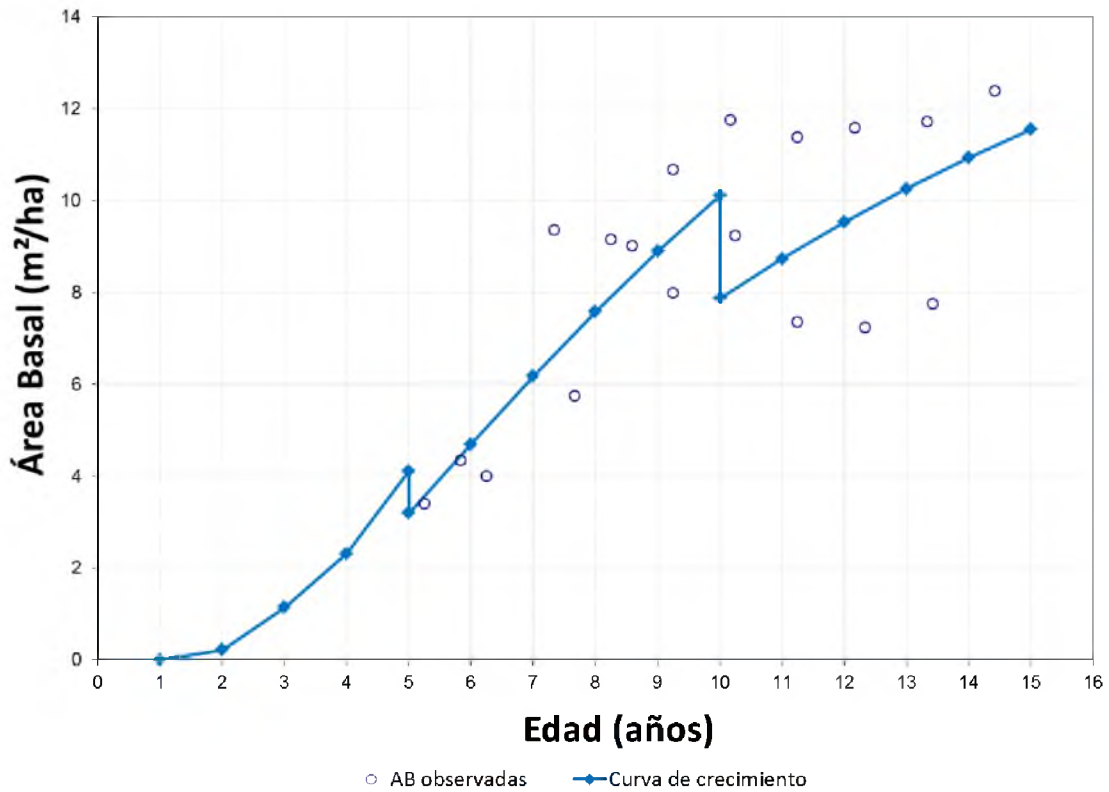
A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *T. oblonga*; agregando además en la gráfica, los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



Gráfica 119. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Terminalia oblonga*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

