

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERIA FORESTAL**

**“PROPUESTA DE UN DISEÑO AGROFORESTAL CON CACAO (*THEOBROMA
CACAO*) Y ESPECIES MADERABLES EN LA REGIÓN DE LACHUÁ,
GUATEMALA”**

KAREN ROMERO QUINTERO

CARTAGO, COSTA RICA

DICIEMBRE, 2014

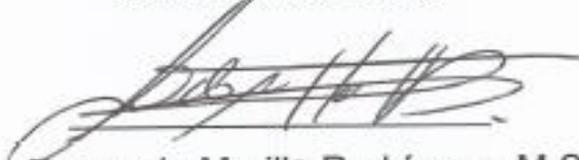
ACREDITACIÓN

Este trabajo de graduación ha sido aceptado por el tribunal evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Costa Rica y aprobado por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

PROPUESTA DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON CACAO (*THEOBROMA CACAO*) Y ESPECIES MADERABLES EN LA REGIÓN DE LACHUÁ, GUATEMALA.

Miembros del Tribunal Evaluador


Maribel Jiménez Montero, M.Sc.
Directora de Tesis


Luis Fernando Murillo Rodríguez, M.Sc.
Escuela de Ingeniería Forestal


Víctor Milla Quesada, M.Sc.

Representante de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
(UICN)


Karen Romero Quintero
Estudiante

RESUMEN

Se realizó una propuesta de un diseño agroforestal con cacao y especies maderables en la región de Lachuá, Guatemala; para ello, se evaluaron las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos SAF dentro de la región, donde se seleccionaron al azar 20 fincas para la toma de muestras de suelo. Cada una de las fincas se estratificó por área homogénea según el uso del suelo y/o pendientes y se obtuvo una muestra compuesta del suelo, a la que se le realizó un análisis químico completo, sin embargo, para fines del presente estudio solo se consideró pH, MO y Al. De igual forma, a cada muestra se le determinó la textura y en cada uno de los sitios analizados se tomaron pendientes del terreno y se describió el uso actual. Además, se definió socialmente mediante 5 talleres realizados en diferentes comunidades, las posibles especies vegetales a utilizar dentro de los SAF. Con la información anterior, se planteó el diseño del sistema agroforestal, donde se seleccionaron las especies que mejor se adecuan a las características ambientales de la región. Por último, se estimó el volumen comercial a obtener de las especies maderables a utilizar dentro del sistema mediante las fórmulas de Smaliam, FAO, Rivas y Zetina.

Los sitios evaluados presentan diferentes usos del suelo, donde predominan los charrales y el cultivo del maíz. Las pendientes oscilan de 3% a 60%. Por su parte, los suelos analizados son ácidos, con un pH que varía entre 4,6 y 6,6; además, contienen un amplio rango de materia orgánica. Asimismo, la mayoría de los sitios evaluados presentan una textura arcillosa. Algunas de las especies vegetales mencionadas con mayor frecuencia en los talleres fueron *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Inga* sp., *Gliricidia sepium*, *Dialium guianense* y *Brosimum alicastrum*. Se proponen dos diseños en cuadro y dos en tres bolillo para el SAF, donde las especies vegetales a proponer para el diseño junto al cacao son *Musa* sp., *Gliricidia sepium*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Genipa americana*, *Pithecellobium arboreum*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia* y *Vochysia guatemalensis*. A los 15 años se podrá obtener aproximadamente un volumen

comercial de 0,46 m³/árbol de *Terminalia amazonia*, 0,95 m³/árbol de *Vochysia guatemalensis* y 0,53 m³/árbol de *Cordia alliodora*. A los 30 años se podría obtener 1,53 m³/árbol de *Swietenia macrophylla*; 2,15 m³/árbol de *Cedrela odorata*; 2,23 m³/árbol de *Pithecellobium arboreum* y 1,75 m³/árbol de *Genipa americana*.

Palabras clave: sistemas agroforestales, *Theobroma cacao*, especies maderables, volumen, Lachuá, Guatemala.

ABSTRACT

A proposed agroforestry design with cocoa and timber species was performed in the region of Lachuá, Guatemala; for this, the areas available for the potential establishment of new SAF was evaluated within the region, where 20 farms were randomly selected for taking soil samples. Each farm was stratified by homogeneous area according to land use and / or slope and a composite soil sample was obtained, that underwent a complete chemical analysis, however, for purposes of this study only pH, OM and AI was considered. Similarly, for each sample, texture was determined and terrain slopes for each of the analyzed sites were taken and the current land use was described. In addition, possible plant species to use within the SAF were socially defined by five workshops developed in different communities. With the previous information, a design of agroforestry system was proposed, where species that are better suited to the environmental characteristics of the region were selected. Finally, trade volume was estimated to obtain timber species to be used in the system using the Smalian, FAO, Rivas and Zetina formulas.

The evaluated sites have different land uses, where thickets and corn crops predominate. Slopes range from 3% to 60%. Meanwhile, analyzed soils are acidic soils, with a pH ranging between 4,6 and 6,6; also contain a wide range of organic matter. Furthermore, most of the evaluated sites have a clay texture. Some of the plant species mentioned most frequently in the workshops were *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Inga* sp., *Gliricidia sepium*, *Dialium guianense* and *Brosimum alicastrum*. Two designs in square and two designs in staggered are proposed for the SAF, where the plant species proposed for the design with the cacao are *Musa* sp., *Gliricidia sepium*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Genipa americana*, *Pithecellobium arboreum*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia* and *Vochysia guatemalensis*. At 15 years, you can obtain a trade volume of 0,46 m³/tree for *Terminalia amazonia*, 0,95 m³/tree for *Vochysia guatemalensis* and 0,53 m³/tree for *Cordia alliodora*. At 30 years, you could

obtained 1,53 m³/tree for *Swietenia macrophylla*; 2,15 m³/ tree for *Cedrela odorata*; 2,23 m³/tree for *Pithecellobium arboreum* and 1,75 m³/tree for *Genipa americana*.

Keywords: agroforestry systems, *Theobroma cacao*, timber species, volume, Lachuá, Guatemala.

DEDICATORIA

...A Dios por permitirme llegar hasta donde estoy y darme tantas bendiciones...

...A mis padres, Elsa y Hugo, por todo el apoyo brindado durante todos estos años y por sus sacrificios para poder salir adelante...

...A mis hermanas y hermanos Liseth, Maylin, Deiber y Erick, por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional...

AGRADECIMIENTOS

...A Dios...

...Mis padres...

... A May, Kaku y Erick...

... A Pablo y Liz por ayudarme cuando lo necesito...

... A niña Mayela por brindarme su apoyo para poder seguir estudiando...

...A los profesores y funcionarios de la escuela de Ingeniería Forestal, que siempre estuvieron disponibles para cualquier consulta y por ser parte de mi formación como profesional, en especial a Diego Camacho, Luis Murillo y Dorian Carvajal...

... A los profesores y funcionarios de la escuela de Ingeniería Agrícola por brindarme su ayuda...

...A Andrea Tapia, por toda la ayuda y consejos brindados...

... A mi tutora M.Sc. Maribel Jiménez, por sus consejos y apoyo...

...A la UICN por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación con ellos y a sus funcionarios Víctor Milla y Erick Ac por la ayuda brindada...

...A todas las personas que conocí y me ofrecieron su ayuda en FUNDALACHUÁ, y en la eco región Lachuá...

...A Vane y Eilyn por todos los momentos que hemos compartido juntas, por sus consejos y apoyo...

...A Alonso, Álvaro y Javier, porque a pesar de los años, aún nos mantenemos unidos...

...A Eli y Sofi Mora por su amistad, ayuda incondicional y por acompañarme hasta el final de este largo proceso...

...A Diego, Tefa, Mari, porque de ellos he aprendido tantas cosas que me han hecho crecer como persona...

...A los compas de forestal de las generaciones 2009 y 2010, de resi, del TEC y demás con las que compartí en mi estadía en el TEC...

...A cada una de las personas que me ayudaron en este largo proceso y demostraron su aprecio...

ÍNDICE GENERAL

ACREDITACIÓN	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Agroforestería	5
3.1.1 Definición	5
3.1.2 Beneficios de los sistemas agroforestales (SAF).....	6
3.1.3 Desventajas de los SAF	6
3.1.4 Clasificación de los SAF	7
3.2 Sistemas agroforestales con cultivos perennes	8
3.3 Sistemas agroforestales con cacao	9
3.3.1 Cacao	9

3.3.2	Importancia de los árboles en el cultivo del cacao.....	12
3.4	Diseño del cultivo cacao bajo el sistema agroforestal.....	14
3.5	Crecimiento y volumen de madera e importancia de su estimación dentro de sistemas agroforestales	15
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1	Descripción del área de estudio	17
4.1.1	Localización	17
4.1.2	Conformación de la región.....	18
4.1.3	Aspectos sociales y económicos	19
4.1.4	Condiciones del sitio.....	20
4.2	Evaluación de las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en la zona	20
4.3	Definición social de las posibles especies vegetales a utilizar en los sistemas agroforestales en la región de Lachuá.....	22
4.4.	Diseño del sistema de producción agroforestal a proponer	24
4.5.	Estimación del volumen potencial de las especies maderables utilizadas en el sistema agroforestal propuesto	24
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5.1.	Evaluación de las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en la zona	27
5.2	Definición social de las posibles especies vegetales a utilizar en los sistemas agroforestales en la región de Lachuá.....	31
5.3	Diseño del sistema de producción agroforestal a proponer	36
5.3.1	Selección de las especies vegetales que se van a utilizar dentro de los sistemas.....	36
5.3.2	Características de las especies seleccionadas.....	37
5.3.3	Distanciamientos y diseño propuesto	40

5.3.4	Recomendaciones generales para el sistema	49
5.4	Estimación del volumen potencial de las especies maderables utilizadas en el sistema agroforestal propuesto	51
6.	CONCLUSIONES	58
7.	RECOMENDACIONES	60
8.	REFERENCIAS	61
9.	ANEXOS	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de fincas seleccionadas por comunidad para la toma de muestras de suelo dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	27
Cuadro 2. Número de asistentes a los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	31
Cuadro 3. Especies vegetales según su uso propuesto por los productores en cada uno de los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	32
Cuadro 4. Razón dada por los productores para utilizar las especies mencionadas dentro de los talleres realizados dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	35
Cuadro 5. Características de las copas de las especies maderables a establecer dentro de los sistemas agroforestales a proponer para la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	41
Cuadro 6. Turnos de corta reportados en la literatura para las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	42
Cuadro 7. Incremento medio anual (IMA) estimado para las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	52
Cuadro 8. Volumen de madera estimado en el turno de corta de las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales de la región Lachuá, Guatemala.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. ...	17
Figura 2. Ubicación de las comunidades donde se van a implementar los nuevos sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	18
Figura 3. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y especies maderables con diseño en cuadro) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	44
Figura 4. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y especies maderables con diseño cuadrado) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	46
Figura 5. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y maderables en tres bolillo) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	47
Figura 6. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y maderables en tres bolillo) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Zonas de vida encontradas en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	70
Anexo 2. Profundidad efectiva de las fincas donde se quieren establecer los nuevos sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	71
Anexo 3. Talleres realizados en las diferentes comunidades en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	72
Anexo 4. Formulario utilizado para firma de asistencia a los talleres realizados en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	73
Anexo 5. Gafete con el nombre de los asistentes de los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	74
Anexo 6. Árbol para la colocación de los usos que los participantes quieren darle a las especies que quieren sembrar junto al cacao utilizado en los talleres realizados en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	74
Anexo 7. Ejemplo de recopilación de información de las especies propuestas en los talleres de la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	75
Anexo 8. Ejemplo de reconocimiento local de las especies mencionadas en los talleres.....	75
Anexo 9. Ejemplo de recopilación de información sobre las razones dadas por los productores sobre los usos que quieren darle a los árboles deseados para el sistema agroforestal a proponer dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	76
Anexo 10. Ubicación de las fincas dentro de la región donde se realizaron los muestreos de los suelos en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	76
Anexo 11. Características de las fincas donde fueron realizados los muestreos de suelos en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	77
Anexo 12. Resultado de los muestreos de suelos realizados dentro de la región de Lachuá, Guatemala.	78

Anexo 13. Resultado de los muestreos de suelos realizados en la región de Lachuá, Guatemala.	789
Anexo 14. Textura de los suelos presentes en las fincas evaluadas en la. Región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	80
Anexo 15. Nombre científico de las especies propuestas por los asistentes de los diferentes talleres realizados en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.....	81
Anexo 16. Características ambientales de las especies forestales elegidas para establecer dentro de los sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.	83

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los sistemas agroforestales (SAF) junto con los bosques y los árboles de las explotaciones agrícolas juegan un papel importante para la población rural, al proporcionar fuentes de trabajo, energía, alimentos, bienes y servicios (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2014).

En el caso de América Central los sistemas agroforestales se convierten en una opción para la producción sostenible (FAO, 2010), la cual muchas veces nace de las necesidades que tiene el productor de diversificar sus cultivos con árboles al tener condiciones adversas en sus fincas, tales como el tamaño reducido, tierras erosionadas, presencia de laderas, entre otros (Reiche, 1994).

En el caso específico de cultivos perennes como por ejemplo el cacao, los agricultores al incorporar los árboles al cultivo, pueden incrementar la rentabilidad de su sistema de producción (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), 2004), al mismo tiempo que se garantiza la sombra necesaria para que las plantas puedan crecer de la mejor manera (Rojas y Sacristán, 2013)

A nivel mundial, la producción del cacao se concentra en países tropicales de África, Asia y América Central y Sur, donde Costa de Marfil, Ghana e Indonesia son los principales países productores, abarcando más del 70% de la producción mundial. Sin embargo, este producto se industrializa en países desarrollados, localizados en Europa y América del Norte (Pareces y Ramírez, 2010).

En el caso de Guatemala, según datos del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE) (2004), para el año 2003 se tenían 4564 hectáreas cultivadas con cacao, distribuidas en 4 regiones principales: región norte, compuesta por la parte baja del departamento de Alta Verapaz y algunas áreas cercanas al departamento de Petén; región Atlántica, compuesta por el departamento de

Izabal; región sur occidental o Boca Costa, comprende la parte costera de los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepeque, Escuintla y Santa Rosa. Esta reducida área de cultivo y la disminución de la producción de las plantaciones, además de la falta de cooperación nacional e internacional para la comercialización hace que en este país se cuente con un bajo volumen de cacao (Bay, 2011).

A pesar de lo anterior, en la región Lachuá, perteneciente al departamento de Alta Verapaz, el fomento del cultivo del cacao ha sido liderado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el Instituto Nacional de Bosques (INAB) con la cooperación de Holanda, con el fin de buscar alternativas de producción sostenibles dentro de la región, que permitan generar más fuentes de empleo, mayores ingresos, al mismo tiempo que se conserven los recursos naturales (UICN y FUNDALACHUÁ, s.f.). Para el año 2005 dentro de la región fueron establecidas inicialmente 200 hectáreas de cacao híbrido en un proyecto conjunto entre la UICN, Fundación Lachuá (FUNDALACHUA) y el Ministerio de agricultura y ganadería (MAGA) y para el año 2007 se tenían 170 productores, los cuales van aumentando con el paso de los años (UICN y FUNDALACHUÁ, s.f.)

FUNDALACHUÁ es una organización no gubernamental y sin fines de lucro, localizada dentro de la zona, la cual integra asociaciones de productores de cacao y consejos comunitarios de segundo nivel (COCODES) (FUNDALACHUÁ, sf.). Actualmente junto con la UICN desarrolla un proyecto denominado “Desarrollo de la cadena de producción de cacao para mejorar los medios de vida y conservar los corredores biológicos de la eco región Lachuá”, el cual es financiado por la fundación ARGIDIUS (UICN, 2013). Adicional a este proyecto, FUNDALACHUÁ junto con el MAGA desarrollan el proyecto “Fomento de la cadena de producción del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en sistemas agroforestales en Alta Verapaz”. Con este proyecto se pretende establecer aproximadamente 390 hectáreas de cacao dentro de la región, beneficiando a aproximadamente 390

productores. El presente estudio forma parte de dicho proyecto, teniendo como objetivo la elaboración de una propuesta de sistema agroforestal con cacao (*Theobroma cacao*) y especies maderables, dentro de la región de Lachuá, Guatemala.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

Proponer un diseño de sistema agroforestal con cacao (*Theobroma cacao*) y especies maderables en la región de Lachuá, Guatemala.

2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en la zona.
- Definir socialmente las posibles especies vegetales a utilizar en los sistemas agroforestales en la región de Lachuá.
- Plantear el sistema de producción agroforestal con cacao y especies maderables en la región de Lachuá.
- Estimar el volumen potencial de las especies maderables a utilizar dentro del sistema agroforestal propuesto.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Agroforestería.

3.1.1 Definición.

En la literatura se pueden encontrar numerosas definiciones sobre la agroforestería, donde una de ellas es la expresada por Somarriba (1990) citado por Jiménez, Muschler y Kopsell (2001), quien menciona que la agroforestería es un uso de la tierra donde se deben cumplir las siguientes tres condiciones básicas: se debe dar una interacción biológica de al menos dos especies de plantas, mínimo uno de los componentes es una leñosa perenne y al menos uno de los componentes es una planta que se maneja para fines agrícolas (incluyendo pastos).

Por su parte, Ospina (2003) menciona lo siguiente: “agroforestería es la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente”.

Similar a la definición anterior se encuentra la dada por Mendieta y Rocha (2007) quienes mencionan que son técnicas que combinan de forma simultánea o secuencial árboles con cultivos alimenticios y/o ganado. Así mismo, expresan que en ella se incluyen prácticas agropecuarias dadas en el mismo lugar y al mismo tiempo, o en épocas diferentes, pero en un mismo sitio. No obstante, Torres, Tenorio y Gómez (2008) hacen mención a una definición más simple, donde señalan que es la producción de cultivos, sean anuales o permanentes, los cuales se combinan con especies forestales para recrear las funciones principales del bosque.

3.1.2 Beneficios de los sistemas agroforestales (SAF).

Según Jiménez y Muschler (1999), la agroforestería se basa principalmente en funciones productivas y servicio. Algunas de las primeras son las siguientes: producción forestal (madera, celulosa, postes, entre otros), producción de alimentos, ya sea carne, frutos, flores, semillas u otros y obtención de bienes como por ejemplo aceites, resinas, taninos, ceras y miel.

En lo referente a funciones de servicio, se pueden mencionar como beneficios la protección de cultivos, animales y humanos mediante cortinas rompevientos, estabilización de taludes, entre otras. Además, con los sistemas agroforestales se crean fuentes de trabajo, se da una diversificación de productos, los cuales brindan ingresos adicionales al agricultor. Así mismo, brindan servicios ambientales y ecológicos, tales como regulación del ciclo de carbono y nitrógeno, abastecimiento de oxígeno, conservación y mantenimiento de la fertilidad del suelo, mantenimiento o mejoramiento de las propiedades físicas del mismo, promoción de la biodiversidad, paisajismo, recreación y ecoturismo (Jiménez y Muschler, 1999).

Otro beneficio que se pueden obtener de los SAF es que se puede aprovechar mejor el área, al encontrarse varias especies productivas y se puede obtener un ingreso “extra” por incentivos y créditos del Estado (García, 2006).

3.1.3 Desventajas de los SAF.

Muchos autores coinciden que las principales desventajas de los sistemas agroforestales son las siguientes: pueden contribuir a la disminución de la producción de cultivos, debido a la competencia por nutrientes de los árboles o porque el cultivo y las especies leñosas son incompatibles. Además, se puede dar una pérdida de nutrientes cuando los productos forestales son aprovechados y extraídos fuera de la propiedad, se puede presentar una reducción del agua que

llega al suelo, debido a la intercepción de parte de lluvia por parte de los árboles que se encuentran en la parte superior, además se puede favorecer la aparición de plagas y enfermedades (Negrete, Santana, Morales, Quiceno, Romero y Zuluaga, 2006; Palomeque, 2009).

Sumado a esto, García (2006), menciona que en la economía de los campesinos, la inversión inicial para el establecimiento de sistemas agroforestales puede ser alta y la recuperación económica puede demorar algún tiempo.

3.1.4 Clasificación de los SAF.

García (2006) y Jiménez et al. (2001) mencionan que los sistemas agroforestales pueden ser clasificados en diferentes formas y criterios debido a su complejidad. Una de estas clasificaciones es la dada por Jiménez y Mushler (1999) y Jiménez et al. (2001), quienes organizan los SAF según las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adaptable, el escenario socioeconómico y según la estructura o función del sistema. Esta última es la más utilizada y se categoriza en sistemas agrosilviculturales, silvopastoriles, agrosilvopastoriles y sistemas especiales.

Sistemas agrosilviculturales o silvoagrícolas: Combinación de árboles con cultivos perennes o anuales (Jiménez y Mushler 1999; Negrete, et al., 2006; Palomeque 2009).

Sistemas silvopastoriles: Manejo integral de árboles o arbustos con pastos y animales (Jiménez y Mushler 1999; Negrete, et al., 2006; Palomeque 2009).

Sistemas agrosilvopastoriles: Combina simultáneamente árboles con cultivos y animales (Jiménez y Mushler 1999; Negrete, et al., 2006; Palomeque 2009).

Sistemas especiales: Dentro de ellos se tiene la **silvoentomología** que es el aprovechamiento de especies leñosas para favorecer el manejo y productividad de

insectos específicos utilizados para producir bienes de consumo (ejemplo, apicultura y gusano para seda) y la **silvoacuicultura** que es la siembra de especies leñosas sea junto o alrededor de estanques (Jiménez et al., 2001; Jiménez y Mushler, 1999).

3.2 Sistemas agroforestales con cultivos perennes.

En las zonas tropicales es común encontrar combinaciones de árboles maderables que brindan sombra a cultivos perennes tales como el café y el cacao, los cuales generalmente permiten obtener ingresos de forma rápida a los productores cuando se ven en la necesidad de aprovechar los árboles en situaciones adversas como por ejemplo cuando los precios del cultivo principal no es competitivo dentro del mercado o se tiene que cubrir un gasto inesperado (Ammour, Andrade, Beer, Detlefsen, Ibrahim, Kent...y Leiva, 2012).

Palomeque (2009) menciona que los árboles a sembrar en asociación con cultivos perennes pueden ser maderables tales como *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata*, leguminosas o de uso múltiple (*Inga* sp., *Gliricidia sepium*, *Erythrina* sp.), o frutales como *Persea americana*.

Por su parte la Oficina Nacional Forestal de Costa Rica (ONF) (2013) menciona otras especies maderables que se asocian a los cultivos perennes, tales como: *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Swietenia macrophylla*, *Vochysia guatemalensis*, *Cedrela* sp., *Anacardium excelsum*, *Eucalyptus* sp., *Schizolobium parahyba*, *Tabebuia guajava*, *Bursera simarouba*, *Alnus acuminata*, *Gmelina arborea*, *Cordia alliodora*, *Hyeronima alchornoides*, *Bombacopsis quinata*, *Astronium graveollens* y *Tectona grandis*, además de especies como *Erythrina* sp., *Gliricidia sepium*, *Inga* sp., *Leucaena leucocephata* como árboles de uso múltiple.

3.3 Sistemas agroforestales con cacao.

3.3.1 Cacao

3.3.1.1 Origen.

El cacao es una planta originaria de América del Sur, en la parte alta de la Amazonia (Enríquez, 2004). Se cree que el cacao se dispersó en el centro y sur de América, debido a la condición de nómadas de la mayoría de las tribus (Rojas y Sacristán, 2013). Cuando llegaron los españoles a América, observaron la cantidad de usos que le daban los indígenas al cacao, así como sus cualidades, por lo que motivó ser llevado a África (Navarro y Mendoza, 2006).

3.3.1.2 Botánica.

El nombre científico del cacao es *Theobroma cacao* y pertenece a la familia *Malvaceae* (Paredes y Ramírez, 2010).

Árbol: Es una planta perenne, de tamaño mediano (15-20 m de altura), donde su primera horqueta sale de los 80 a 120 cm y de ella salen de entre 3 y 6 ramitas principales (Enríquez, 1986; Navarro y Mendoza, 2006).

Si al árbol se le deja crecer libremente produce “chupones”, es decir, brotes o hijos cerca de la primer horqueta y si no son eliminados pueden formar un segundo piso, que no es recomendable, por lo que se requiere de un buen manejo y la eliminación de los mismos para que el primer piso prevalezca (Enríquez, 2004).

Raíz: El cacao posee una raíz principal pivotante, donde puede penetrar hasta 2m de profundidad. En los primeros 25cm de raíz se desprenden muchas raíces secundarias que crecen hacia los lados, sin embargo, en los clones de cacao, el

árbol no produce raíz pivotante, sino solamente laterales, donde una de ellas se comporta como tal para poder anclar bien el árbol (Enríquez, 2004).

Hojas: Son simples, enteras y pigmentadas, pueden ser de color verde, marrón, morado o rojizo. Su tamaño varía mucho según las características del ambiente (Enríquez, 2004).

Flor: Es hermafrodita, con polinización entomófila (Estrada, Romero y Moreno, 2011). Las flores nacen en cojines florales ubicados en el tronco y ramas principales y salen donde anteriormente se encontraban las hojas (Enríquez, 2004; Navarro y Mendoza, 2006). El número de flores por planta es muy variado, sin embargo, la fecundación es muy baja, logrando fecundarse solamente de un 3% a 5% (Dubón y Sánchez, 2011).

Frutos: Según Beckett (2000); Dubón y Sánchez (2011), desde el punto de vista botánico, la mazorca es una baya. Generalmente contienen de 20 a 40 semillas y difieren en tamaño, color y forma según las variedades (Navarro y Mendoza, 2006). Su producción inicia a los 2 ó 3 años, sin embargo, el rendimiento ideal lo logran cuando las plantas tienen entre 6 y 7 años de edad (Beckett, 2000).

Semillas: Son de forma oblonga y hay varios tamaños, sin embargo todas tienen un recubrimiento o cutícula que protege a los cotiledones y en la parte externa se encuentra la parte dulce mucilaginosa denominada mucílago o hilio, el cual permite la fermentación (Enríquez, 2004). Por lo general las semillas están ubicadas en 5 hileras dentro del fruto (Navarro y Mendoza, 2006).

3.3.1.3 Requerimientos ambientales.

Temperatura: El cultivo del cacao se puede establecer en rangos de temperatura que va desde los 18°C hasta los 32°C, siendo el rango de 24°C a 28°C el más adecuado para su desarrollo (Andrade, Segura, Quintanilla, Pinsón, Gutiérrez y

Rivas, 2007; Federación Nacional de Cacaoteros, 2007 citado en Rojas y Sacristán, 2013).

Precipitación: El cacao requiere una precipitación anual que va desde los 1250 mm hasta los 3000 mm, donde su estación seca no sobrepase los 3 meses (Andrade et al., 2007), sin embargo, Rojas y Sacristán (2013) mencionan que puede desarrollarse bien en precipitaciones que alcancen los 3800 mm anuales.

Vientos: Andrade et al. (2007), mencionan que los sitios óptimos para la plantación de cacao son aquellos donde no se presenten vientos fuertes ni huracanes. En caso de que se presenten vientos, lo más recomendable es colocar cortinas rompevientos (Estrada et al., 2011; Navarro y Mendoza, 2006).

Humedad: La humedad relativa ideal para el cultivo del cacao es del 80%, sin embargo se desarrolla bien a partir de los 70% (Andrade et al., 2007; Lutheran World Relief, 2013).

Suelos: Los suelos ideales para este cultivo son los profundos, con abundancia de materia orgánica y nutrientes, que cuenten con buen drenaje y preferiblemente de franco arenosos a arcillosos (Andrade et al., 2007). Sin embargo, Estrada et al. (2011) mencionan que este cultivo se puede adaptar a suelos que van desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limosas.

3.3.1.4 Grupos genéticos del cacao.

Existen tres principales grupos genéticos de cacao: criollo, forastero y trinitario (Beckett, 2000; Enríquez, 2004; Navarro y Mendoza, 2006), sin embargo, Fins, Somarriba y Quesada (2013) mencionan que hasta el momento, los científicos han descubierto 10 tipos genéticos y que en el futuro pueden aumentar.

Criollo: Es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Sus frutos son de cáscara suave con 10 surcos. En cuanto a sus semillas, son dulces y de color que va de blanco a violeta. De esta variedad se produce el cacao de mejor calidad (Navarro y Mendoza, 2006). Según Beckett (2000) los árboles de esta variedad dan un rendimiento relativamente bajo.

Forastero: Su origen radica en América del Sur. Posee una cáscara dura y relativamente lisa y redonda. En cuanto a sus semillas estas son planas de color morado y de sabor amargo (Lutheran World Relief, 2013; Navarro y Mendoza, 2006).

Trinitario: Surge de la mezcla del criollo y el forastero (Enríquez, 2004; Estrada et al., 2011; Lutheran World Relief, 2013). Los colores y las formas varían en sus mazorcas y sus semillas son más grandes que las otras variedades (Estrada et al., 2011). Esta variedad es considerada como la más rústica y resistente a enfermedades y se ha adaptado de una forma mejor a diferentes ambientes (Enríquez, 2004).

3.3.2 Importancia de los árboles en el cultivo del cacao.

Los árboles dentro de cacaotales, garantizan la sombra necesaria para que las plantas de cacao puedan crecer y desarrollarse de la mejor manera (Rojas y Sacristán, 2013). Esta sombra puede ser clasificada según algunos autores en sombra temporal y permanente (Estrada et al., 2011; Navarro y Mendoza, 2006). Otros autores incluyen otra categoría más antes del establecimiento de la sombra temporal, denominada sombra inicial o provisional, (Enríquez, 2004; Rojas y Sacristán, 2013) y otros por su parte, incluyen una entre la sombra temporal y permanente denominada intermedia, de transición o “puente”. (Dubón y Sánchez, 2011). A continuación se describen cada una de las sombras mencionadas.

Sombra inicial o provisional: Busca proteger las plantas desde que salen del vivero, de forma que los rayos del sol no den directamente sobre la planta. Puede ser artificial, como por ejemplo hojas de plátano, banano, palmas, entre otros, la cual se establece en forma de casita o natural como por ejemplo maíz, gandul u otro cultivo de ciclo corto (Enríquez, 2004).

Sombra temporal: Este tipo de sombra tiene como fin proteger las plantas de cacao durante los tres primeros años (Navarro y Mendoza, 2006), sin embargo, Enríquez (2004) menciona que esta permanecerá en el campo de 3 a 5 años.

Sombra intermedia, de transición o “puente”: Sirve de vínculo entre la sombra temporal y la permanente. Se va eliminando conforme la sombra temporal brinde la sombra necesaria para el cacao o cuando sobrepase el estrato ocupado por el cacao (Dubón y Sánchez, 2011).

Sombra permanente: Busca crear un ambiente ideal para el desarrollo de la planta, además de su protección y producción de la madera u otros bienes a largo plazo (Dubón y Sánchez, 2011; Navarro y Mendoza, 2006). Está compuesta por árboles más altos que el cacao (Enríquez, 2004).

Según la FHIA (2004), algunos de los beneficios de sembrar cacao bajo sombra es que se logra un menor agotamiento del cacao y menor demanda de insumos que cuando se encuentra a la plena exposición de la luz del sol, se prolonga la vida productiva del cacao, se controla o regula las malezas, por lo que se reducen los costos de mantenimiento, ayuda a mantener la fertilidad del suelo mediante la incorporación de materia orgánica y se produce una mayor rentabilidad por otros valores agregados como por ejemplo, madera.

3.3.2.1 Árboles asociados al cacao.

Algunas especies utilizadas dentro de cacaotales son leguminosas de uso múltiple (*Inga* sp., *Gliricidia sepium*, *Erythrina* sp.), maderables como *Cedrela* sp., *Cordia alliodora*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis* (ONF, 2013).

Sumado a las especies anteriores, Rojas y Sacristán (2013) menciona especies como *Cedrela odorata*, *Cedrela montana*, *Cordia alliodora*, *Erythrina glauca*, *Erythrina poeppigiana*, *Hevea brasiliensis*, *Persea americana*, *Borojoa patinoi*, *Matisa cardata*, *Cocos nucifera* y *Annona muricata*.

Por su parte, la FHIA (2004), mencionan que según experiencias, las mejores especies que se asocian al cacao son *Cordia megalantha*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela* sp., *Dalbergia glomerata*, *Guarea grandifolia*, *Cojoba arborea*, *Hyeronima alchornoides*, *Terminalia amazonia*, *Ilex tectónica*, *Terminalia superba* y *Khaya senegalensis*.

3.4 Diseño del cultivo cacao bajo el sistema agroforestal.

Para garantizar el éxito de un sistema agroforestal con cacao se deben tomar en cuenta aspectos como la identificación de los objetivos del cultivo, la selección de especies a plantar, el material genético a emplear, la distribución espacial, las distancias de siembra, las condiciones agroecológicas de la zona, el mercado, entre otros (Rojas y Sacristán, 2013).

Según Lutheran World Relief (2013), un buen diseño agroforestal debe generar una alta productividad en las parcelas de cacao, ya que debe ayudar a regular la temperatura de la plantación, moderar la entrada de luz, disminuir el efecto del viento, preservar y mejorar el suelo.

De igual forma, este autor menciona que se debe hacer un reconocimiento del terreno donde se quieren establecer los nuevos sistemas agroforestales, con el fin de identificar limitantes que se puedan encontrar en ese lugar, así como su potencial, además de examinar la topografía, conocer el tipo de suelo, la vegetación que se encuentra y la calidad del desarrollo que ha tenido.

Cuando se seleccionan las especies maderables a establecer se debe tomar en cuenta los requerimientos climáticos, fisiográficos y edáficos que estas requieren. De igual forma, es importante identificar el desarrollo que ha tenido esa especie en la localidad, su valor comercial, además de características propias de la especie como densidad de copa, presencia de autopoda, características del sistema radicular, manejo, entre otros (ONF, 2013).

En el caso de que se incluyan especies con valor económico dentro de un sistema, sea con el cacao u otro cultivo, la estimación de su crecimiento y de su volumen se puede considerar parte del diseño.

3.5 Crecimiento y volumen de madera e importancia de su estimación dentro de sistemas agroforestales.

El crecimiento de los árboles es una extensión en función al tiempo, en componentes como diámetro, altura, área basal o volumen. Este crecimiento se puede obtener a partir de variables como incremento total, incremento de corriente anual (ICA), incremento periódico anual (IPA) y el incremento medio anual (IMA), siendo este último el promedio por año desde el año 0 (Louman, Quirós y Nilsson, 2001).

Por su parte, el volumen de madera es una relación dada por una ecuación que da un estimado de un árbol o de árboles en función de variables que se correlacionan (diámetro, altura, forma, entre otras) (Loetsch et al 1973, Husch et al 1982 y Caillez 1980 citado por Segura y Venegas, 1999).

Estimar el crecimiento y volumen de los árboles es necesario para manejar y aprovechar bosques, plantaciones, sistemas silvopastoriles y SAF (Ammour et al., 2012) y se convierte en una herramienta útil para proyectar el valor económico de los árboles, al llevar estos valores a términos de dinero, así mismo, sirven para determinar la rentabilidad del negocio (Nieto, Barrios y López, 2011), junto con los otros componentes leñosos del sistema.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio.

4.1.1 Localización.

El estudio se llevó a cabo en 21 comunidades de la región Lachuá, donde se concentran las fincas de 390 futuros productores de cacao identificados por el proyecto.

La eco-región Lachuá, se encuentra ubicada en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz en Guatemala (Fundación Laguna Lachuá, 2010; Universidad de San Carlos, 2004), tal como se observa en la figura 1.

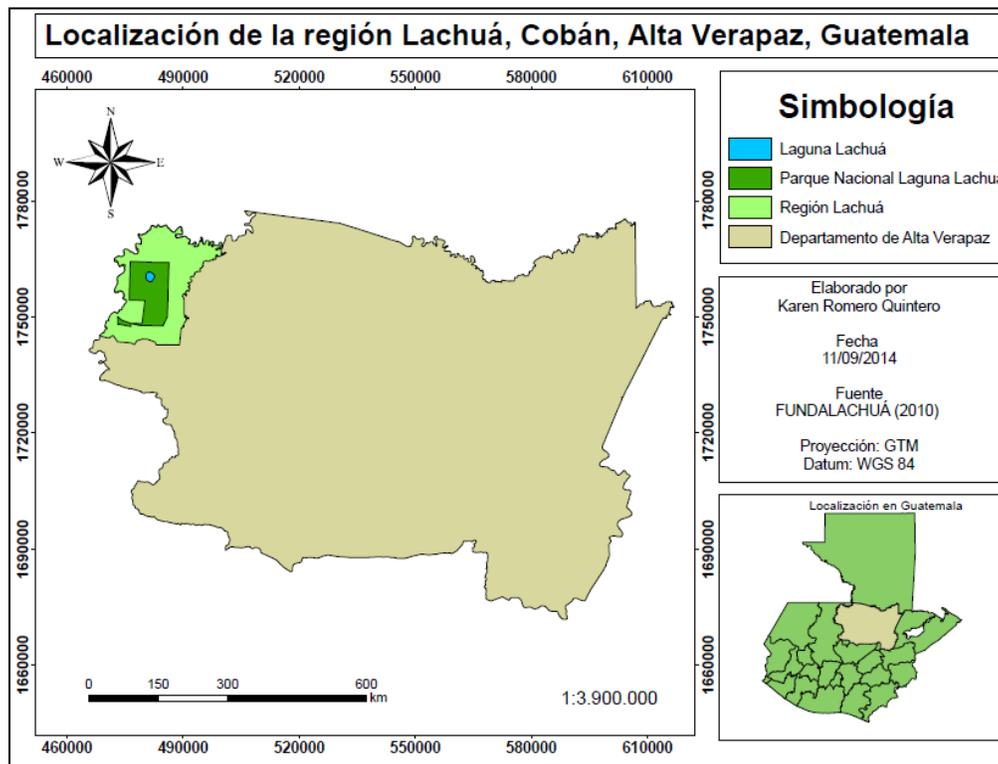


Figura 1. Localización de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

En la figura 2 se puede observar la ubicación de las comunidades donde se pretende establecer los nuevos sistemas agroforestales dentro de la región.