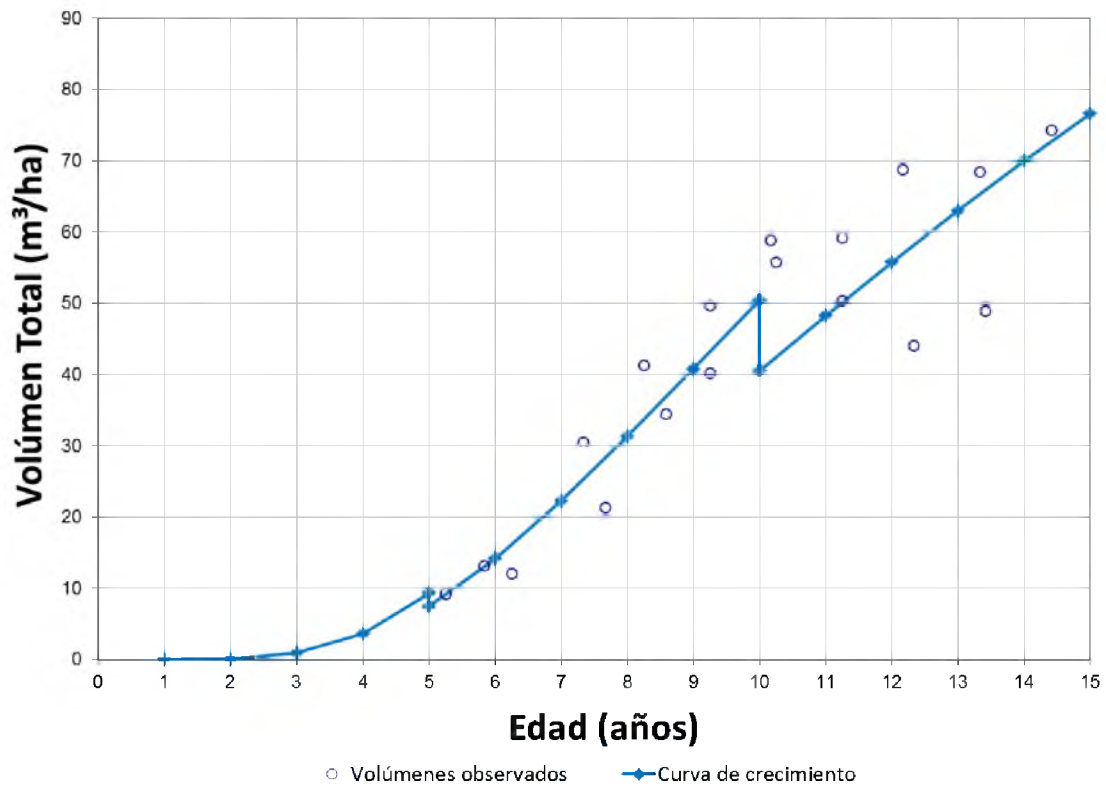


Gráfica 120. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Terminalia oblonga*
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 121. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Terminalia oblonga*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 122. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Terminalia oblonga*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

3.28 *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. (VOCHGU)

Nombre Común: San Juan

Descripción:

Es un árbol siempre verde de tamaño medio a grande y crecimiento rápido. 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.

En la región del Lago Izabal de Guatemala se emplea para construir canoas. Se utiliza en sistemas agroforestales para mejorar el suelo, y en rompevientos en bajuras. Esta es una especie que se desarrolla en la zona de vida de Bosque muy húmedo subtropical (cálido) y Bosque muy húmedo tropical.

Sistema de plantación:

La propagación se realiza por semillas en viveros, Estas no necesitan tratamiento pre germinativo, la semilla se siembra en el germinador, en surcos, la germinación tarde de 10 a 18 días y se recomienda el trasplante a la bolsas 10 días después de la germinación. También se puede propagar fácilmente a través del enraizamiento de estacas suculentas.

Plantación:

Los distanciamientos más empleados en plantación en bloques, es de 3*3 m (1,111 árboles/ha). Se puede establecer en plantaciones puras, en fajas de enriquecimiento en sitios erosionados, para la recuperación y protección del suelo.

En plantaciones puras se recomiendan espaciamientos de 3 x 3m. Por su crecimiento rápido es muy importante realizar raleos oportunos. La especie se auto poda en plantaciones cerradas, sin embargo es conveniente podar los mejores árboles destinados para aserrío a una edad joven (cuando alcanzan 2-3 m de altura), para eliminar ramas gruesas.

Silvestre²⁶e 2010. en su investigación de tesis realizada en la Franja Transversal del Norte concluye que dentro de las variables edáficas que influyen en el crecimiento y productividad de *Vochysia guatemalensis* Donnell-Smithii se encuentra el pH, dado que esta especie prefiere suelos fuertemente ácidos que se encuentren en un rango entre 4.40 a 5.30 en la escala del pH para obtener plantaciones con crecimientos y productividad alta.

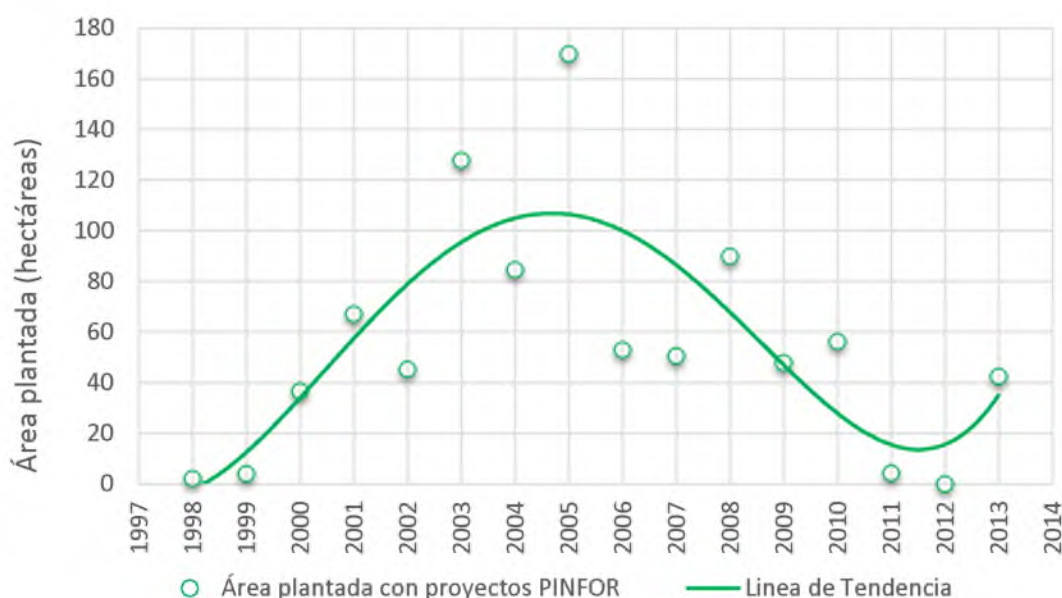
Se encontró que la especie se desarrolla mejor en lugares que se encuentran a una altitud entre los 175 y 210 metros sobre el nivel del mar, que no presenten problemas de inundación, que cuenten con drenaje libre y que tengan una orientación topográfica noreste o sureste.

Los sitios con crecimientos y productividad alta se encontraron en lugares con temperatura media anual entre 24.75 y 25.10 °C, y a medida que esta aumenta, la productividad y el crecimiento tienden a disminuir. La Precipitación influye para obtener

²⁶ Silvestre Delgado, PG.2010.Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de la especie san juan (*Vochysia guatemalensis* Donnell-Smithii), en plantaciones forestales mixtas de tres a nueve años de edad, en la franja transversal del norte de la región II del Inab, las Verapaces e Ixcán, Guatemala.Tesis Lic.Ing.for. San Juan Chalemco, Guatemala. Universidad Rafael Landívar .136 p

crecimiento y productividad alta cuando ésta se encuentra en un rango entre los 3,000 a 4,300 milímetros anuales.

De acuerdo con la base de datos del PINFOR, se han plantado un total 881.1 hectáreas hasta el año 2013, en la gráfica 123 a continuación, se presenta el flujo de área incentivada en el periodo indicado, además, se agrega una línea de tendencia que aunque ha venido en detrimento, el valor de la madera es un incentivo más por la cual esta especie recupera la preferencia para establecer proyectos de reforestación con esta especie.



Gráfica 123. Área plantada con *V. guatemalensis* durante el periodo 1998 al 2013.
Fuente: Base de datos Mif-PINFOR, INAB, 2013

Es importante mencionar que en promedio se ha venido plantando por año un promedio de 58.79 hectáreas, también es interesante observar que la mayor cantidad de área plantada por año se registró en el año 2005, con un valor cercano a las 170 hectáreas, y que en su conjunto han hecho que *V. guatemalensis* ocupe el puesto **diecinueve** en la preferencia para el establecimiento de proyectos de reforestación.

Anqué esta especie comparte su distribución natural con la caoba, una comparación interesante es que el hecho de que el área plantada con *V. guatemalensis* es por poco mayor que *S. macrophylla*, pero esta primera se encuentra plantada en la mitad del número de municipios de los que se reporta su compañera meliácea; sugiriendo la posibilidad de asignar sitios que armonicen con las especies forestales comerciales y que se aproveche el potencial productivo de los mismos.

En 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 naturalmente, no está demás indicar que el área reportada no corresponde a plantaciones puras, sino que en su mayoría corresponde a plantaciones mixtas en las cuales predomina la especie de *V. guatemalensis*.

La mayor concentración de esta especie se encuentra en los municipios de Ixcán, Santa María Cahabón, Fray Bartolomé de las casas y Cobán en el Departamento de Alta Verapaz; en Livingston y Puerto Barrios en Izabal; y en la Libertad en Petén.

En el Cuadro 86 se presenta el detalle de área reforestada con *V. guatemalensis* por municipio y en orden descendente respecto al área plantada, lo cual permite identificar los municipios de mayor importancia para esta especie.

Cuadro 86. Área reforestada por municipio con la especie de *V. guatemalensis* en Guatemala.

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

Fuente: Base de datos del PINFOR, INAB, 2013

Crecimiento y productividad:

En el presente informe se aborda el desempeño de *V. guatemalensis* en una plantación pura evaluada en la Finca Ottawa, ubicada en el municipio de Livingston, Departamento de Izabal.

De acuerdo con las observaciones de crecimiento de las 2 Parcelas Permanentes de Medición Forestal ubicadas la mencionada finca, se cuentan con 12 mediciones consecutivas, para la cual se determinó su productividad a través el Índice de sitio a la edad de 10 años, cuyo resultado se presenta a continuación en el cuadro 87, indicando el promedio de Incremento medio anual (IMA) correspondiente a dicho sitio. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Cuadro 87. Incremento Medio Anual (IMA) de variables de crecimiento para *V. guatemalensis* en Izabal.

Categoría de Índice de Sitio	IMA DAP (cm)	IMA Altura Dominante (m)	IMA Área Basal (m ² /ha)	IMA Volumen Total (m ³ /ha)
Único (13.8)	1.31	1.26	1.08	6.63

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dinámica de crecimiento:

Las dos parcelas citadas han registrado información a partir de los 5.2 a los 13.67 años de edad, con densidades iniciales de 1000 árboles/hectárea que han llegado a 500 árboles/ha en los últimos años evaluados; diámetros iniciales de 6.9 que han llegado a

18.9 centímetros y las alturas dominantes que pasaron de 5.8 a 18.6 metros durante el periodo evaluado.

A continuación en el cuadro 88 se presenta la familia de modelos de crecimiento elaborados con las mediciones consecutivas de la muestra detallada anteriormente, mismos que demuestran la dinámica de crecimiento de esta especie en el sitio evaluado.