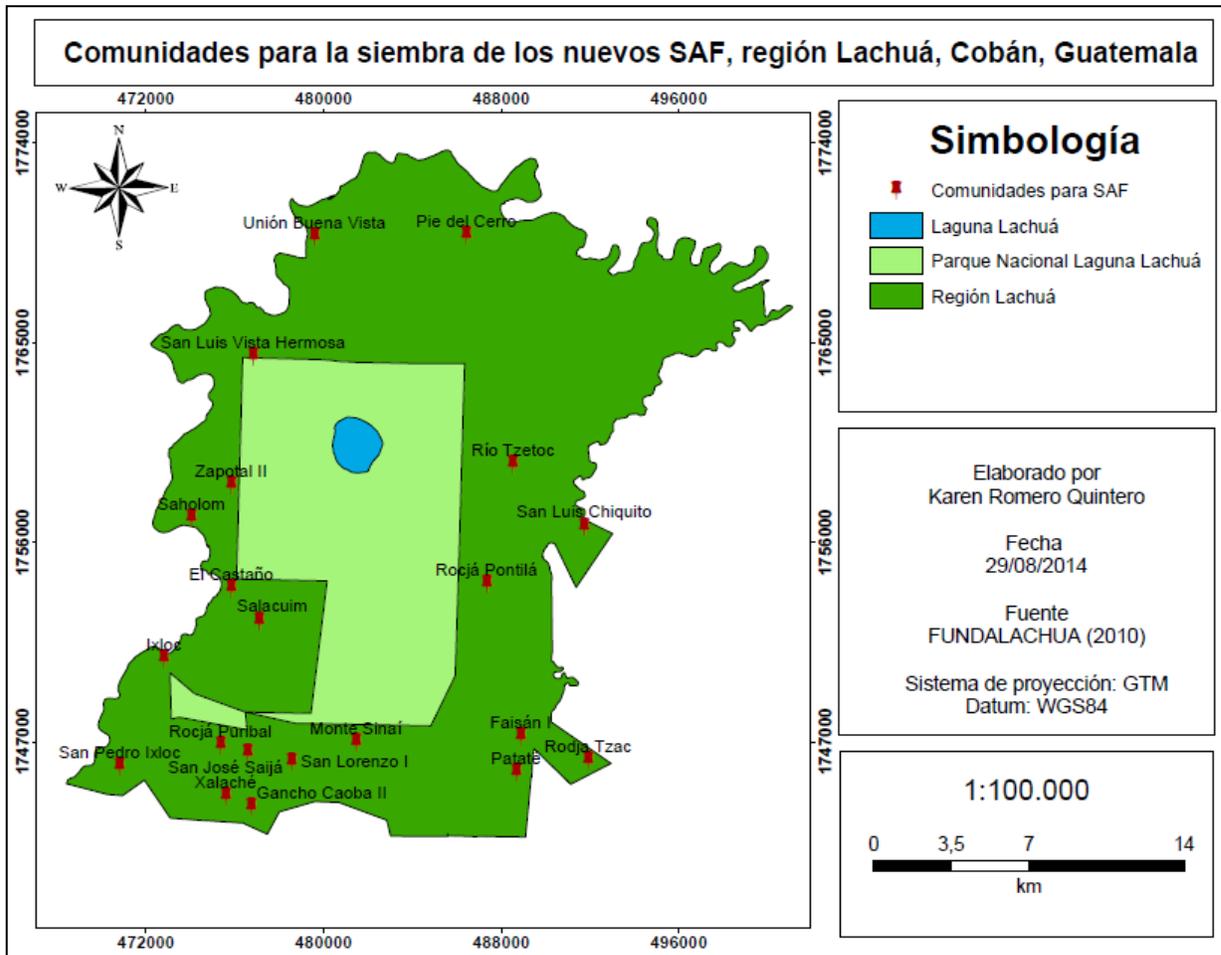


Figura 2. Ubicación de las comunidades donde se van a implementar los nuevos sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

4.1.2 Conformación de la región.

La región la conforman el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y las comunidades aledañas. La superficie es de aproximadamente 55 000 hectáreas y sus límites son en el noroeste el río Chixoy, al este el río Icbolay, al sur las montañas Sultana y El Peyán (macizo montañoso Tonzul) (Acuña, 2010).

El territorio está conformado por aproximadamente 18 500 pobladores, distribuidos en 55 comunidades, conformadas principalmente por la etnia maya Q'eqchí (Bosque Modelo Lachuá, 2010).

4.1.3 Aspectos sociales y económicos.

La población de la región se encuentra en pobreza extrema, siendo las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, las principales fuentes de ingreso (Bosque Modelo Lachuá, 2010; INAB y UICN, 2010).

En cuanto a educación, la región al igual que otras áreas retiradas del país, se encuentra rezagada en este tema, ya que cuenta con un 36,5% de nivel de analfabetismo, donde por razones de cultura, las mujeres son las principales afectadas (INAB y UICN, 2010).

En la región se cuentan con 38 escuelas, de las cuales aproximadamente un 70% están construidas con techo de palma y paredes de madera. El resto están construidas con bloques de concreto. De igual forma, en varias de ellas falta mobiliario escolar y no cuentan con servicios básicos de electricidad y agua potable, además, los servicios sanitarios son en su mayoría letrinas (INAB y UICN, 2010).

Referente a infraestructura vial, la región cuenta con aproximadamente 120 km de este servicio, donde un 60% de carreteras son de lastre, un 20% son brechas parcialmente transitables y un 20% son trochas (INAB y UICN, 2010).

En cuanto a servicios de agua y electricidad esta región carece de servicios de calidad, ya que en ninguna de las comunidades hay servicio de agua domiciliar, por lo que se tienen que abastecer de agua proveniente de ríos, pozos y nacimientos. Pertinente a la energía eléctrica, solamente un 27% de las comunidades cuentan con este servicio y las que cuentan con este servicio son las

comunidades que se encuentran en la vía de acceso principal (INAB y UICN, 2010).

4.1.4 Condiciones del sitio.

La región Lachuá se encuentra en un rango de elevación de 80 msnm a 800 msnm (INAB y UICN, 2010) y comprende las zonas de vida de Bosque Muy Húmedo Tropical Cálido y Bosque Pluvial Subtropical (Anexo 1) (De La Cruz, 1982 citado por Lorenzo, 2012).

Por su parte, la temperatura dentro de la región registra un promedio de 24,5°C y la precipitación 3850 mm anuales, con una época lluviosa de mayo a febrero y una marcada época seca de marzo a abril (INAB y UICN, 2010).

Los suelos presentes presentan una profundidad efectiva que van desde los 0 cm hasta más de 90 cm (Anexo 2) (INAB y UICN, 2010) y pertenecen a las órdenes de inceptisol y mollisol, con texturas arcillosas y de franco arcillosa a arcillosa (MAGA, 2005).

Según Alvarado y Raigosa (2007), los mejores suelos del mundo se agrupan en el orden de los molisoles y presentan texturas medias, oscuros, profundos y con buenas propiedades de fertilidad, mientras que los inceptisoles son suelos muy variados y poco desarrollados.

4.2 Evaluación de las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en la zona.

Para evaluar las áreas disponibles para el establecimiento de los SAF dentro de la región se realizó un muestreo de suelos, donde se seleccionaron al azar 20 fincas para la toma de las muestras.

En cada finca se estratificó según el área homogénea por uso del suelo y/o pendiente y se procedió a sacar una muestra compuesta por varias sub muestras, las cuales fueron recolectadas haciendo un recorrido en zic-zag dentro del área homogénea y a una profundidad de 30 cm desde la superficie del suelo. Cada sub muestra fue recogida mediante una pala y depositada en una bolsa plástica. Una vez que se tenía las sub muestras de la finca se procedió a sacar la muestra mediante el cuarteo, dejando solamente 1kg de la misma y se guardó en una bolsa plástica etiquetada para su posterior envío al laboratorio.

A cada muestra se le realizó un análisis químico completo, el cual incluía: pH (método de Potenciometría, relación 1:2,5- Suelo: Agua), potasio, calcio, magnesio, aluminio, cobre, hierro, manganeso, zinc, fósforo (solución extractora Mehlich 3, metodología Espectrometría de Emisión de Plasma-ICP por subcontratación), acidez intercambiable (extracción KCl 1 Normal, metodología por volumetría), materia orgánica (Método de Walkley y Black). Sin embargo, para fines del presente estudio solamente se consideró el pH, la materia orgánica y el aluminio, debido a que son algunas de las variables edáficas que pueden presentar mayores limitaciones para el desarrollo del cacao y las especies maderables dentro del sistema.

A cada muestra se le determinó además, la textura mediante el triángulo textural de suelos del United States Department of Agriculture (1977), a partir de los porcentajes de arcilla, arena y limo obtenidos en el laboratorio mediante el método de Bouyoucos.

De igual forma, en cada una de las fincas analizadas se tomaron las pendientes con un clinómetro Suunto y se anotó de forma descriptiva el uso que actualmente se le da a la finca donde se van a establecer los nuevos sistemas, además, cada uno de los sitios muestreados fue georeferenciado con un punto, utilizando para ello un GPS, marca Garmin, modelo Oregon 60 csx.

4.3 Definición social de las posibles especies vegetales a utilizar en los sistemas agroforestales en la región de Lachuá.

Para determinar socialmente las especies vegetales que se pueden utilizar dentro de los sistemas agroforestales se realizó un taller en cada una de las siguientes comunidades: Salacuim, Podja Pontilá, Pie del Cerro, Unión Buena Vista y Pataté, (Anexo 3), las cuales fueron seleccionadas previamente por su facilidad de trabajo con la Fundación Lachuá y por el interés que han demostrado a ser participes del proyecto de implementación de sistemas agroforestales en la región.

Para la realización de los talleres fue necesario contactar previamente a un líder comunal de cada uno de los sitios, para ello, se envió una invitación escrita, la cual contenía el motivo del taller, el lugar y la hora de realización. Este líder fue el encargado de hacer la convocatoria a los futuros productores.

Al inicio de cada uno de los talleres, se registró la participación mediante una lista de asistencia, en la cual cada participante consignó su nombre o su huella digital, en caso de los que no sabían escribir (Anexo 4). Además, se identificó a cada uno de los participantes con su nombre escrito en una etiqueta, la cual fue adherida en su camisa o blusa (Anexo 5).

Para la realización de cuatro de los cinco talleres fue necesario contar con un traductor, ya que la mayoría de participantes hablaban la lengua indígena Q'eqchí.

Durante cada uno de los talleres realizados, se hizo una pequeña introducción y se explicó el objetivo de la convocatoria, luego, se procedió a formar grupos para que anotaran o dibujaran en papeles los usos que quieren darle a los árboles que desean sembrar junto al cacao. Para la conformación de los grupos en el primer taller se numeró cada asistente de 1 a 4 y se les pidió que formaran el grupo según el número correspondiente, sin embargo, estos no se acordaban del número asignado, por lo que se realizó una nueva numeración, pero donde esta

vez ellos mismos iban diciendo el número que le correspondía, por lo que se decidió usar esta última metodología para los siguientes talleres.

Una vez que cada grupo tenía la información, un representante de cada uno pasó a pegarla en un dibujo de un árbol que se encontraba a vista de todos (Anexo 6).

Posteriormente, se procedió a hacer una agrupación y resumen de los usos en una pizarra cuando se disponía o en papel de presentación, llegando a un consenso entre los participante, luego, se pidió que entre todos los presentes, mencionaran cuales especies son las que quieren sembrar para cada uso y se anotaron (Anexo 7). Al finalizar la lista de las especies solicitó que compartieran la experiencia que tienen con el cultivo de cada una de las especies y otras características relevantes que consideraran importantes y de igual forma, fueron anotadas a visibilidad de todos los participantes (Anexo 8).

Asimismo, dentro de los talleres, se les preguntó la razón por la cual quieren esos usos y fue anotado (Anexo 9), por último, se les agradeció la participación.

Una vez que se realizaron todos los talleres, se procedió a analizar la información obtenida, para ello se realizó un cuadro resumen, con todas las especies según el uso mencionado por los participantes en cada uno de los talleres. Luego se procedió a buscar su nombre científico, para ello fueron utilizados informes que se han realizado dentro de la región y una base de datos que contiene esta información. Los nombres científicos fueron corroborados por un técnico forestal del Parque Nacional Laguna Lachuá.

Igualmente, se realizó un cuadro resumen con las razones dadas por los productores sobre el motivo de la elección de los usos descritos en cada uno de los talleres.

4.4. Diseño del sistema de producción agroforestal a proponer.

Para realizar el diseño, se utilizó como insumo los datos obtenidos en la evaluación de las áreas disponibles para el potencial establecimiento de los nuevos SAF en la zona y la definición social de las posibles especies vegetales a utilizar en los SAF de la región.

Para cada especie forestal descrita en los talleres se procedió a hacer una revisión de literatura sobre los requerimientos ambientales (altitud, temperatura, precipitación, tipo de suelos, textura, drenaje, pendiente, pH, crecimiento, su potencial en SAF) y se seleccionaron las que mejor se adaptan a las características de la región.

Cuando se contó con las especies elegidas se procedió a hacer una descripción sobre ellas, según lo mencionado por los productores en los distintos talleres. Además, se procedió a buscar características respecto a la copa y el turno de corta de las especies maderables y se agruparon las que cuentan con características similares para proponer el distanciamiento y edad de corta.

Con la información anterior, se procedió a realizar el diseño, junto con el distanciamiento del cacao, las especies vegetales y forestales a implementar en los sistemas agroforestales dentro región.

4.5. Estimación del volumen potencial de las especies maderables utilizadas en el sistema agroforestal propuesto.

Para estimar el volumen potencial de las especies maderables a utilizar dentro de los sistemas, se utilizaron datos del incremento medio anual (IMA), tanto en diámetro y altura comercial de las especies de interés que se encuentran dentro de plantaciones mixtas establecidas por los Programas de Incentivos Forestales

(PINFOR) dentro la región. Esta información fue facilitada por el técnico forestal de FUNDALACHUÁ.

Con estos datos de IMA de diámetro y altura comercial se obtuvo un promedio de incremento para cada una de las especies maderables y se multiplico por la edad de aprovechamiento de las especies (15 ó 30 años según la especie) con el fin de estimar el incremento que se tendría en ese ciclo. Una vez que se obtuvo el incremento en el turno de corta se procedió a estimar el volumen comercial sin corteza que se podría extraer en esta etapa, mediante la fórmula de Smaliam y diferentes fórmulas utilizadas en Guatemala para el cálculo del volumen de madera, mencionadas en la Guía de cubicación y transporte forestal (Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) de Guatemala, 2004). El volumen de todas las especies se estimó utilizando las fórmulas de Smaliam y FAO, no obstante, para el cedro se utilizó, además de las anteriores, la fórmula de Rivas y para caoba todas las anteriores junto con la Zetina. Estas fórmulas se detallan a continuación:

Smaliam: $V = dap^2 * hc * \frac{\pi}{4} * ff$

Fórmula general de la FAO (1968): $V = 0,0567 + 0,5074 dap^2 * hc$

Rivas (2000): $V = -8,916 + 0,309 * Hc + 0,123 * dap$

Zetina (1999): $V = - 6,285503 + 0,09879648 dap + 0,2205042 hc$

Donde:

V: Volumen comercial (m³).

Hc: Altura comercial. En centímetros para FAO y en metros para Smaliam, Rivas y Zetina.

Dap: Diámetro a la altura de pecho. En centímetros para FAO, Rivas y Zetina y en metros para Smaliam.

ff: Factor de forma. Se usó un valor de 77,5.

Una vez estimado el volumen en m^3 , se procedió a calcular el volumen en pie de los árboles en unidades de pies tablares. Para ello el volumen en m^3 obtenido para cada especie se multiplicó por 220 que es el valor para hacer la conversión.

El volumen obtenido con las diferentes fórmulas fue tabulado, sin embargo, el análisis se hizo con la fórmula de la FAO, ya que es una de las fórmulas que más se utiliza dentro de la región.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación de las áreas disponibles para el potencial establecimiento de nuevos sistemas agroforestales en la zona.

En el cuadro 1 se describen las comunidades a las que pertenecen las 20 fincas seleccionadas para los muestreos de suelos y en el anexo 10, se muestra la ubicación de los puntos de muestreo dentro de la región.

Cuadro 1. Número de fincas seleccionadas por comunidad para la toma de muestras de suelo dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Comunidad	Número de fincas a muestrear
Salacuim	4
Xalaché	1
Gancho Caoba	1
San José Saijá	1
Bempec El Castaño	3
San Lorenzo	1
Pie del Cerro	1
Faisan	2
Pataté	1
San Luis Chiquito	1
Rodja Pontilá	1
San Luis Vista Hermosa	2
Monte Sinaí	1
Total	20

La mayor cantidad de fincas seleccionadas se localizaron en las comunidades de Salacuim, Bempec el Castaño, Faisan y San Luis Vista Hermosa con 4, 3, 2 y 2 fincas respectivamente. El resto de las muestras fueron distribuidas en 9 comunidades más.

A pesar de que se seleccionaron 20 fincas para la toma de muestras, fue necesario evaluar y recolectar muestras de suelo en 22 sitios, ya que en dos de las fincas el uso del suelo no era homogéneo (Anexo 11). En una de las fincas, la cual se ubicaba en Xalaché, se encontraban pastos con charral en un sector y en otro sector cultivos intercalados de maíz, frijol y piña. En la otra finca, localizada en Gancho Caoba, se encontraba en un sector charral y en otro cardamomo. Las otras fincas evaluadas tienen en su mayoría charrales, charales de cardamomo, maíz y pastos con charral. El INAB y la UICN (2010) mencionan que el principal uso del suelo dentro de la región es de bosque latifoliado, donde se incluye el parque nacional Laguna Lachuá, seguido por sistemas de agricultura-bosque, luego por cultivo del maíz, cardamomo, pastos, entre otros.

En cuanto a las pendientes tomadas en campo, estas oscilan desde los 3% hasta un 60% (Anexo 11), coincidiendo con los valores de pendientes reportados por el INAB y la UICN (2010), quienes mencionan valores desde los 0% hasta mayor a 55%. De igual forma, el INAB y la UICN (2010) indican que en sitios con pendientes elevadas, se da como principal actividad el cultivo de cardamomo bajo sistemas agroforestales, además se conserva la cobertura forestal y conforme va disminuyendo las pendientes se van desarrollando el cultivo de granos básicos, hortalizas y ganadería, evidenciando de esta forma que las actividades productivas se ven influenciadas por las variaciones geomorfológicas.

En cuanto a los resultados químicos de los muestreos de suelos se detallan en el cuadro que se encuentra en los anexos 12 y 13.

En lo referente al pH, los valores obtenidos muestran una variación entre 4,6 y 6,6; a excepción de la muestra localizada en Bempec El Castaño, donde se reporta el único pH fuera de este rango, con un valor de 2,4; el cual puede representar un error en el análisis químico realizado en el laboratorio o a la hora de realizar el muestreo, ya que en el Atlas Temático de la República de Guatemala (MAGA, 2005), se reporta para la región suelos con pH que van desde 4,63 a 7,1.

Estos suelos son clasificados de forma general como suelos ácidos, donde 17 de los sitios muestreados son suelos muy ácidos, 3 de ellos son moderadamente ácidos y 2 ligeramente ácidos, según la clasificación dada por Kass (1998).

En el caso del cacao, los suelos donde se realizaron los muestreos se adecuan a su cultivo, solamente que en diferentes rangos, siendo el pH que se encuentra de 6 a 7,5 como el nivel óptimo para su cultivo según lo mencionado por Dubón y Sánchez (2011), sin embargo, Rojas y Sacristán (2013) indica que rangos entre 5,5 y 6,6 se consideran sumamente aptos, de 5 a 5,5 moderadamente aptos y de 4,5 a 5 marginalmente aptos. En el caso de las especies forestales, las especies que se establecerán tienen diferentes niveles de tolerancia hacia este factor, sin embargo, todas se adecuan al rango presente en la región, como se puede ver en el anexo 16.

Un elemento edafológico muy ligado al pH, es el contenido de aluminio. Los suelos analizados presentan valores de contenido de este elemento desde 0,05 hasta 9,88 cmol/L, donde 17 de las fincas poseen valores menores a 1,5 cmol/L, mientras que 5 se encuentran sobre este rango. Los suelos con valores superiores a 1,5 cmol/L, presentan alto contenido de este elemento (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica citado por Kass (1998), y puede dificultar el desarrollo de las plantas poco tolerantes al mismo (Alvarado y Raigosa, 2007), de ahí la importancia de conocer si el contenido de aluminio de los suelos ácidos llega a niveles que pueden ser tóxicos para las plantas. En el caso del cacao, este no tolera altos niveles de aluminio (Cerrón, 2012) y en el caso de las especies forestales, algunas son más susceptibles que otras hacia este elemento, como se puede observar en el anexo 16.