Cuadro 88. Familia de modelos de crecimiento para la especie de *V. guatemalensis* en Izabal, Guatemala.

Variable	Modelo de Crecimiento	r ²
Altura Dominante (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 -32.901795/T + 0.275811*S + 0.003415*N)	0.98
Índice de Sitio	= EXP(Ln(H) + 8.904588 * (1/T - 0.1))	0.98

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2013

Dónde:

T = Edad en años

N = Árboles/ha

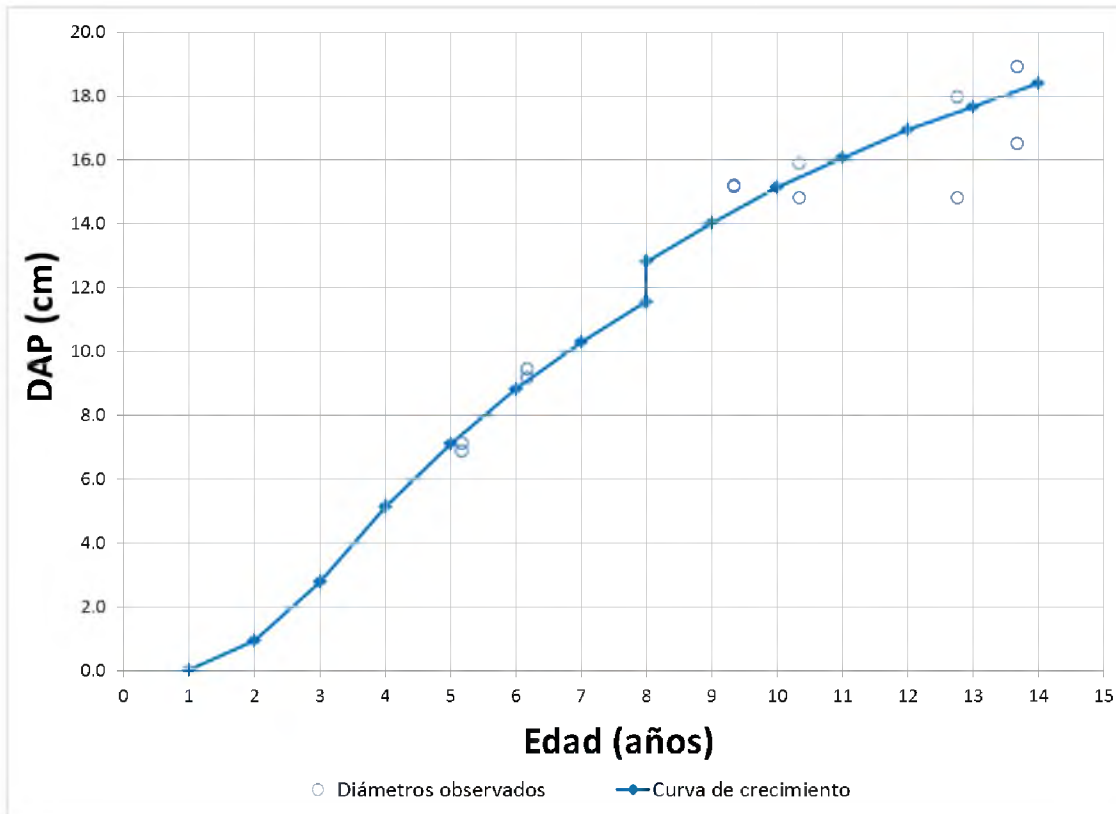
H = Altura Dominante (m)

S = Índice de sitio (ver Cuadro 87)

Para presentar de forma gráfica la dinámica de crecimiento de *V. guatemalensis* en los municipios evaluados; los modelos de crecimiento presentado en el Cuadro 88, para el efecto, se estableció un perfil de similar al proporcionado en los sitios de evaluación.