Una forma de llegar al nivel óptimo de pH y disminuir el contenido de aluminio del suelo es mediante la aplicación de enmiendas o encalado, por lo que se podría considerar para sitios donde sus niveles no son aptos para el cultivo del cacao y/o las especies forestales a proponer.

En cuanto a la materia orgánica (MO), los análisis realizados reportan rangos desde 1,76% hasta 7,47%, donde solamente 1 de las fincas tiene bajo contenido de MO, 14 de ellas presentan mediano contenido y 7 alto contenido según lo expresado por Kass (1998). Para el cultivo del cacao, Rojas y Sacristán (2013) menciona que sitios con porcentajes menores al 3% de MO no se consideran aptos para su cultivo, por lo que en estos sitios se pueden establecer algunas especies forestales que favorezcan la incorporación de MO al suelo, sin embargo, según Callaba et al. (2002) la acumulación de este componente al suelo es un proceso lento.

Por otra parte, referente a la textura, la mayor parte de los suelos del área de estudio corresponden a arcillosos y uno solamente a franco arcilloso (Anexo 14). Estos datos coinciden con los reportados por el MAGA (2005), donde mencionaron que los suelos encontrados en la región son arcillosos y de franco-arcillosos a arcilla.

Según la textura del suelo que se presenta dentro de la región, el cacao se puede desarrollar en forma óptima, ya que Enríquez (1985), menciona que los mejores suelos para el desarrollo del cacao son los suelos comprendidos por texturas arcillosas hasta franco arenosas, sin embargo, se debe tener cuidado con los suelos arcillosos, ya que a pesar de poseer buenas características, como por ejemplo contar con más aptitud para conservar agua y nutrientes aprovechables para las plantas, debido a que sus partículas poseen una mayor área superficial, además, poseen baja permeabilidad y hay menos probabilidades de que se produzca una disminución de los nutrientes por lavado en comparación con los suelos con textura arenosa según Casanova (2005) pueden presentar problemas de drenaje y grietas cuando se secan (Gliessman, 2002), y por ende afectar las especies de los sistemas agroforestales a proponer. Por su parte, los suelos francos son considerados como los suelos más fértiles, donde existe un equilibrio entre arena, limo y arcillas (Campbell y Reece, 2007), no obstante, generalmente, los suelos no presentan estas características ideales, por lo que se clasifican en

franco-arcillosos, franco-limoso, franco-arenoso y franco-arenoso-arcilloso (Fournier, 2003)

En el caso de las especies forestales, algunas prosperan en un gran rango de texturas, sin embargo, algunas demandan características diferentes y no se desarrollan en forma óptima en suelos demasiado arenosos o limosos (Pemán y Navarro, 1998), no obstante, dentro de la región no se encuentran estas texturas, por lo que no sería un factor limitante para el desarrollo de las mismas. Además, las especies forestales a proponer se adecuan a las clases texturales encontradas en la región, como se puede observar en el anexo 16.

5.2 Definición social de las posibles especies vegetales a utilizar en los sistemas agroforestales en la región de Lachuá.

En el cuadro 2 se muestran el número de participantes en cada uno de los talleres, realizados dentro de la región.

Cuadro 2. Número de asistentes a los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Lugar	Número de participantes
Salacuim	19
Roja Pontilá	18
Pie del Cerro	23
Unión Buena Vista	13
Pataté	22

Según el cuadro 2 el número de participantes en cada uno de los talleres varió entre 13 a 23 personas, siendo la comunidad de Pie del Cerro la que contó con más participantes en la actividad. Esta variación entre la cantidad de asistentes a los talleres, se puede haber presentado debido a que los líderes de cada

comunidad invitaron diferente cantidad de productores, además otro factor que pudo afectar fue la hora de realización de los talleres, ya que unos se hicieron en horas de la mañana y otros en la tarde y no se les preguntó previamente la hora en que menos se les dificultó asistir.

Referente a las especies que los productores mencionaron en cada uno de los talleres, según cada uso propuesto, se detallan en el cuadro 3. Los nombres científicos de dichas especies se encuentran en el anexo 15.

Cuadro 3. Especies vegetales según su uso propuesto por los productores en cada uno de los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Usos	Lugar de realización del taller				
	Salacuim	Rodja Pontilá	Pie del Cerro	Unión Buena Vista	Pataté
	Cedro	Caoba	Caoba	Cedro	Caoba
	Caoba	Cedro	Cedro	Caoba	Cola de coche
	Cenízaro	Santa María	San Juan	Rosul	Lagarto
	Cola de coche	San Juan	Marío o Santa María	Jocote fraile	Medallo
	Lagarto	Canxán	Ramón	Cenízaro	Irayol
	Canxán	Irayol	Canxán	Lagarto	Santa María
Madera		Jocote fraile	Medallo		Cedro
		Raja bien	Cenízaro		Ramón
		Palo de sangre	Lagarto		Pontero
		Hormigo	Tamarindo		Laurel
		Medallo	Chico zapote		Tamarindo
		Cola de coche	Rosul		Canxán
		Tamarindo			
	Cola de pavo				

Continuación del cuadro 3.

Usos	Lugar de realización del taller				
	Salacuim	Rodja Pontilá	Pie del Cerro	Unión Buena Vista	Pataté
Madera		Pito de agua			
		Madre cacao			
		Hormigo			
		Jocote			
Leña	Irayol	Madre cacao	Cuchín	Roblillo	Ramón
	Ramón	Ramón	Laurel de montaña	Cuchín	Chico zapote
	Tamarindo	Luim	Madre cacao	Chalúm	Cuchín
	Canxán	Cuchín	Zapote	Madre cacao	Madre cacao
	Madre cacao	Zapotillo			Tamarindo
	Cuchín	Paterna o machetón			
Frutas	Rambután	Rambután	Naranja	Cítricos	Mango
	Aguacate	Aguacate	Aguacate	Rambután	Rambután
	Zapote	Mango	Plátano	Banano	Aguacate
		Plátano	Zapote		Nance
		Manzana rosa	Mazapán		Paterna
			Coco		Paxaste
Industrial	Ramón	Canela			Pimienta
	Pimienta	Pimienta			
	Canela	Ramón			
		Achiote			

Los participantes mencionaron en total 4 usos que quieren darle a las especies vegetales que desean sembrar junto al cacao. En los 5 talleres se hizo mención a madera (incluye tablas, muebles, postes), leña y frutas, mientras que solamente en dos de los talleres se comentó el uso industrial.

De estas especies, las que obtuvieron mayor frecuencia de mención en los talleres fueron caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), cuchín (*Inga* sp.), madre cacao (*Gliricidia sepium*), tamarindo (*Dialium guianense*), ramón (*Brosimum alicastrum*), rambután (*Nephelium lappaceum*), lagarto (*Zanthoxylum microcarpum*), canxán (*Terminalia amazonia*) y aguacate (*Persea americana*).

Algunos de los usos de las especies mencionadas en el taller, coinciden con las mencionadas por Vega y Somarriba (2005) en un estudio realizado en Alto Beni en Bolivia, donde hacen alusión a que las especies favoritas por los productores son maderables (*Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, entre otros), árboles medicinales (*Astronium urundeuva*, *Uncaria tomentosa* y más) y leña (*Inga* sp., *Cassia* sp.). Por su parte, Ortiz (2006) indica los usos mencionados en otro estudio realizado en esta misma zona de Bolivia, donde los productores señalaron en orden de prioridad los usos de madera, frutas, medicina, mejoradoras del suelo, leña, entre otras.

Asare (2005) menciona que los criterios de selección de las especies varían de un lugar a otro, según el valor e importancia que los productores le den a las especies, tal como se presentó en el presente estudio.

Por otra parte, los productores mencionan diferentes razones por lo que quieren incorporar las especies descritas anteriormente. Estas, se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Razón dada por los productores para utilizar las especies mencionadas dentro de los talleres realizados dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Lugar	Razón
Salacuim	Los bosques se están acabando y es importante que sembremos nuestros árboles para tener en el futuro los beneficios.
Rodja Pontilá	Los bosques se están acabando y es importante que sembremos árboles para tener beneficios de madera más adelante y que la familia los disfrute. También, para consumo de nuestras familias e hijos, por ejemplo las frutas, no tendríamos que comprarlos en otros lugares.
Pie del Cerro	Nos han dicho que es bueno reforestar, lo hemos hecho y nos hemos dado cuenta que es bueno. Aunque nosotros no disfrutemos la madera, nuestros hijos van a poder aprovecharlas. Además, no sólo se puede tener el ingreso del cacao, sino también se pueden obtener otros ingresos.
Unión Buena Vista	Consumo de la familia y si sobra algo para comercializar y tener mayores ingresos.
Pataté	Consumo de la familia y no comprar en otras partes, además ya los bosques se están acabando y no hay tanta madera como antes. Aunque los beneficios no los disfrutemos nosotros, les quedan a nuestros hijos para que lo hagan.

Según el cuadro 4, los productores expresan en su mayoría que los bosques se están acabando, de ahí la importancia de adquirir nuevas fuentes de abastecimiento de productos obtenidos del bosque como por ejemplo la madera, donde se pueda proveer a la familia y obtener beneficios económicos. Estas afirmaciones coinciden con las mencionadas por Brown et al. (2000) quienes mencionan que los bosques están siendo amenazados por las demandas de la población mundial hacia productos como por ejemplo madera, leña y papel. De ahí la importancia que las estrategias de producción actuales deben ir dirigidas hacia

un uso sostenible del ecosistema (Iglesias, 2011) y los sistemas agroforestales se convierten en una opción para lograrlo, ya que brindan sostenibilidad en los tres aspectos fundamentales (económico, ecológico y social) (Monge y Russo, 2009).

5.3 Diseño del sistema de producción agroforestal a proponer.

5.3.1 Selección de las especies vegetales que se van a utilizar dentro de los sistemas.

Según las características de desarrollo y los requerimientos ambientales de las especies forestales mencionadas en los talleres, las que más se adecuan a las condiciones ambientales de la región son: madre cacao (*Gliricidia sepium*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) irayol (*Genipa americana*), cola de coche (*Pithecellobium arboreum*), laurel (*Cordia alliodora*), canxán (*Terminalia amazonia*) y San Juan (*Vochysia guatemalensis*). Estas especies junto con el banano y/o plátano (*Musa* sp.) son las propuestas para establecer los nuevos sistemas.

Las características ambientales requeridas por las especies forestales elegidas, se detallan en el anexo 16.

Con la selección de estas especies se pretende abastecer al máximo posible los usos que los productores mencionaron en los diferentes talleres (madera, leña, frutas), en el caso del uso industrial no se tomó en cuenta, ya que solamente fue mencionado en dos de los cinco talleres realizados. Según Lutheran World Relief (2013), los árboles que se siembran junto al cacao deben brindar productos que gusten en el mercado, tales como madera, leña, frutas, entre otros.

Los beneficios a obtener por los productores, se podrán adquirir en diferentes etapas del ciclo del sistema agroforestal, al mismo tiempo que el cacao recibe la

sombra requerida en las distintas etapas de crecimiento brindada por estas especies.

5.3.2 Características de las especies seleccionadas.

Respecto al caoba (*Swietenia macrophylla*), fue una de las especies mencionadas en todos los talleres y los productores catalogan su madera como de buena calidad y a la que se le puede dar varios usos entre ellos tablas y elaboración de muebles, además su madera posee un muy buen precio en el mercado y actualmente dentro de la región se comercializa “a escondidas”. Así mismo, comentan que es una especie que se desarrolla prácticamente en todo lado y es de crecimiento rápido, sin embargo, en un taller se mencionó que se desarrollaba de forma lenta, esto pudo deberse a que se estableció en condiciones de sitio desfavorables para su desarrollo, ya que según la Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Honduras (ESNACIFOR) (2003) y Cordero et al. (2003) esta especie es de rápido crecimiento. Así mismo, los productores comentan que se ve afectada por el ataque de plagas, específicamente por un barrenador.

Las características anteriores coinciden con las mencionadas por Cordero et al. (2003), donde mencionan que esta especie brinda una de las maderas más valoradas a nivel mundial. Otra característica importante es que es una de las especies más usadas en sistemas agroforestales con cacao (Cordero et al., 2003; Palencia, Gómez, Martín y Guiza, 2006). Sin embargo, una de las desventajas de esta especie es que puede ser atacada por el barrenador de meliáceas, denominado *Hypsiphylia grandella* (Cordero et al., 2003; ESNACIFOR, 2003; Palencia et al., 2006).

Referente al cedro (*Cedrela odorata*), los participantes mencionaron esta especie en los cinco talleres realizados y consideran que es una madera de muy buena calidad, utilizada para varias prácticas como por ejemplo, construcción, elaboración de muebles, entre otros; posee un buen mercado y muy buen precio y

al igual que la caoba actualmente se comercializa “a escondidas”. En cuanto a su crecimiento, mencionan que se desarrolla de forma rápido y prácticamente crece en todo lado. De igual forma, mencionan que el inconveniente que presenta este árbol es que es atacado por plagas al igual que la caoba.

Según Cordero et al. (2003), la madera del cedro es de excelente calidad, usada en diversas labores, tales como construcciones, elaboración de muebles finos, carpintería, ebanistería, entre otros. Además es de rápido crecimiento y se ha utilizado en SAF con café y cacao (Gil, 2010).

Otra especie con potencial para ser usada en el sistema es el irayol (*Genipa americana*), la cual fue mencionada en tres de los cinco talleres. Los productores la catalogan como una buena madera y con crecimiento en todos lugares, además tiene un rápido crecimiento.

Según Cordero et al. (2003), esta madera presenta una variedad de usos, entre los que destacan: vigas, muebles, mangos de instrumentos agrícolas y arados, ebanistería, pisos, construcción, entre otros. Además, su fruta, se puede utilizar para la fabricación de vinos, helados, jarabes, frescos, dulces, entre otros y se puede plantar en SAF con cultivos de subsistencia.

En lo que se refiere al cola de coche (*Pithecellobium arboreum*), esta especie fue mencionada en tres de los cinco talleres, la cual brinda buena madera según lo mencionado por los participantes, además comentan que crece rápido a excepción de los productores de Pontilá. Este crecimiento lento puede presentarse debido a que el sitio donde se ha establecido presenta condiciones adversas para su desarrollo, ya que Cordero et al. (2003), menciona que es una especie de rápido crecimiento.

La literatura reporta que la madera de *Pithecellobium arboreum*, se utiliza en carpintería fina, decoración de interiores y exteriores, construcciones, horcones,

pisos, entre otros (Cordero et al., 2003; ESNACIFOR, 2003). Además, esta especie ha sido cultivada en asocio al cacao, donde ha alcanzado un buen desarrollo (ESNACIFOR, 2003).

Respecto al laurel (*Cordia alliodora*), esta especie solamente fue mencionada en uno de los talleres, sin embargo, se propone que las características morfológicas la hacen ideal para la incorporación como árbol de sombra en cacaotales (Cordero et al., 2003). De igual forma, los pobladores mencionan que su madera es de buena calidad y crece de forma acelerada dentro de la región. Según Cordero et al. (2003), la madera de laurel posee alto valor en el mercado, donde se puede utilizar para elaboración de muebles, ebanistería, puertas, marcos, tablas, pisos, entre otros.

El canxán (*Terminalia amazonia*), fue mencionado en cuatro talleres, donde los pobladores manifiestan que la madera es dura y de buena calidad, sin embargo, presenta el inconveniente de que seca la tierra. Esta característica es reportada para eucalipto, donde se menciona que debido a su alto y acelerado crecimiento necesita mucha agua, sin embargo, esta afirmación no es cierta en su totalidad según lo expresado por Fernández (1994), quien menciona que a pesar de que el eucalipto capta mucha agua (igual que el resto de especies), está tiene la diferencia de que la usa de forma más eficaz que otras. Montero y Kanninen (2005) mencionan que el canxán se usa en construcción pesada, pisos, muebles, contrachapados, entre otros.

La última especie maderable propuesta es San Juan (*Vochysia guatemalensis*), a pesar de que fue mencionada solamente en dos talleres, es una especie que según los pobladores tiene un buen mercado, además se puede usar para tarimas y tiene un rápido crecimiento. Sin embargo, mencionan que seca la tierra y que tanto el árbol como la madera son atacados por comején. Cordero et al. (2003) menciona que la madera de *Vochysia guatemalensis* es liviana pero fuerte, la cual puede ser empleada en carpintería, construcciones livianas, formaletas,

contrachapados, artesanías, muebles, entre otros. Además, se planta en SAF para perfeccionar el suelo y es de crecimiento rápido.

La especie propuesta para leña y a su vez para sombra transitoria es el madre cacao (*Gliricidia sepium*), esta especie fue mencionada en todos los talleres, donde los productores indican que puede ser utilizada en diversas funciones, tales como madera, leña, cercas vivas. Además sus hojas se descomponen rápidamente, por lo que sirven de abono. Así mismo, mencionan que es una especie que crece en todos los lugares y de forma rápida, sin embargo, señalan que es atacada por taltuzas.

Según la Conservación y silvicultura de especies forestales en Honduras (CONSEFORH) (2001) y Cordero et al. (2003), en Centro América es muy conocida esta especie y posee una variedad de usos, entre ellos madera, forraje, cercas vivas, leña y las hojas se descomponen fácilmente, por lo que se pueden usar como abono verde, además sirve para restaurar suelos y es usada en muchos lugares como sombra del cacao.

Por su parte el banano y plátano, presenta un buen desarrollo, según lo expresado por los asistentes al taller, creciendo en todo lugar y de forma rápida. Además, son especies que más se utilizan en sistemas agroforestales con cacao (FHIA, 2004), por ejemplo en Para, Brasil, esta especie es utilizada dentro de cacaotales porque contribuyen con productos e ingresos a corto plazo. (CEPLAC, 1999 citado por Ortiz, 2006).

5.3.3 Distanciamientos y diseño propuesto.

El distanciamiento y diseño para las especies maderables se propone según las características de copa y el turno de corta reportado en la literatura.

Respecto a su copa, las características se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Características de las copas de las especies maderables a establecer dentro de los sistemas agroforestales a proponer para la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Especie	Copa
<i>Swietenia macrophylla</i>	Amplia (puede llegar hasta 20 m de diámetro)
<i>Cedrela odorata</i>	Amplia y rala
<i>Genipa americana</i>	Amplia, abierta
<i>Pithecellobium arboreum</i>	Amplia, rala, dispersa, abierta
<i>Cordia alliodora</i>	Angosta, rala, abierta
<i>Terminalia amazonia</i>	Grande, moderadamente abierta
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Angosta, densa, redondea, en estratos

Fuente: Camacho y Montero (2005); Cordero et al. (2003); ESNACIFOR (2003); Flores y Obando (2003); Torres, Carvajal, Rojas y Arguedas (2011);

Según el cuadro 5, las especies poseen en su mayoría copa amplia a excepción de *Cordia alliodora* y *Vochysia guatemalensis*. Basado en estas características se propondrá el distanciamiento de estas especies dentro de los sistemas agroforestales, agrupando todas las especies con copa amplia y las de copa angosta por separado. De esta forma, queda un distanciamiento de 12 m x 15 m en caso de los productores quieran incluir dentro del SAF las especies *Cordia alliodora* y *Vochysia guatemalensis* y si no se incluye ninguna de estas especies, se recomienda un distanciamiento de 15 m x 15 m.

En lo referente al turno de corta de las especies, estas se detallan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Turnos de corta reportados en la literatura para las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Especie	Turno de corta (años)
<i>Swietenia macrophylla</i>	35
<i>Cedrela odorata</i>	30
<i>Genipa americana</i>	20 ó 30
<i>Pithecellobium arboreum</i>	30
<i>Cordia alliodora</i>	20
<i>Terminalia amazonia</i>	25
<i>Vochysia guatemalensis</i>	20

Fuente: Cordero et al (2003); Francis (1993); Montagnini (2004).

Según el cuadro anterior, las especies maderables poseen turnos de corta de 20, 25, 30 y 35 años aproximadamente. Basado en estos turnos, se propone la corta de las especies maderables en dos fases, una a la edad intermedia del sistema, el cual es aproximadamente a los 15 años, donde las especies a cortar serían las que presentan turnos menores a 30 años (*Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia* y *Vochysia guatemalensis*), mientras que las otras especies, las cuales poseen turnos iguales o mayores a este, se propone que se corten a los 30 años, edad en el que se rejuvenecería el sistema.

Para la sombra permanente, se aconseja que los productores seleccionen entre las especies maderables recomendadas, las que quieren sembrar dentro del sistema. Estrada et al. (2011) recomienda establecer varias especies con el fin de maximizar el terreno. Además, la incorporación de varias especies pueden generar diferentes tipos de hojarasca, que ayudan de forma más eficiente a su descomposición y por ende fomentar el dinamismo de los microorganismos (Lutheran World Relief, 2013).

De esta forma, se plantea dos diseños en cuadro y dos en tres bolillo o pata de gallo. La pata de gallo se recomienda cuando las pendientes son mayores al 20% (ONF, 2013).

En la figura 3 y 4 se presenta el diseño del SAF al inicio del establecimiento con diseño cuadrado para el cacao y las especies maderables, mientras que en las figuras 5 y 6 se presenta el diseño en tres bolillo tanto para el cacao y especies maderables.

En el diseño en cuadro para cacao y especies maderables representado en la figura 3, se contempla que el productor escoge especies de copa amplia y de copa angosta para incorporar a su sistema.

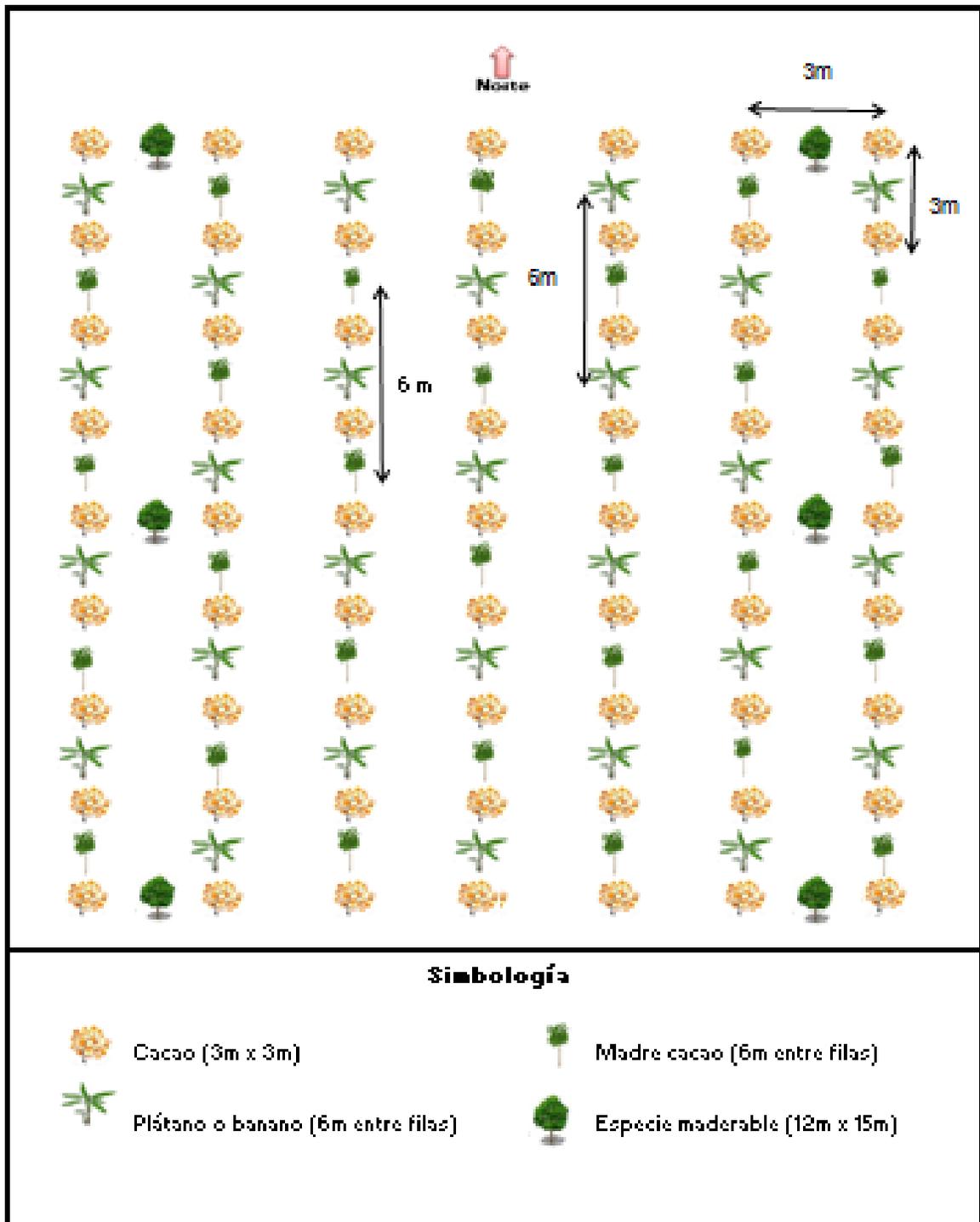


Figura 3. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y especies maderables con diseño en cuadro) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

En el modelo descrito en la figura 3, se plantea que el cacao se establezca en forma cuadrada a 3 m entre filas y 3 m entre hileras, mismo diseño para las especies maderables, pero con distanciamiento de 12 m entre filas y 15 m entre hileras o viceversa. En el caso de plátano o banano, se establecería a un distanciamiento de 6 m dentro de las filas, con la recomendación de que si en la primera fila se colocó un banano o plátano de primero, en la segunda fila, se inicie colocando madre cacao, con el fin de alternar las especies, de esta forma el madre cacao queda a un distanciamiento de 6m entre filas.

En la figura 4, se presenta el diseño en cuadro en caso de que se incluya solamente especies de copa amplia.

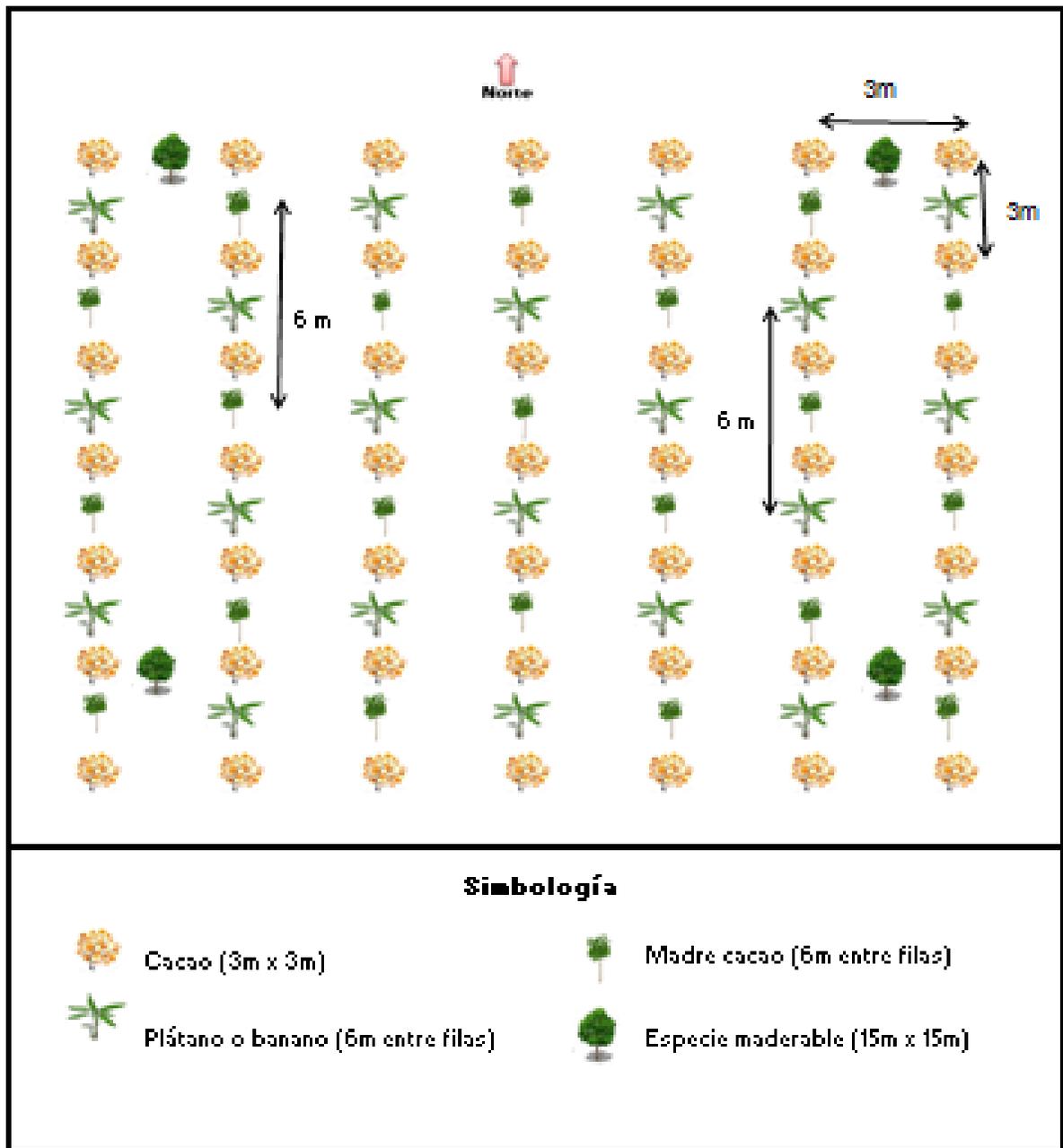


Figura 4. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y especies maderables con diseño cuadrado) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

El diseño anterior es similar al descrito en la figura 3, con la única variación que el distanciamiento entre las especies maderables es de 15 m entre filas y 15 m entre hileras.

La figura 5 muestra el modelo de sistema agroforestal con un diseño en tres bolillo, en caso de que se incluya especies de copa amplia y angosta dentro del sistema.

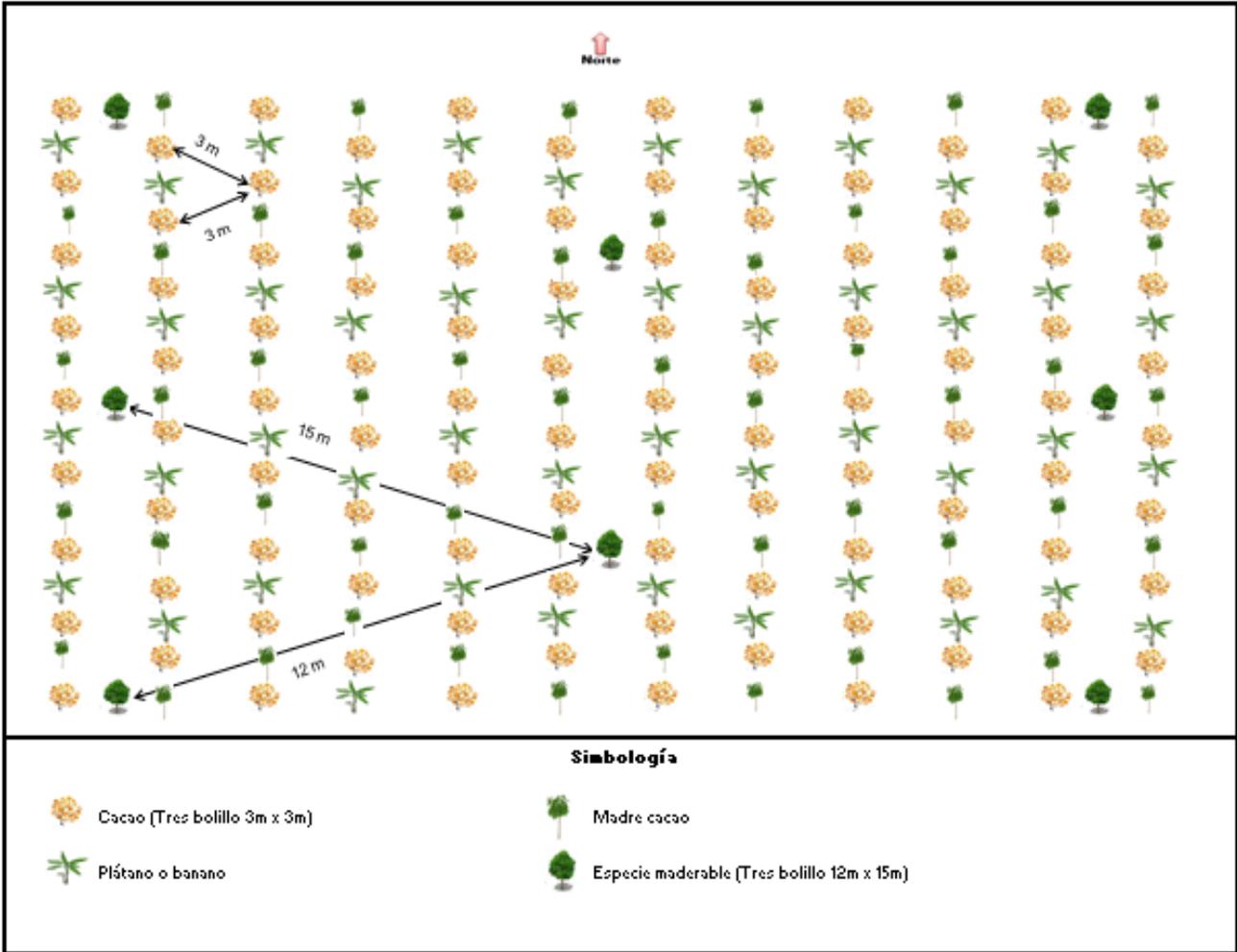


Figura 5. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y maderables en tres bolillo) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

En este diseño se propone que el cacao y las especies maderables se establezcan en tres bolillo, con un distanciamiento de 3 m x 3 m para cacao y de 12 m x 15 m para las especies maderables, mientras que el banano y/o plátano se propone que se siembre en forma intercalada cada dos plantas de cacao, de forma que en el espacio restante entre el cacao pueda sembrarse madre cacao.

La figura 6 muestra el modelo en tres bolillo en caso de que el productor solamente quiera incorporar dentro de su sistema especies de copa amplia.

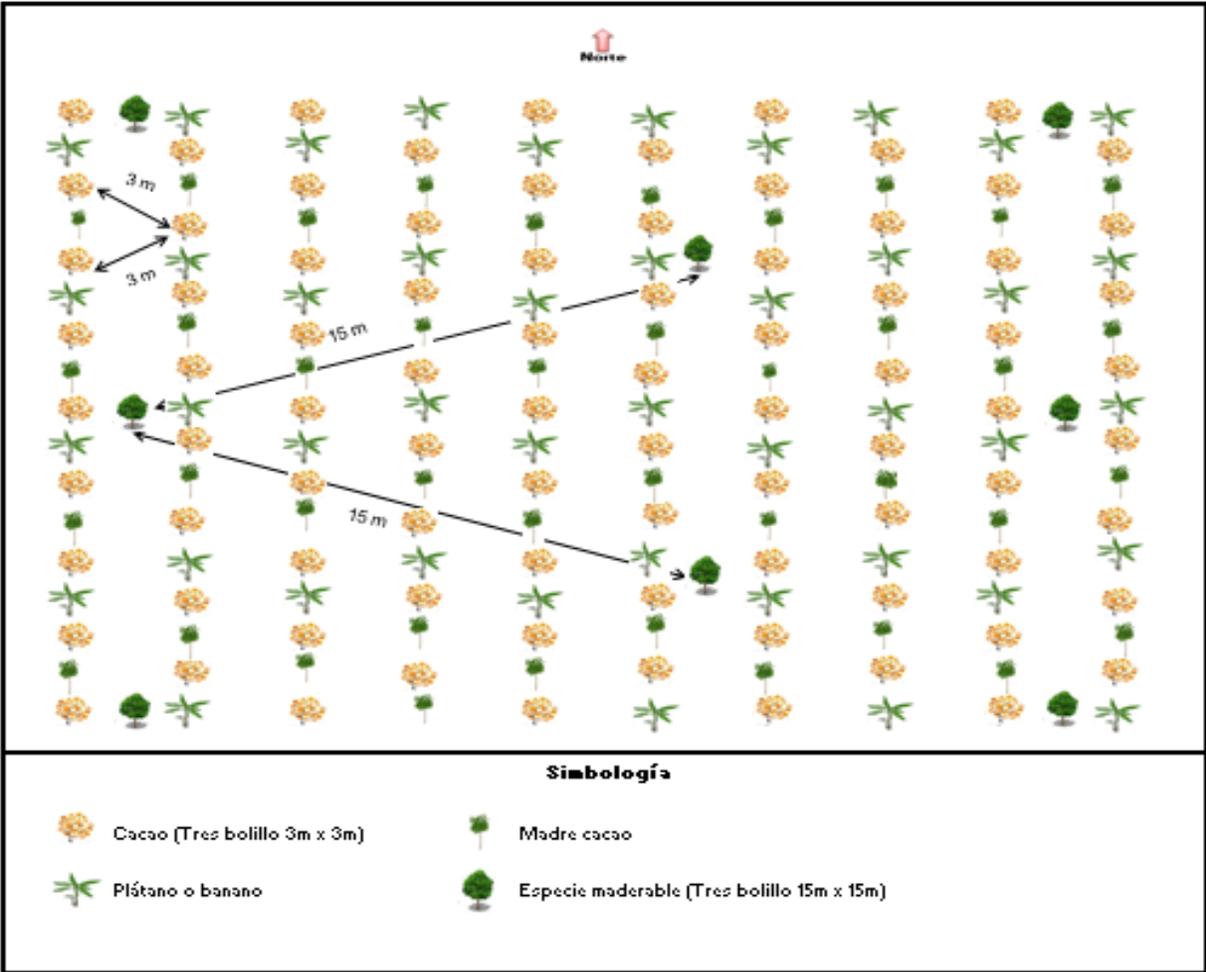


Figura 6. Modelo de sistema agroforestal al inicio del establecimiento (cacao y maderables en tres bolillo) propuesto en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

El modelo presentado en la figura 6, es similar al presentado en la figura 5, con la diferencia que el distanciamiento en este caso es de 15 m x 15 m entre las especies maderables.

Según los modelos presentados, aparte de los beneficios ofrecidos por el cacao, los productores podrán obtener frutos brindados por el banano y/o plátano durante los primeros tres años del sistema, especies que fueron establecidas como sombra temporal. Aproximadamente a los siete años de establecido, se podrá aprovechar la leña brindada por el madre cacao, especie destinada para sombra de transición. Por último, el beneficio de las especies destinadas como sombra permanente, se podrá obtener a los 15 y 30 años de establecido el SAF, turnos a los que se extraerá la madera.