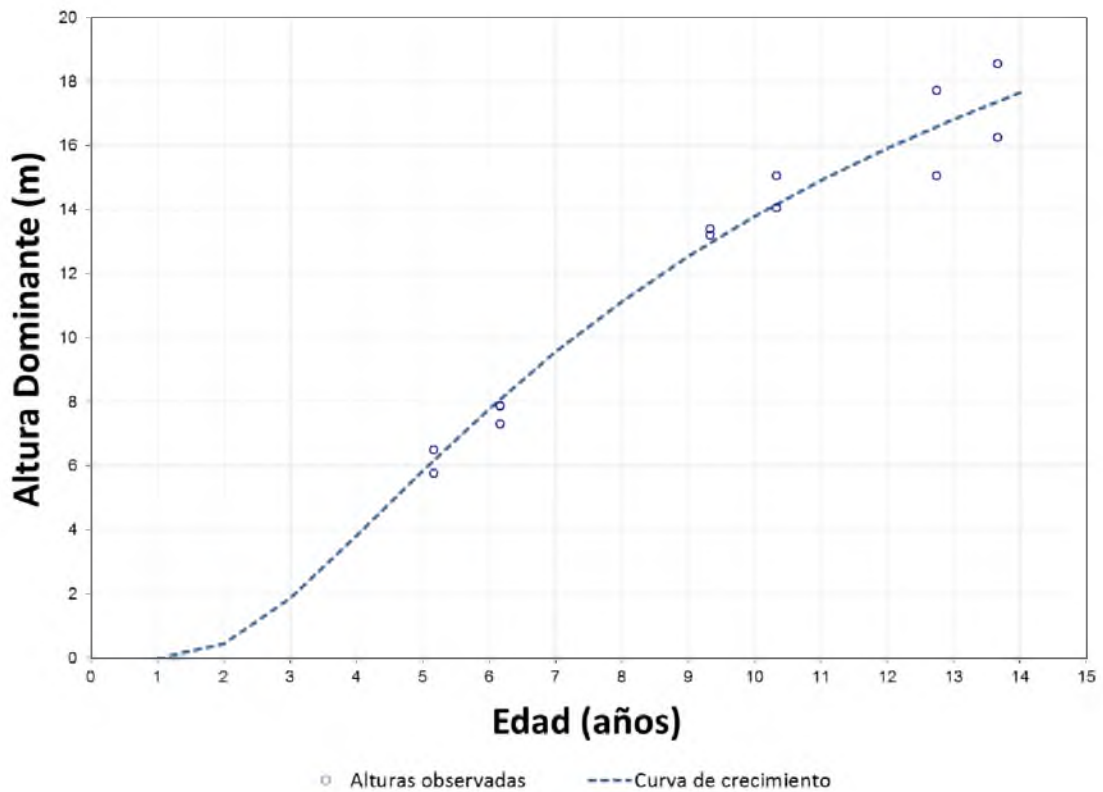
El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una densidad inicial de 1111 árboles/ha que al cuarto año presenta 900 árboles/ha producto de la mortalidad, los cuales permanecen hasta el año 8 cuando se simuló un primer raleo con una intensidad del 30% que deja un remanente de 600 árboles/ha que permanecen hasta el momento de la última medición reportada.

A continuación se presentan las gráficas desarrolladas con la familia de modelos de crecimiento de DAP, Alturas Dominantes, Área Basal y Volumen Total para la especie de *V. guatemalensis* en el Departamento de Izabal; agregando además los puntos correspondientes a las observaciones de campo para establecer la relación del ajuste de modelo con la realidad en el campo.



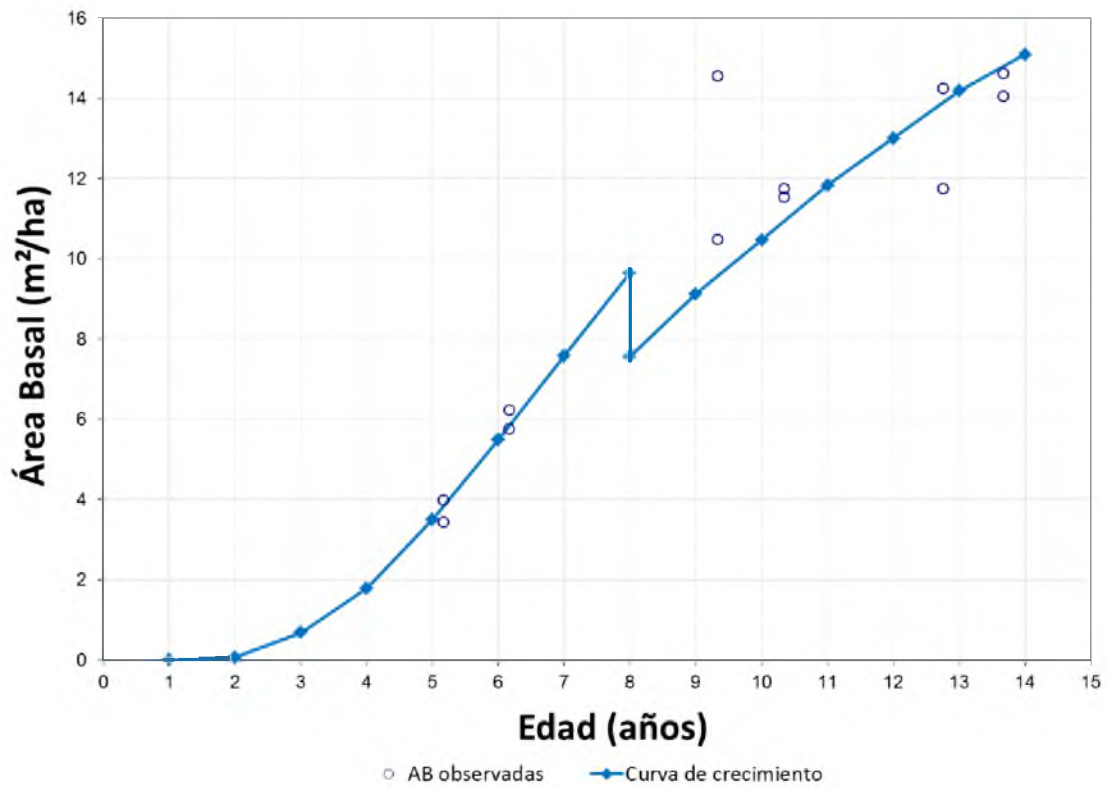
Gráfica 124. Curva de crecimiento en DAP (cm) para la especie de *Vochysia guatemalensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