5.3.4 Recomendaciones generales para el sistema.

- Se recomienda establecer la sombra temporal, permanente y transitoria antes de la siembra del cacao. Navarro y Mendoza (2006) recomienda establecerla un año antes de sembrar el cacao, mientras que Dubón y Sánchez (2011) recomienda establecerla de 6 a 7 meses antes. El banano y/o plátano se sugiere eliminarlo después de tres cosechas.
- Durante los dos o tres primeros años de establecido el sistema, se puede sembrar en los callejones cultivos anuales, como por ejemplo maíz con el fin de que los productores puedan obtener beneficios a menor plazo.
- Dentro de las prácticas culturales que se le deben dar al sistema se incluye realizar desyerbas periódicas (Navarro y Mendoza, 2006).
- Se sugiere realizar podas tanto de las plantas de cacao como de las especies maderables que se encuentran dentro del sistema. En el caso del cacao se recomienda la poda de formación, la cual se realiza a partir del primer o segundo año hasta que inicie la producción del cacao, eliminando

ramas entrecruzadas, chupones, ramas que crecen hacia el suelo y despunte, de forma que se mantenga la forma y altura de los árboles (Andrade et al., 2007; Estrada et al., 2011; Navarro y Mendoza, 2006). La segunda poda es la de mantenimiento, la cual se realiza una o dos veces por año después de la cosecha (Navarro y Mendoza, 2006). En esta poda se eliminan las ramas o chupones innecesarios, secas, muertas, enfermas, se despuntan las ramas que crecen hacia adentro, se suprimen plantas parásitas, frutos enfermos, entre otros, con el objetivo de mantener la forma y altura de la planta (Andrade et al., 2007; Navarro y Mendoza, 2006).

En cuanto a los árboles maderables se debe podar 1 o dos veces por año desde el momento en que se formen las primeras ramas (Navarro y Mendoza, 2006). En el caso del laurel, no se recomienda podar, ya que es una especie que se presenta autopoda.

- Por su parte, para el plátano y/o banano, se recomienda el deshije, donde se deja únicamente un hijo por planta, el mejor ubicado, además se debe quitar las hojas dobladas y enfermas (Dubón y Sánchez, 2011).
- La sombra de transición se puede ir eliminando cada 6 meses a partir del 7 año (Lutheran World Relief, 2013).
- Cuando se realice el primer aprovechamiento de madera se recomienda que una vez que se extraigan los árboles, se plante el árbol faltante por uno de la misma especie o uno de turno de corta corto, esto con el fin de poder aprovechar nuevamente este nuevo árbol sembrado en la etapa donde se realice la extracción de los árboles de turno mayor, es decir, en el segundo aprovechamiento.
- Una vez extraído los árboles en el primer aprovechamiento, se sugiere hacer una inspección del estado de sombra de la plantación y si se ve que

le hace falta sombra se puede establecer nuevamente la sombra temporal (banano o plátano) que se encontraba próxima al árbol a quitar.

- Se recomienda que en sitios con alto contenido de aluminio ($>1,5$ cmol/L), no se siembre *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata*, ya que estas condiciones son limitantes para su desarrollo.
- Se sugiere que en sitios que presentan problemas de inundación o encharcamientos se realicen drenajes, con el fin de que las especies que se encuentran dentro del sistema se desarrollen de la mejor forma.
- En sitios con suelos poco profundos no se recomienda el establecimiento del sistema agroforestal, ya que estas características afectan el desarrollo de las especies.

5.4 Estimación del volumen potencial de las especies maderables utilizadas en el sistema agroforestal propuesto.

En el cuadro 7 se presenta el incremento medio anual (IMA) estimado dentro de la región para las especies maderables a proponer dentro del sistema.

Cuadro 7. Incremento medio anual (IMA) estimado para las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Especie	IMA	
	DAP (cm)	Altura comercial (m)
<i>Swietenia macrophylla</i>	1,48	0,49
<i>Cedrela odorata</i>	1,62	0,58
<i>Cordia alliodora</i>	1,83	0,82
<i>Pithecellobium arboreum</i>	1,76	0,51
<i>Genipa americana</i>	1,30	0,73
<i>Terminalia amazonia</i>	1,78	0,73
<i>Vochysia guatemalensis</i>	2,69	0,72

El mayor incremento diamétrico estimado lo presenta *Vochysia guatemalensis* con 2,69 cm por año, mientras que su incremento en altura comercial estimado es de 0,72 m. Cordero et al. (2003), mencionan que en plantaciones puras y en plantaciones mixtas en potreros abandonados se ha obtenido un incremento en diámetro de 2,95 cm y 4,5 cm respectivamente. En sistemas agroforestales en La Masica, Atlántida, Honduras ha tenido un buen crecimiento tanto en diámetro como en altura, sin embargo no se han tabulado los valores (ESNACIFOR, 2003).

La especie que presenta un mayor incremento en altura comercial estimada es *Cordia alliodora* con un valor de 0,82 m, mientras que su dap es el segundo mayor valor estimado con 1,83 cm por año. Cordero et al. (2003) menciona incrementos superiores para ésta especie en linderos con valores de 4,5 cm en dap y 2,8 m en altura. Por su parte, según lo expresado por Somarriba y Beer (1986) el valor estimado para la región se encuentra dentro del rango obtenido para cacaotales en Costa Rica, donde se obtuvieron valores de incremento de dap entre 0,6 cm y 2,9 cm.

En cuanto a *Terminalia amazonia*, presenta incrementos estimados en dap y altura comercial de 1,78 cm y 0,73 m respectivamente. Estos datos son parecidos a los reportados en plantaciones en Honduras, donde mostró crecimientos de 0,9 cm a 2,6 cm en dap y de 1,4 m a 2,3 m en altura (Cordero et al., 2003). En Costa Rica, se reportan incrementos promedios de 1cm por año en dap y en altura de 0,7 m por año, para sitios catalogados como de bajo crecimiento, mientras que en sitios medios se encontraron incrementos de 1,6 cm/año y 1,3 m por año y por último en sitios considerados como de alta productividad reportan crecimientos de 3,6 cm por año en dap y de 1,3 m en altura.

En cuanto al crecimiento de esta especie en sistemas agroforestales con cacao, ESNACIFOR (2003), reportan a los 3 años de edad un incremento de 1,96 cm en altura y 1,83 cm en dap. Por su parte, Sánchez et al. (2002) citado por Ammour et al. (2012), menciona que esta especie asociada a cacao en La Masica, Atlántida, Honduras reportó un crecimiento anual de 2,8 cm en dap y 1,3 m. Estos valores reportados en sistemas agroforestales son superiores a los estimados para la región.

Para *Pithecellobium arboreum* dentro de la región se estima un incremento en dap de 1,76 cm y de 0,51 m en altura comercial. Estudios realizados en ensayos en Honduras, se reportan datos de crecimiento en diámetro menores a los encontrados en la zona con valores de 0,3 cm anuales, mientras que en altura el valor encontrado en Honduras es mucho mayor con 1,5 m (Cordero et al., 2003), sin embargo se debe tener presente que en la zona lo que se reporta es la altura comercial y no la total. En sistemas agroforestales con cacao en La Masica, Atlántida, Honduras, se reporta un crecimiento mayor respecto al reportado en plantaciones con valores de 2,7 cm y 1,2 m en diámetro y altura respectivamente (Sánchez et al., 2002 citado por Ammour et al., 2012).

Por su parte, *Cedrela odorata* presenta un IMA en dap estimado de 1,62 cm y 0,58 m en altura comercial dentro de la región Lachuá. Este crecimiento coincide por el

reportado por Cordero et al. (2003), donde mencionan que el crecimiento medio anual en plantaciones durante los primeros años es de 1,3 cm a 1,6 cm en dap y 1,3 m a 1,6 m en altura. De igual forma, estos autores señalan que esta especie tiene un mayor incremento en espacios más amplios como por ejemplo en sistemas agroforestales, donde puede presentar un crecimiento de diámetro entre 2 cm a 3cm por año.

Referente a *Swietenia macrophylla*, esta especie presentó un IMA estimado de 1,48 cm en su dap y 0,49 m en su altura comercial. El valor del IMA estimado para la región coincide con el reportado en la literatura en otros sitios, con valores obtenidos en plantaciones de 1,2 cm a 1,4 cm por año, sin embargo, en Costa Rica, Honduras, Ecuador y Perú se han reportado crecimientos mayores con valores de 2 cm por año. En altura este crecimiento varía entre 1 m a 2 m por año (Cordero et al., 2003). En sistemas agroforestales con cacao en La Masica, Atlántida, Honduras, se reporta un crecimiento de 2 cm en dap y 1,2 m en altura a una edad de 13 años (Sánchez et al., 2002 citado por Ammour et al., 2012).

Para *Genipa americana* se estiman incrementos de 1,30 cm en dap y 0,73 m en altura comercial. En Panamá, en un ensayo a los 4 años presentó un incremento menor al estimado para la región, con valores de 0,7 cm en dap y 0,7 m en altura, mientras que en Costa Rica, presentó un valor similar, con valores de 1,3 cm en dap y 1,2 m en altura. En sistemas agroforestales con cacao en La Masica, Atlántida en Honduras, se reportan valores de IMA superiores a los estimados en la región con valores de 2,1 cm en dap y en altura de 1,2 m (FHIA, 2014). Según estudios realizados en Brasil, esta especie se desarrolla mejor en sistemas agroforestales que en plantaciones puras (Cordero et al., 2003).

En el cuadro 8 se muestra el volumen comercial estimado que se puede extraer de los sistemas agroforestales en los diferentes turnos de corta.

Cuadro 8. Volumen de madera estimado en el turno de corta de las especies maderables a proponer dentro de los sistemas agroforestales de la región Lachuá, Guatemala.

Especie	Volumen (m ³)				Volumen (pie tablar)			
	Smaliam	FAO (1968)	Rivas (2000)	Zetina (1999)	Smaliam	FAO (1968)	Rivas (2000)	Zetina (1999)
<i>Swietenia macrophylla</i>	1,77	1,53	1,10	1,36	389,97	337,56	243,03	298,20
<i>Cedrela odorata</i>	2,52	2,15	2,47		553,62	473,97	544,08	
<i>Cordia alliodora</i>	0,57	0,53			124,79	116,50		
<i>Pithecellobium arboreum</i>	2,61	2,23			573,34	490,41		
<i>Genipa americana</i>	2,03	1,75			446,39	384,58		
<i>Terminalia amazonia</i>	0,48	0,46			105,27	100,22		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	1,07	0,95			235,50	208,79		

Como se puede observar en el cuadro anterior, el mayor volumen estimado se obtiene cuando se utiliza la fórmula de Smaliam, sin embargo, los resultados obtenidos del volumen no difieren en gran medida según la fórmula que se utilice.

La especie que presenta el mayor volumen estimado lo presenta *Pithecellobium arboreum*, donde se encontró que en plantaciones dentro de la región se puede extraer aproximadamente un volumen de 2,23 m³ por árbol a una edad de 30 años con la fórmula de la FAO. En sistemas agroforestales con cacao en La Masica, Atlántida en Honduras esta especie a una edad de 12 años reporta un volumen de aproximadamente 0,20 m³ árbol (Sánchez et al., 2002 citado Ammour et al., 2012).

Para *Cedrela odorata* se estima un volumen de 2,15 m³ por árbol, según la fórmula de la FAO, a una edad de 30 años. En Costa Rica, Cordero et al. (2003),

reporta que los árboles a una edad de 40 años alcanzan un volumen de 1,8 m³, además mencionan que turnos de corta menores pueden producir más volumen pero las dimensiones son menores con 11-22 m³/ha/año. En sistemas agroforestales con café en Costa Rica y con densidades de 70 a 140 árboles por ha y a una edad ente 16 a 18 años se reportan un volumen de 130 m³/ha a 210 m³/ha.

Por su parte, *Swietenia macrophylla*, presenta un volumen estimado de 1,53 m³ por árbol a una edad de 30 años, con la fórmula de la FAO. Cordero et al. (2003) reporta volúmenes de 10-25 m³/ha/año en plantaciones. En sistemas agroforestales en La Masica, Atlántica en Honduras se reporta un volumen inferior al estimado para la región con un valor de 0,8 m³/árbol (FHIA, 2014).

Por su parte para *Genipa americana* se estima un volumen de 1,75 m³ por árbol a una edad de 30 años con la fórmula de la FAO. En sistemas agroforestales en La Masica, Atlántica en Honduras se reporta un volumen inferior al estimado en la región con valores de 0,5 m³/árbol (FHIA, 2014).

En lo que se refiere a *Cordia alliodora*, se estima un volumen de 0,53 m³ por árbol, con la fórmula de la FAO a una edad de 15 años. Cordero et al. (2003) menciona que en café se propone que en turnos de 20 años, se obtenga un volumen mayor a 2 m³ por árbol.

Para *Terminalia amazonia* se estima un volumen de 0,46 m³ por árbol, con la fórmula de la FAO a una edad de 15 años. En Costa Rica, Cordero et al. (2003) mencionan que el volumen en sitios de alta productividad es de 11,8 m³/ha/año. En sistemas agroforestales con cacao en La Masica, Atlántida, Honduras se reporta un volumen de 0,44 m³/árbol (Sánchez et al., 2002 citado Ammour et al., 2012).

Por último *Vochysia guatemalensis* obtiene un volumen estimado de 0,95 m³ por árbol, con la fórmula de la FAO a una edad de 15 años. En la zona norte de Costa Rica, se reporta un rendimiento de 0,29 m³ a una edad de 10 años, en otra zona en esta región el rendimiento es mayor con 0,39 m³ (Delgado, 2002). En linderos y bordes de camino, en La Masica, Atlántica, Honduras, para una edad de 18 años se reporta un volumen de 5,1 m³/árbol (FHIA, 2014).

6. CONCLUSIONES

Los sitios evaluados presentan diferentes usos del suelo, donde predominan los charrales y el cultivo del maíz. Las pendientes oscilan de 3% a 60%. Por su parte, los suelos analizados son ácidos, con un pH que varía entre 4,6 y 6,6; y contienen un amplio rango de materia orgánica. Además, la mayoría de los sitios evaluados presentan una textura arcillosa.

Los usos de las especies mencionados por los productores son madera, leña, frutas e industrial. Donde las especies vegetales que se mencionaron con mayor frecuencia fueron: *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Inga* sp., *Gliricidia sepium*, *Dialium guianense*, *Brosimum alicastrum*, *Nephelium lappaceum*, *Zanthoxylum microcarpum*, *Terminalia amazonia* y *Persea americana*.

Las especies vegetales a proponer para el diseño del SAF junto al cacao son *Musa* sp., *Gliricidia sepium*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Genipa americana*, *Pithecellobium arboreum*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia* y *Vochysia guatemalensis*.

Los distanciamientos de las especies maderables están en función de su tamaño de copa, proponiéndose de esta forma, dos diseños cuadrados y dos en tres bolillo. El último, es el más recomendado en pendientes superiores al 20%. Los productores pueden obtener los beneficios en diferentes etapas del sistema. Frutos durante los tres primeros años, leña a los 7 años y madera a los 15 y 30 años.

El mayor incremento diamétrico de las especies maderables propuestas lo presenta *Vochysia guatemalensis* con 2,69 cm por año, mientras que en altura comercial *Cordia alliodora* con 0,82 m por año. En el primer aprovechamiento a los 15 años se podrá obtener aproximadamente 0,46 m³/árbol de *Terminalia amazonia*, 0,95 m³/árbol de *Vochysia guatemalensis* y para *Cordia alliodora* 0,53

m³/árbol. En el segundo aprovechamiento, a los 30 años se podría obtener 1,53 m³/árbol de los árboles de *Swietenia macrophylla*; 2,15 m³/árbol de la especie de *Cedrela odorata*; 2,23 m³/árbol de *Pithecellobium arboreum* y 1,75 m³/árbol de *Genipa americana*.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un muestreo de suelos en cada una de las fincas donde se van a establecer los sistemas agroforestales, ya que los suelos varían de un lugar a otro y por ende los requerimientos nutricionales para las especies.

Se sugiere utilizar los datos obtenidos en los análisis de suelos para proponer fertilizantes necesarios para las especies que se encuentran dentro del sistema y/o enmiendas para mejorar las propiedades del suelo.

Se deben utilizar datos recientes de las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro y cerca de la región, con el fin de obtener datos climáticos actualizados.

Se debe dar un seguimiento a las especies que se establecerán dentro de los sistemas, con el fin de determinar las que mejor se desarrollan para proponerlas en futuros sistemas.

Se debe medir y tabular el crecimiento de las especies maderables que se encuentran dentro de los sistemas agroforestales, con el fin de estimar de una forma más exacta el volumen de madera a obtener dentro de algunos años.

8. REFERENCIAS

- Acuña Sossa, K. (2010). *Proyecto Laguna Lachuá: Sistematización de la experiencia*. UICN, San José, Costa Rica.
- Alvarado, A., y Raigosa, J. (2007). *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales*. San José, Costa Rica.
- Ammour, T., Andrade, H., Beer, J., Detlefsen, G., Ibrahim, M., Kent, J.,..., y Leiva Granados, E. (2012). *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Andrade, H., Segura, M., Quintanilla Pérez, N., Pinsón Rincón, E., Gutiérrez Montes, I., y Rivas Platero, G. (2007). *Producción orgánica y agroforestal de cultivos perennes (cacao-plátano)*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Asare, R. (2005). *Cocoa agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems*. Forest y Landscape Denmark (FLD).
- Bay Real, E. (2011). *Producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao), en el parcelamiento Pueblo Nuevo, Municipio de Ixcán, departamento de Quiché* (Tesis de Técnico Universitario). Consultado en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3902.pdf
- Beckett, S. (2000). *La ciencia del chocolate*. Zaragoza, España: Acribia
- Bosque Modelo Lachuá. (2010). *Gobernanza Socio-ambiental: El caso de comunidades indígenas Q'uechi's en la Ecoregión Lachuá*. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

- Brown, L., Flavin, C., French, H., Abramovitz, J., Bringht, C., Dunn, S.,..., y Starke, L. (2000). *La situación del mundo 2000*. Barcelona, España: Icaria
- Callaba, A., Iribarren, I., y Fernández, P. (Eds). (2002). *Protección del suelo y desarrollo sostenible*. Madrid, España.
- Camacho López, R., y Montero González, M. (2005). *Manual de identificación de especies forestales con manejo certificable por comunidades*. Bogotá, Colombia
- Campbell, N. A., y Reece, J. B. (2007). *Biología (7ª ed.)*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Casanova Olivo, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo (2ª ed.)*. Venezuela
- Cerrón Gamarra, G. (2012). *Asistencia técnica dirigida en manejo del cultivo de cacao*. Perú. Consultado en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-c-cacao.pdf>
- Conservación y silvicultura de especies forestales en Honduras (CONSEFORH). (2001). *Madreado*. Comayagua, Honduras.
- Cordero, J., Boshier, D. H., Barrance, A., Beer, J., Boshier, D. H., Chamberlain, J., ... y Schlönvoigt, A. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Delgado Montero, A. (2002). *Crecimiento de las plantaciones de especies nativas y su relación con la motivación de los finqueros a reforestar en la región Huetar Norte de Costa Rica*. (Tesis de Bachiller). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

- Dubón, A., y Sánchez, J. (2011). *Manual de producción de cacao*. La Lima, Cortés, Honduras.
- Enríquez, G (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Enríquez, G. (2004). *Cacao orgánico: Guía para promotores ecuatorianos*. Quito, Ecuador.
- Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Honduras (ESNACIFOR). (2003). *Guías silviculturales de 23 especies forestales del bosque húmedo de Honduras*. Comayagua, Honduras.
- Estrada, W., Romero Castellano, X., y Moreno Peraza, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*. San Salvador, El Salvador.
- Fernández, R. (1994). Eucalipto: las bendiciones de un árbol maldito. *Revista Envío digital*, (153). Consultado en: <http://www.envio.org.ni/articulo/892>
- Fins, L., Somarriba, E., Quesada, F. (2013). *La historia del cacao y del chocolate*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Flores Vindas, E., y Obando, G. (2003). *Árboles del trópico húmedo*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Fournier Origgi, L. (2003). *Recursos naturales*. (2ª ed.). San José, Costa Rica: EUNED.
- Francis, J. K. (1993). *Genipa Americana L.-Jagua, Genipa*. USDA, Forest Service, Southern Forest Experimental Station.

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2004). *Cultivo de cacao bajo sombra de maderables o frutales*. Cortés, Honduras. Consultado en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/cultivo_de_cacao_bajo_sombra_de_maderables_o_frutales.pdf

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2014). *Programa de cacao y agroforestería: Informe técnico 2013*. Cortés, Honduras. Consultado en: http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/Inf_Tec_cacao_2013.pdf

Fundación Lachuá. (s.f.). *FUNDALACHUÁ*. Consultado en: <http://www.fundalachua.org/portal/index.php/es>

Fundación Lachuá. (2010). *Organización y participación comunitaria en el desarrollo forestal de la Eco región Lachuá*. Alta Verapaz, Guatemala.

García Rubio, F. (2006). *Sistemas agroforestales de Yopal: diagnóstico y diseño*. Bucaramanga, Colombia: La Bastilla Ltda.

Gil Moguel, L. (2010). Cedro rojo. *Revista infocampo*, 4(24), 3-4

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Guatemala, Instituto Nacional de Estadística (INE). (2004). *Área cultivada de cacao en Guatemala*. Guatemala. Consultado en: <http://www.ine.es/>

Iglesias, J. (2011). Sistemas de producción agroforestales. Capacitación y análisis en: "conceptos generales y definiciones. *Revista de Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2 (1), 151-175.

Instituto Nacional de Bosques (INAB)., y Comisión Nacional de áreas protegidas (CONAP). (2004). Guía de cubicación y transporte forestal. El Petén, Guatemala.

Instituto Nacional de Bosques (INAB)., y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2010). Plan de ordenamiento territorial de la eco-región Lachuá. Guatemala.

Jiménez, F., y Muschler, R. (Eds.). (1999). *Conceptos básicos de agroforestería*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Jiménez, F., Muschler, R., y Kopsell, E. (Eds.). (2001). *Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Kass, D. (1998). *Fertilidad de suelos*. San José, Costa Rica: EUNED.

Lorenzo Calmo, R. (2012). *Diagnóstico del proceso de investigación, en el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, C.A.* (Tesis de licenciatura). Consultado en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2752.pdf

Louman,B., Quirós., D., y Nilsson,M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE

Lutheran World Relief (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el diseño y establecimiento de cacao bajo sistemas agroforestales*. Managua, Nicaragua: Printex

Mendieta López, M., y Rocha Molina, L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2005). Atlas temático de la República de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Monge, J., y Russo, R. (2009). *Agroforestería, sostenibilidad y biodiversidad*. Guácimo, Costa Rica: Editorial EARTH
- Montagnini, F. (2004). Plantaciones forestales con especies nativas. Una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. *Recursos Naturales y Ambiente*, (43), 28-35.
- Montero, M., y Kanninen, M. (2005). *Terminalia amazonia: ecología y silvicultura* (No. 339). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Navarro Prado, M., y Mendoza Alonso, I. (2006). *Cultivo del cacao en sistemas agroforestales: Guía técnica para promotores*. Río San Juan, Nicaragua
- Negrete Barón, F., Santana Rodríguez, M. O., Morales Angulo, J., Quiceno Arias, J., Romero Ferrer, J., y Zuluaga Pelaez, J. J. (2006). *Manejo eficiente de sistemas agroforestales con roble*. Ceréte, Córdoba, Colombia.
- Nieto, V., Barrios, A., López, A. (2011). Monitoreo del crecimiento en pos de identificar parámetros mínimos de productividad forestal. *El mueble y la madera*, 53 (16-23).
- Oficina Nacional Forestal (ONF). (2013). Guía técnica SAF para la implementación de sistemas agroforestales con árboles forestales maderables. Heredia, Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2010). *Sistemas agroforestales, seguridad alimentaria y cambio climático en Centroamérica*. Honduras

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2014). *El estado de los bosques en el mundo*. Roma, Italia
- Ortíz González, M. (2006). *Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre diseño y manejo de la sombra de cacaotales*. (Tesis de Maestría). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Ospina Ante, A. (2003). *Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Santiago de Cali, Colombia.
- Palencia, G., Gómez Santos, R., Martín, J., y Guiza Pérez, O. (2006). *Especies forestales para uso en sistemas agroforestales con cacao*. Bogotá, Colombia: Produmedios
- Palomeque Figueroa, E. (2009). *Sistemas agroforestales*. Huehuetán, Chiapas, México. Consultado en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/sistemas-agroforestales/sistemas-agroforestales.pdf>
- Paredes, N., y Ramírez, P. (2010). *Análisis de la cadena de cacao y perspectivas de los mercados para la Amazonía Norte*. Quito, Ecuador.
- Pemán García, J., y Navarro Cerrillo, R. (1998). *Repoblaciones forestales*. Universidad de Lleida, España.
- Reiche, C. (1994). Promoción de sistemas agroforestales en América Central. *Revista Forestal Centroamericana*, 3 (8), 18-25.
- Rojas, F., y Sacristán, E. (2013). *Guía ambiental para el cultivo del cacao*. (2ª ed.). *Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao)*. Bucaramanga, Colombia. Consultado en:

http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf

Segura, M., y Venegas, G. (1999). *Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Somarriba, E; Beer, J. (1986). *Dimensiones, volúmenes y crecimiento de Cordia alliodora en sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE

Torres, C., Carvajal, D., Rojas, F., y Arguedas, M. (2011). *Reproducción de especies arbóreas y arbustivas de la región central de Costa Rica (Germinar 2)*. Cartago, Costa Rica. Consultado en: <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Germinar>

Torres, J., Tenorio, A., y Gómez, A. (Eds.). (2008). *Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático*. Lima, Perú.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2013). *Desarrollo de la cadena productiva de cacao para el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de los corredores biológicos de la Ecoregión Lachuá*. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Consultado en: https://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/mesoamerica_y_caribe/proyectos/argidius/

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y Fundación Lachuá (FUNDALACHUÁ). (s.f.). *Desarrollo de la cadena productiva de cacao para el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de los corredores biológicos de la ecoregión Lachuá*. Alta Verapaz, Guatemala.

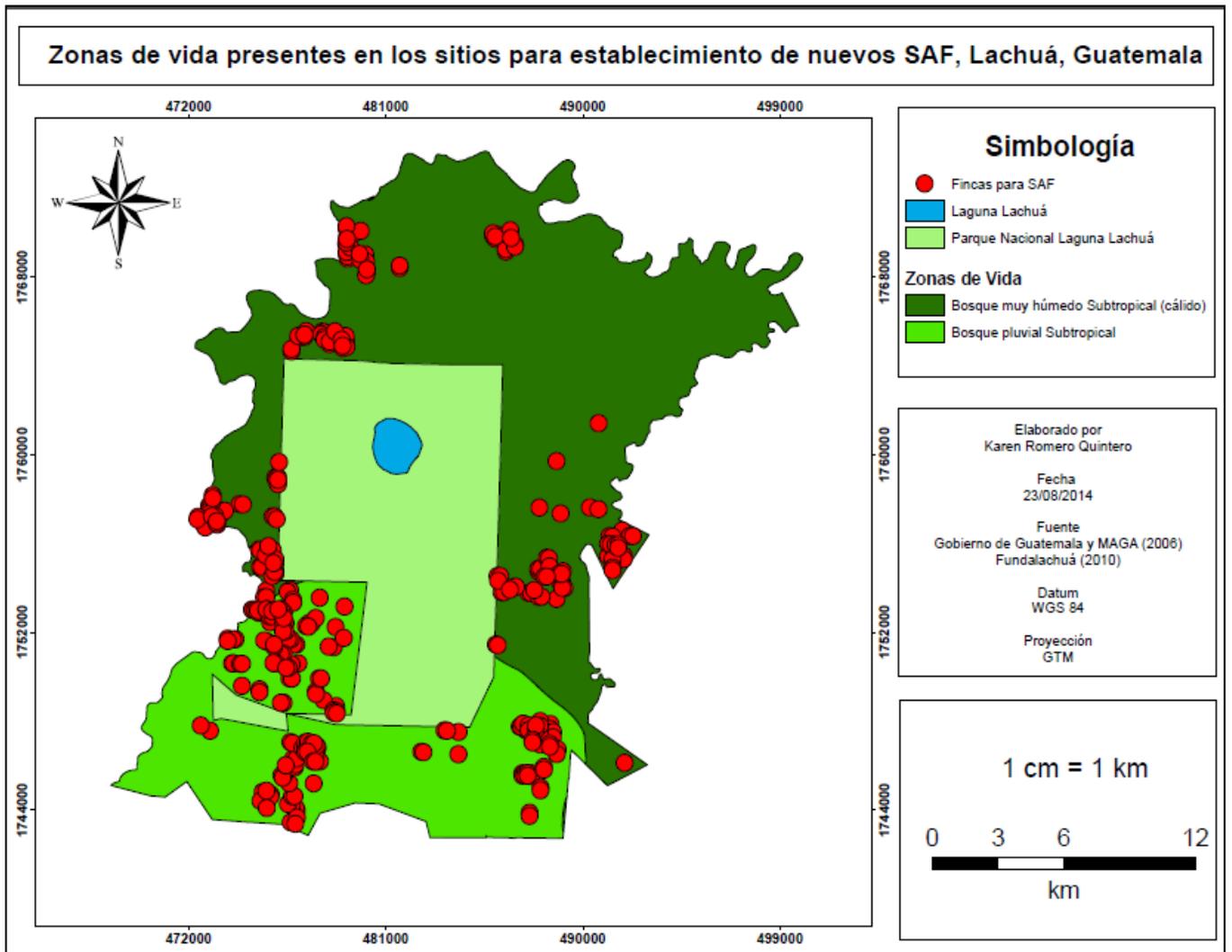
United States Department of Agriculture (USDA). (1977). *National soil survey manual*.

Universidad de San Carlos. (2004). *Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*. Ciudad de Guatemala. Consultado en: <http://www.conap.gob.gt/index.php/servicios-en-linea/centro-de-documentacion/descarga-de-documentos/category/58-ramsar.html?download=526:eco-region-lachua>.

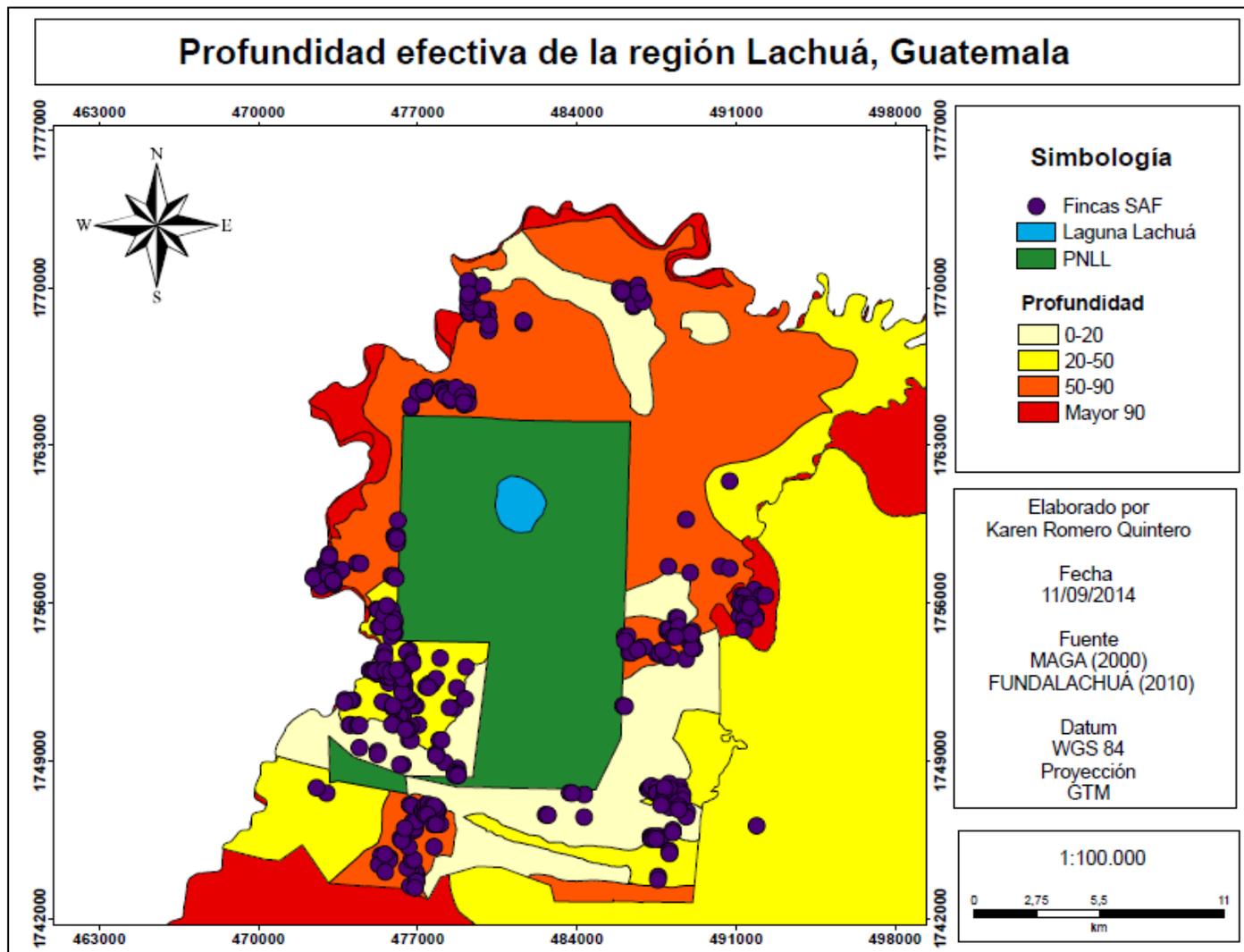
Vega, M., y Somarriba, E. (2005). Planificación agroforestal de fincas cacaoteras orgánicas del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*. (CATIE). (2005), (43-44), 20-26.

9. ANEXOS

Anexo 1. Zonas de vida encontradas en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



Anexo 2. Profundidad efectiva de las fincas donde se quieren establecer los nuevos sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



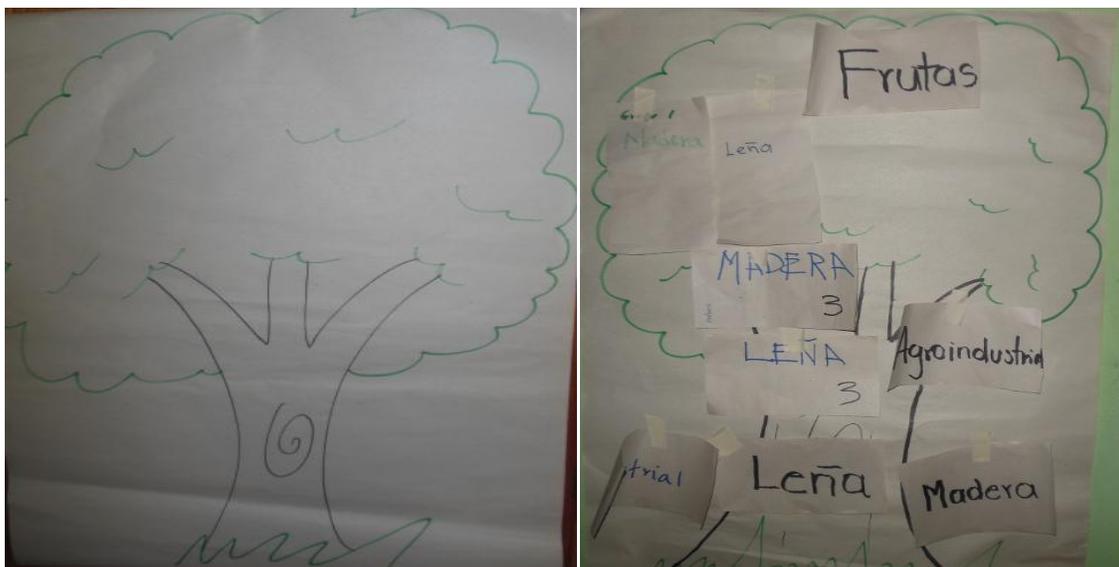
Anexo 3. Talleres realizados en las diferentes comunidades en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



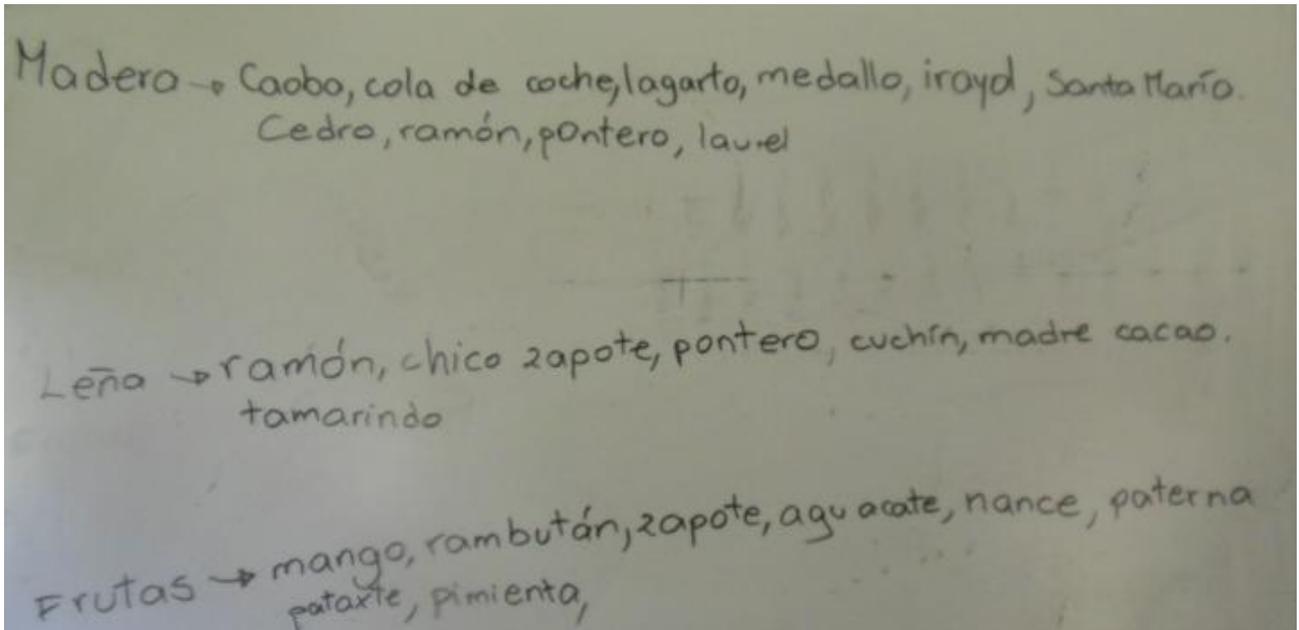
Anexo 5. Gafete con el nombre de los asistentes de los talleres realizados en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



Anexo 6. Árbol para la colocación de los usos que los participantes quieren darle a las especies que quieren sembrar junto al cacao utilizado en los talleres realizados en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