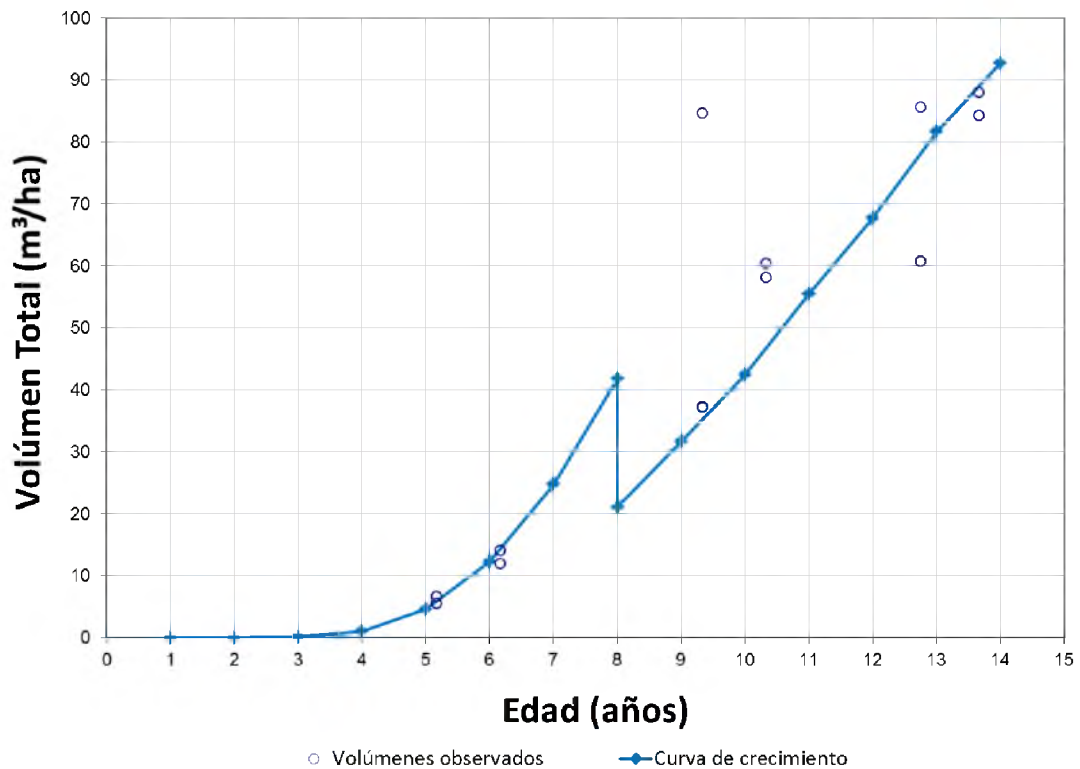
Gráfica 125. Curvas de crecimiento en Altura Dominante (m) para la especie de *Vochysia guatemalensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013



Gráfica 126. Curvas de crecimiento en Área Basal, para la especie de *Vochysia guatemalensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