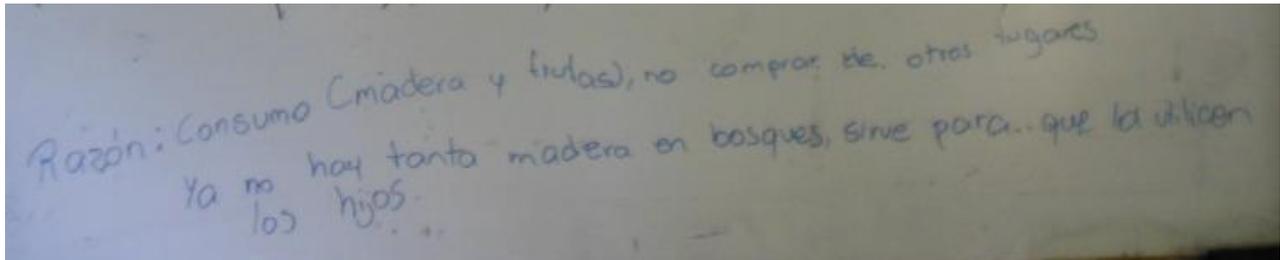
Anexo 7. Ejemplo de recopilación de información de las especies propuestas en los talleres de la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



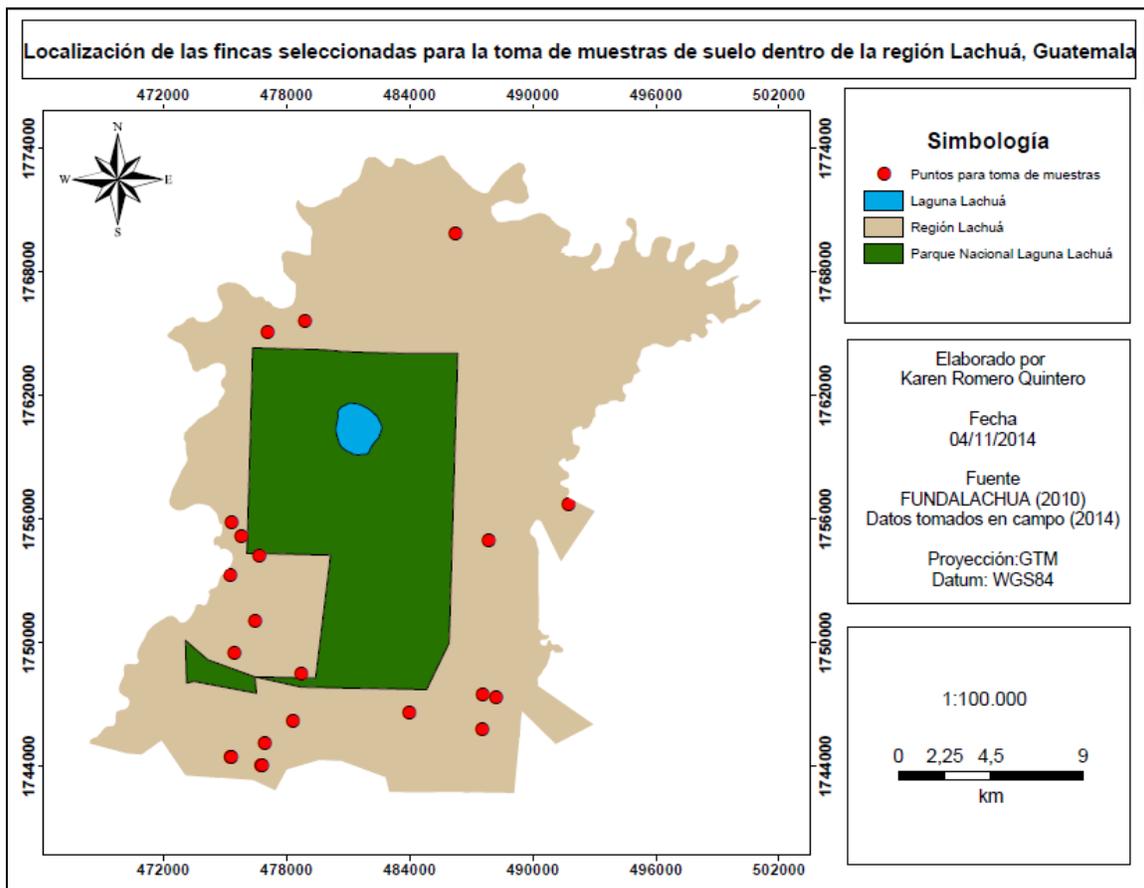
Anexo 8. Ejemplo de reconocimiento local de las especies mencionadas en los talleres

Arbol	Bueno	Malo
Tul (platan)		No crece bien en todo lado.
Caoba	Buena madera Crece rápido	Ataque plagas
Cedro	Buena Madera Crece rápido	Ataque plagas
Son Juan	Crece rápido	Ataque comido al árbol y madera
Marío o St María	Crece rápido.	
Ramón.	montañas crece bien.	No hay experiencia.
Canchn	Buen crecimiento Buena madera	
Medallo	Buena madera Buen crecimiento rápido	
Cepizaro	Crece rápido Buena madera.	Cuesta conse guir semilla.
Lagarto	Crece rápido. Buena madera.	

Anexo 9. Ejemplo de recopilación de información sobre las razones dadas por los productores sobre los usos que quieren darle a los árboles deseados para el sistema agroforestal a proponer dentro de la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



Anexo 10. Ubicación de las fincas dentro de la región donde se realizaron los muestreos de los suelos en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.



Anexo 11. Características de las fincas donde fueron realizados los muestreos de suelos en la región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Número de muestra	Localización	Propietario	Uso de la finca	Pendiente (%)
1	Salacuim	Ernesto Toc Son	Charral de cardamomo	13
2	Salacuim	Mario Paaú Yat	Potreros	10
3	Salacuim	Milder José Chub Leal	Cardamomo	5
4	Salacuim	Imelda Medina Choc	Pastos con charral	3
5	Xalaché	Macario Quib Bol	Cultivos de maíz, piña y frijol	50
6	Xalaché	Macario Quib Bol	Pastos con charral	40
7	Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	Charral	60
8	Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	Cardamomo	50
9	San José Saijá	Héctor Pana	Charral	55
10	Bempec El Castaño	Francisco Chub	Charral	5
11	Bempec El Castaño	Domingo Pop	Charral de cardamomo	25
12	San Lorenzo	Guillermo Qub Cholom	Charral de cardamomo	55
13	Bempec El Castaño	Patricia Quej Mocz	Charral de cardamomo	23
14	Pie del Cerro	Concepción Cacao	Plantación de Santa María	12
15	Faisan I	Angelina Maas de Rax	Maíz	5
16	Faisan I	Fernando Larios	Maíz	3
17	Pataté Labola	Evaristo Chub	Maíz	13
18	San Luis Chiquito	Edwin Rolando Quix	Charral	50
19	Rodja Pontilá	Asociación Pontilá	Charral	5
20	San Luis Vista Hermosa	Santos Francisco Castro Tio	Maíz	3
21	San Luis Vista Hermosa	Fidelino Rodríguez	Pastos con charral	20
22	Monte Sinaí	María Esperanza Ax Bo de Itz	Maíz	55

Anexo 12. Resultado de los muestreos de suelos realizados dentro de la región de Lachuá, Guatemala.

Localización	Propietario	PH	mg/L	Cmol/L			Cmol/L	mg/l				%MO
			Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	
San José Saijá	Héctor Pana	5,8	10	0,79	9,4	8,2	0,12	3,56	181,84	43,39	3	5,69
Salacuim	Mario Paau Yat	5,3	10	0,35	3,87	1,31	0,37	2,46	79,42	175,19	1,42	4,44
Salacuim	Imelda Medina Choc	6,3	10	0,64	7,89	0,92	0,05	1,87	68,79	117,61	4,14	4,04
Salacuim	Ernesto Toc Son	5,5	10	0,22	10,89	3,48	0,11	2,35	107,95	1127,9	1,81	6,83
Xalaché	Macario Quib Bol	5,5	10	0,69	13,39	7,76	1,35	3,12	143,84	18,33	1,14	2,05
Xalaché	Macario Quib Bol	5,4	10	0,62	11,96	7	1,02	3,04	164,95	19,74	1,26	4,66
Salacuim	Milder José Chub Leal	5,3	10	0,24	8,35	1,79	0,27	2,39	92,93	151,09	2,2	4,46
Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	5,1	10	0,59	7,69	4,31	2,5	2,89	101,5	30,16	1,68	2,9
Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	4,8	10	0,38	4,79	2,98	2,64	2,65	110,61	29,14	2,04	3,52
Pie del Cerro	Concepción Cacao	5,8	10	0,28	5,34	0,8	0,1	1,42	91,6	146,59	1,21	1,76
Bempec El Castaño	Patricia Quej Mocz	4,8	10	0,2	3,1	1,25	9,88	1,05	64,65	10,24	0,71	2,79
Faisan I	Fernando Larios	5,3	10	0,13	4,77	0,51	0,34	1,34	49,75	72,21	1	3,72
Faisan I	Angelina Maas de Rax	5,2	10	0,17	2,28	0,43	0,94	1,36	44,26	70,54	1,17	4,1
San Luis Vista												
Hermosa	Fidelino Rodríguez	5,3	10	0,14	1,95	0,39	0,88	0,66	84,15	37,72	0,71	2,27
Pataté	Evaristo Chub	5,4	10	0,09	4,43	0,41	0,51	1,66	42,79	65,69	1,24	4,24
	María Esperanza Ax											
Monte Sinaí	Bo	6,6	10	0,42	13,26	2,59	0,04	2,2	58,27	191,19	3,05	5,2
Bempec El Castaño	Domingo Pop	4,6	10	0,42	7,32	5,46	6,35	1,8	69,63	16,57	1,43	7,47
San Lorenzo	Guillermo Qub Cholom	5,8	10	0,25	18,84	9,3	0,12	2,06	168,59	33,3	1,82	6,87
San Luis Chiquito	Edwin Rolando Quix	5,3	10	0,3	20,06	9,16	0,55	3,01	127,35	27,65	1,64	2,94
Bempec El Castaño	Francisco Chub	2,4	10	0,23	4,17	1,04	0,53	1,38	68,77	47,57	1,57	4,35
Rodja Pontilá	Asociación Pontilá	5,1	10	0,46	10,92	3,01	3,83	1,23	96,63	7,62	1,26	4,57
San Luis Vista	Santos Francisco											
Hermosa	Castro	5	10	0,2	1,64	0,22	1,01	0,77	58,22	81,49	0,71	2,32

Anexo 13. Resultado de los muestreos de suelos realizados en la región de Lachuá, Guatemala.

Propietario	Cmol (+)/L	% Saturación de CICE de:				Equilibrio de bases			
	CICE	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Ca/K	Mg/K	Ca/Mh	(Ca+Mg)/K
Héctor Pana	18,5	4,26	50,79	44,29	0,65	11,92	10,39	1,15	22,31
Mario Paaú Yat	5,9	5,89	65,56	22,28	6,27	11,14	3,78	2,94	14,92
Imelda Medina Choc	9,5	6,74	83,06	9,67	0,53	12,32	1,43	8,59	13,75
Ernesto Toc Son	14,7	1,52	74,1	23,64	0,75	48,89	15,6	3,13	64,49
Macario Quib Bol	23,2	2,97	57,73	33,47	5,82	19,41	11,25	1,72	30,66
Macario Quib Bol	20,59	3	58,05	34	4,95	19,35	11,33	1,71	30,68
Milder José Chub Leal	10,65	2,27	78,36	16,83	2,53	34,47	7,4	4,66	41,87
Juan de Dios Chup	15,08	3,69	50,96	28,57	16,58	13,09	7,34	1,78	20,44
Juan de Dios Chup	10,79	3,5	44,37	27,65	24,47	12,68	7,9	1,6	20,58
Concepción Cacao	6,52	4,37	81,8	12,3	1,53	18,73	2,82	6,65	21,55
Patricia Quej Mocz	14,43	1,36	21,51	8,66	68,47	15,8	6,36	2,49	22,16
Fernando Larios	5,75	2,31	82,92	8,86	5,92	35,96	3,84	9,36	39,81
Angelina Maas de Rax	3,82	4,45	59,65	11,31	24,59	13,41	2,54	5,27	15,96
Fidelino Rodríguez	3,36	4,18	57,9	11,79	26,19	13,85	2,81	4,94	16,66
Evaristo Chub	5,44	1,62	81,48	7,52	9,38	50,28	4,64	10,84	54,92
María Esperanza Ax Bo de Itz	16,31	2,6	81,3	15,86	0,25	31,28	6,1	5,13	37,38
Domingo Pop	19,55	2,14	37,44	27,93	32,48	17,48	13,04	1,34	30,51
Guillermo Qub Cholom	28,51	0,88	66,08	32,62	0,42	75,02	37,04	2,03	112,05
Edwin Rolando Quix	30,07	0,98	66,72	30,47	1,83	67,89	31,01	2,19	98,9
Francisco Chub	5,96	3,79	69,87	17,46	8,89	18,46	4,61	4	23,07
Asociación Pontilá	18,22	2,5	59,96	16,52	21,02	23,95	6,6	3,63	30,54
Santos Francisco Castro Tio	3,07	6,56	53,35	7,14	32,95	8,13	1,09	7,47	9,22

Anexo 14. Textura de los suelos presentes en las fincas evaluadas en la. Región Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Localización	Propietario	%			Clase textural
		Arcilla	Limo	Arena	
San José Saijá	Héctor Pana	58,66	27,21	14,13	Arcilloso
Salacuim	Mario Paau Yat	75,88	15,18	8,95	Arcilloso
Salacuim	Imelda Medina Choc	51,19	17,17	21,64	Arcilloso
Salacuim	Ernesto Toc Son	48,23	14,91	36,86	Arcilloso
Xalaché	Macario Quib Bol	54,31	27,02	8,68	Arcilloso
Xalaché	Macario Quib Bol	68,7	25,12	6,18	Arcilloso
Salacuim	Milder José Chub Leal	69,48	13,07	17,45	Arcilloso
Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	73,89	19,32	6,79	Arcilloso
Gancho Caoba	Juan de Dios Chup	74,12	21,45	4,43	Arcilloso
Pie del Cerro	Concepción Cacao	51,5	17,04	30,36	Arcilloso
Bempec El Castaño	Patricia Quej Mocz	74,58	16,08	9,33	Arcilloso
Faisan I	Fernando Larios	75,88	13,11	11,01	Arcilloso
Faisan I	Angelina Maas de Rax	76,51	13,22	10,27	Arcilloso
San Luis Vista Hermosa	Fidelino Rodríguez	36,22	19,04	44,74	Arcilloso-Arenoso
Patate	Evaristo Chub	81,43	11,25	7,32	Arcilloso
Monte Sinaí	María Esperanza Ax Bo de Itz	79,5	13,38	7,13	Arcilloso
Bempec El Castaño	Domingo Pop	68,69	19,6	11,71	Arcilloso
San Lorenzo	Guillermo Qub Cholom	63,9	25,64	10,46	Arcilloso
San Luis Chiquito	Edwin Rolando Quix	65,7	23,47	10,83	Arcilloso
Bempec El Castaño	Francisco Chub	53,66	15,1	31,24	Arcilloso
Rodja Pontilá	Asociación Pontilá	66,46	21,65	11,89	Arcilloso
San Luis Vista Hermosa	Santos Francisco Castro Tio	46,67	19,16	34,17	Arcilloso

Anexo 15. Nombre científico de las especies propuestas por los asistentes de los diferentes talleres realizados en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Nombre común	Nombre científico
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
Cenízaro	<i>Samanea saman</i>
Cola de coche	<i>Pithecellobium arboreum</i> (sinónimo de <i>Cojoba arborea</i>)
Lagarto	<i>Zanthoxylum microcarpum</i>
Canxán	<i>Terminalia amazonia</i>
Irayol	<i>Genipa americana</i>
Santa María	<i>Callophyllum brasiliense</i>
San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Jocote fraile	<i>Astronium fraxinifolium</i>
Raja bien	<i>Vitex cooperi</i>
Palo de sangre	<i>Virola koschnyi</i>
Hormigo	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>
Medallo	<i>Vatairea lundellii</i>
Tamarindo	<i>Dialium guianense</i>
Cola de pavo	<i>Trichilia acutanthera</i>
Pito	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>
Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i>
Rosul	<i>Dalbergia</i> sp.
Pontero	<i>Sickingia salvadorensis</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>
Tamarindo	<i>Dialium guianense</i>
Canxán	<i>Terminalia amazonia</i>

Continuación del Anexo 15.

Nombre común	Nombre científico
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>
Cuchín	<i>Inga sp.</i>
Luim	<i>Ampelocera hottlei</i>
Zapotillo	<i>Clethra mexicana</i>
Paterna o machetón	<i>Inga paterna</i>
Laurel de montaña	<i>Cordia gerascanthus</i>
Zapote	<i>Pouteria zapota</i>
Roblillo	NI
Chalúm	<i>Inga spuria</i>
Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i>
Rambután	<i>Nephelium lappaceum</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Mango	<i>Magnifera indica</i>
Plátano	<i>Musa sp.</i>
Manzana rosa	<i>Syzygium jambos</i>
Naranja	<i>Citrus sp.</i>
Mazapán	<i>Artocarpus sp.</i>
Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Banano	<i>Musa sp.</i>
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>
Paterna	<i>Inga paterna</i>
Paxaste	<i>Teobroma bicolor</i>
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>
Pimienta	<i>Pimienta dioca</i>
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>
Achiote	<i>Bixa Orellana</i>

Anexo 16. Características ambientales de las especies forestales elegidas para establecer dentro de los sistemas agroforestales en la región de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Nombre científico	Altitud	Temperatura	Precipitación	Suelos	Textura	Drenaje	Pendientes	pH	Otros	Crecimiento
<i>Cedrela odorata</i>	0-1200	20-32	2500-4000	Calcáreo, arcilloso, profundo, arenoso, negro-pedregoso, negro-arenoso, rojo-arcilloso, café-calizo	Variada, desde ligera a pesada	Libre, bueno		Ácido a neutro (pH-5-7)	No tolera altos niveles de aluminio, hierro y zinc	Rápido
<i>Swietenia macrophylla</i>	0-600 ocasionalmente hasta 1500	22-28	1500-4200	Variado	Media o pesada	libre, encharcado ocasionalmente	planas, fuertes e inestables	ácido (hasta de 4,5), neutro, ligeramente alcalino		Moderadamente rápido
<i>Pithecellobium arboreum</i>	0-800		1600-5000	Franco, franco-arcillosa, franco arcillosos arenoso, franco arenoso. Arenosos o arcillosos		No demasiado drenados	Plana a ligera	5 a 8		Rápido
<i>Terminalia amazonia</i>	0-1200	20-28	1800-5000	Alfisoles, aluviales, calcáreos, arcillosos, arenosos, gravas, lanteriatas, ultisoles, volcánicos. Pobres	Liviana, media, pesada	Libre	Media a plana	Ácidos hasta neutros		Moderado

Continuación del Anexo 16.

Nombre científico	Altitud	Temperatura	Precipitación	Suelos	Textura	Drenaje	Pendientes	pH	Otros	Crecimiento
<i>Vochysia guatemalensis</i>	0-1200	23-38	2000-5000	Arenoso, arcilloso, aluvial	Media	Libre		Ácidos		Rápido
<i>Genipa americana</i>	0-1200	18-30	800-4500	Todo tipo. Prefiere suelos moderadamente profundos, con fertilidad media a alta	Arcillosos a texturas medias	semi impedido a libre		Ácidos (4,6)		Rápido
<i>Cordia alliodora</i>	0-2000	13,9-32,7	600-5000	Entisoles, oxisol, inceptisol ultisol y ulfisol, andosol. Profundos, someros	Arcillosa, arenosa, franca, de franco arenosa a arenosa	Bien drenados a inundación estacional		De ligeramente ácido a ligeramente alcalino (4,5-6,5)	No tolera pH bajo <4,5 con alto contenido de aluminio	
<i>Gliricidia sepium</i>	0-1200	20-27	600-1500-3500	Amplio. prefiere suelos volcánicos		Libre		Ácidos e infértiles. >5		Rápido

Fuente: Cordero et al. (2003); ESNACIFOR (2003); Gil (2010); Yared y Carpanezzi (1982) citado por Francis (1993).