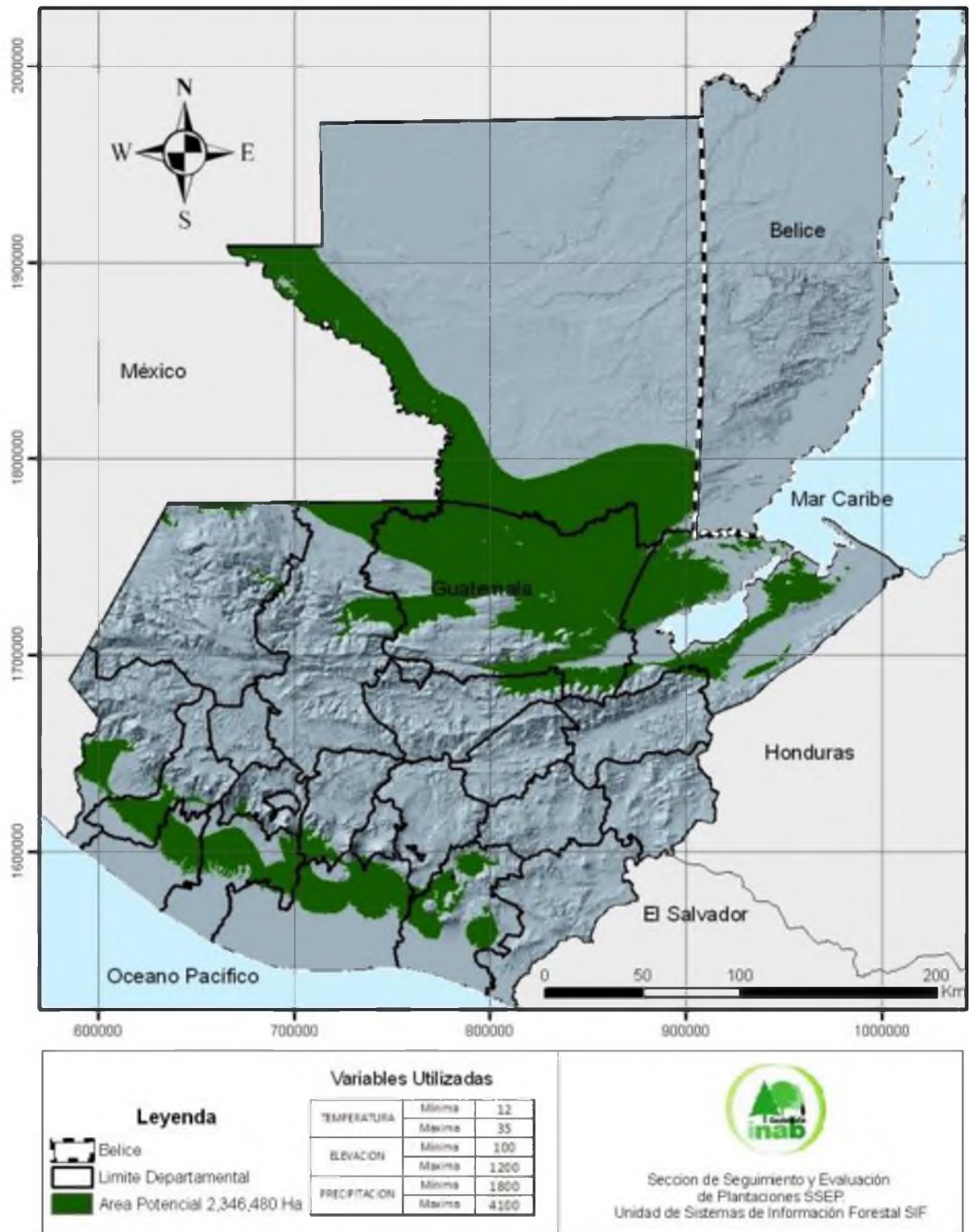


Gráfica 127. Curva de crecimiento en Volumen Total (m³/ha) para la especie de *Vochysia guatemalensis*

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

Mapa de distribución potencial para la especie de *Vochysia guatemalensis*:

Mapa 14: Distribución potencial preliminar para la especie de *Vochysia guatemalensis*, utilizando factores fisiográficos y climáticos de distribución natural.



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB 2013

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA

IV.1 CONCLUSIONES

1. Se cuenta con un sistema de información sobre la productividad de plantaciones forestales en Guatemala, fortalecido con 576 unidades de muestreo bajo seguimiento, que generan información para 28 especies en plantaciones puras, instaladas en plantaciones forestales que han sido beneficiadas por el PINFOR.
2. Se cuenta con familias de 5 modelos matemáticos para estimar las principales variables de crecimiento de 28 especies empleadas en proyectos de reforestación, mismos que pueden ser aplicados para fines de planificación de actividades silviculturales, así como de proyección futura de la producción total de los rodales, en función a las condiciones y características del mismo.
3. Las familias de modelos responden a factores agrupados en tres variables principales que inciden en la producción intermedia o final, estos factores son: i) Índice de Sitio (S), ii) Densidad o competencia (N) y, iii) Edad (T); mismas que al ser sustituidas por variables específicas de cada rodal, proporcionan una estimación muy ajustada a la realidad del mismo.
4. Se establecieron perfiles de manejo silvicultural, principalmente con relación a las cortas intermedias o raleos, que sugieren las edades y los porcentajes que pueden aplicarse a las plantaciones forestales, y que son consecuentes con las condiciones particulares de las especies en los sitios evaluados.
5. Debe de usarse la información con precaución, ya que aunque los modelos son presentados para 28 especies, deben considerarse el número de unidades con los cuales fueron elaborados los modelos de algunas especies, tal es el caso de cedro donde se cuenta únicamente una parcela en plantaciones puras.
6. Con la sistematización de los datos proporcionados por el sistema de información sobre la dinámica de plantaciones, es como se conoce el crecimiento de las especies en plantaciones forestales a nivel nacional, haciendo posible responder a preguntadas relacionadas tales como: Cuanto crece una especie en el país? Expresando la respuesta a través de los incrementos en las principales variables de crecimiento.
7. De las especies evaluadas, la que se encuentra plantada en más municipios es *Cupressus lusitanica*, por ubicarse en 111 municipios a nivel nacional, ubicándose como una especie de gran importancia para el sector forestal, considerando además que ocupa el octavo lugar en cobertura conseguida a través de proyectos de reforestación beneficiados con el Programa de Incentivos Forestales.

IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, Claudio, 2003.** Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible, serie de documentos técnicos del IARNA No. 06, Guatemala, 20 p.
- Castañeda Salguero, C.A.** 2004. Árboles y Arbustos de los Bosques Secos de Guatemala. INAB-UVG. 199 p.
- CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,CR).** 2003. Árboles de Centroamérica: Un Manual para extensionistas. Edif. J. Cordero, D.H. Boshier. CATIE-OXFORD. 1079 p.
- Cifuentes Barrientos, JG.** 2010. Evaluación y monitoreo de plantaciones forestales en Guatemala. Guatemala, Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico. 134 p. (Proyecto FODECYT no. 078-2007).
- Congreso de la República de Guatemala.** 1996. Ley Forestal (Decreto Legislativo No. 101-96).Diario de Centro América, Guatemala.8 p
- CONIF (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Comercial, CO).**1998. Guía para plantaciones forestales comerciales, Pinus Patula. Bogotá D.C, Colombia. 41 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, MX).**2012. Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas. México. CUCEI. Universidad de Guadalajara.s.p
- Dvorak, W.S.; Gutiérrez, E.A.; Osorio, L.F.; Hodge, G.R.; Brawner, J.T.** 2000. Conservation & Testing of Tropical & Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative. Raleigh (EEUU), NCSU (North Carolina State University). 234 p
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).**2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000; Informe principal. Estudio FAO-Montes 140. Roma, Italia. 468 p.
- García Mérida, BC.** 2008. Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet), en plantaciones de 2 a 7 años, establecidas dentro del programa de incentivos forestales en diferentes regiones de Guatemala. Tesis Lic. Ing. agr. Universidad de San Carlos. 118 p.
- Gómez de Silva, G.** (1996). Breve diccionario etimológico de la lengua española. Colegio de México & Fondo de Cultura Económica. México. 736 p.
- Herrera, B;** 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. San José, CR. Agronomía Costarricense. 22(1): 99-117 p.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Universidad Rafael Landívar (URL) y Asociación Instituto de Incidencia Ambiental (IIA),** 2006. Perfil Ambiental de Guatemala; tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. Guatemala, 250 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT).** 1999. Manual Técnico Forestal. Instituto Nacional de Bosques. Ed. Guatemala. 110 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT).** 2001. Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bisques de coníferas (modelo centroamericano). Ed. PROCAFOR. Guatemala. 264 p

- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT).** 2014- Reglamento de incentivos forestales PINFOR (Resolución No. JD.03.31.2014).Diario de Centro América. Guatemala. 7 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT).** 2012. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo. Guatemala, Guatemala, INAB. 23 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT).** 2015. Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en Guatemala. Serie Técnica No. DT-001(2015). Guatemala. 42 p.
- METRO, A.** (1975). Dictionaire Forestier Multilingue. Collection Terminologie Forestiere Multilingue No. 2. Association Franciase Des Eux et de Forets. 432 p.
- Moscovich, F.A.** 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal, Informe No. 55. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA). Montecarlo, Argentina. 39 p
- Martínez Rivas, ER.** 2008. Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de pino colorado (*Pinus oocarpa* Schiede), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala. USAC. 88 p.
- Padilla G, H.** 1987. Glosario práctico de términos forestales. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Limusa. 263 p.
- Prodan M, R Peters, F Cox, P Real.** 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 586 p.
- Revolorio, A. 1996.** Evaluación de la calidad de sitio para *Pinus oocarpa* Schiede, en la zona de amortiguamiento de la reserva de la Biosfera Sierra de Las Minas, Guatemala. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 141 p.
- Sáenz, R. J. T., Muñoz F. H. J. y Rueda S. A.** 2011. Especies Promisorias de Clima Templado para Plantaciones Forestales Comerciales en Michoacán. Libro Técnico Núm. 10. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 213 p.
- Silvestre Delgado, PG.**2010.Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de la especie san juan (*Vochysia guatemalensis* Donnell-Smithii), en plantaciones forestales mixtas de tres a nueve años de edad, en la franja transversal del norte de la región II del Inab, las Verapaces e Ixcán, Guatemala.Tesis Lic.Ing.for. San Juan Chalemco, Guatemala. Universidad Rafael Landívar .136 p
- Ugalde Arias, L. A.** 2003. Guía para el Establecimiento y Medición de Parcelas para el Monitoreo y Evaluación del Crecimiento de Árboles en Investigación y en Programas de Reforestación con la Metodología del Sistema MIRA. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 14 p.
- Ugalde Arias, L. A.** 2002. El sistema MIRA-SILV (Manejo de información sobre Recursos Arbóreos), Componente de Silvicultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 110 p.

- Vaides López, EE.** 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis.Msc. Turrialba, Costa Rica.81 p.
- Vaides López, EE.** 2008. Selección de sitios para el establecimiento de Pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore) en Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 26 p. En prensa.