

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Enriquecimiento agroforestal de fincas cacaoteras con
maderables valiosos en Alto Beni, Bolivia**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Por

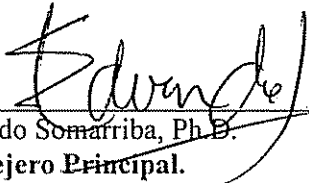
Luis Alberto Orozco Aguilar

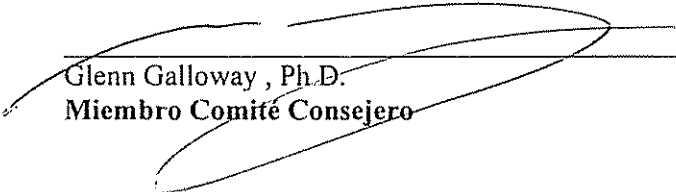
Turrialba, Costa Rica, 2005

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

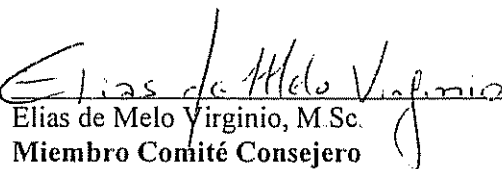
MAGISTER SCIENTIAE

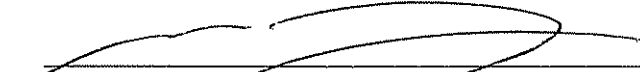
FIRMANTES:

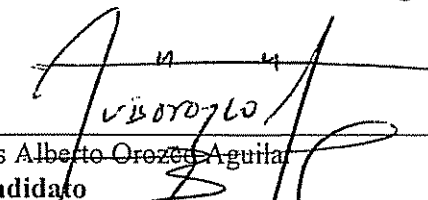

Eduardo Somarriba, Ph.D.
Consejero Principal.


Glenn Galloway, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Guillermo Navarro, Ph.D.
Miembro Comité Consejero


Elias de Melo Virginio, M.Sc.
Miembro Comité Consejero


Glenn Galloway, Ph.D.
Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado


Luis Alberto Orozco Aguilera
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Mirna Aguilar y Félix Orozco por su amor y sacrificio
A mis hermanos Mirna, Adriana y Jimmy por su apoyo y fraternidad.
A mis familiares por su confianza y aliento.
A la memoria de mi tío Norman Aguilar.

AGRADECIMIENTOS

A mi consejero principal, profesor, amigo y guía, Eduardo Somarriba.

A mis profesores asesores Glenn Galloway, Guillermo Navarro y Elías de Melo.

A la mano amiga del Ing. Gerardo Bermúdez, Hugo Brenes y Marcelino Montero.

Al Dr. Fernando Casanoves y al Ing. Gustavo López, estadistas del CATIE.

Al proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni por la oportunidad de desarrollar la investigación y al equipo técnico y grupo de promotores locales por las facilidades brindadas para hacer el trabajo.

A los productores del Alto Beni por su hospitalidad y colaboración.

A mis amigos Karim Musalem, Herty Betancourt y Marlon López por su amistad y sinceridad.

A mis compañeros Renzo Abruzzese y Julio Muñoz por su hospitalidad brindada en Bolivia.

A mi novia Arlene López Sampson por su cariño, apoyo y comprensión.

Al proyecto ARS/USDA-CATIE por el financiamiento otorgado para realizar el trabajo.

Al proyecto Cacao orgánico y Biodiversidad por el subsidio durante el primer año de la maestría.

BIOGRAFÍA

El autor nació el 5 de noviembre de 1980 en la ciudad de Granada, Nicaragua. Se graduó como Ingeniero Forestal en la Universidad Nacional Agraria (UNA) en diciembre del 2003. En el 2003 Realizó una pasantía de seis meses en el Proyecto Cacao y Biodiversidad ejecutado por el CATIE en la región indígena cacaotera de Talamanca, Costa Rica. Con fondos propios ingresó al programa de maestría del CATIE en enero del 2004 y obtuvo el título de *Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical en diciembre del 2005.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA.....	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
INDICE DE CUADROS ARTICULO 1.....	IX
INDICE DE CUADROS ARTICULO 2.....	X
INDICE DE FIGURAS DEL DOCUMENTO	XI
RESUMEN GENERAL	XII
SUMMARY.....	XIII
I. INTRODUCCION	1
1.1 LITERATURA CITADA.....	3
II. OBJETIVOS.....	5
2.1 GENERAL.....	5
2.2 ESPECÍFICOS	5
III. HIPÓTESIS.....	5
IV. MATERIALES Y METODOS.....	6
4.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
ARTICULO 1. DIVERSIDAD Y MANEJO DE MADERABLES EN FINCAS CACAOTERAS ORGÁNICAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	9
I. INTRODUCCION	11
II. METODOLOGIA	12
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	12
2.2 INVENTARIOS DE CAMPO Y ENTREVISTAS A PRODUCTORES.....	13
2.3 INVENTARIO MEDIANTE TALLERES CON PRODUCTORES	14
2.3.1 <i>Inventario de maderables</i>	14
2.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS	15
III. RESULTADOS	15

3.1 LAS FINCAS Y LOS PRODUCTORES	15
3.2 ÁREA AGRÍCOLA EN LAS FINCAS, FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES MADERABLES EN INVENTARIOS DE CAMPO Y EN TALLERES	17
3.3 ÁREA BASAL, VOLUMEN COMERCIAL Y TOTAL REGISTRADO EN INVENTARIOS DE CAMPO	19
3.4 ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI) EN LOS INVENTARIOS DE CAMPO.....	21
3.5 DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA, EDAD Y ORIGEN DE LOS ÁRBOLES INVENTARIADOS EN CAMPO	22
3.7 INCENTIVOS, ASISTENCIA TÉCNICA, CAPACITACIÓN Y VENTA DE MADERA EN LAS FINCAS.....	23
3.8 MANEJO DE LOS ÁRBOLES.....	24
3.9 CONTRASTE ENTRE LAS METODOLOGÍAS	27
IV DISCUSIÓN	28
4.1 DIVERSIDAD DE MADERABLES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI.....	28
4.2 CONOCIMIENTO SILVICULTURAL DE LOS PRODUCTORES	30
4.3 LAS METODOLOGÍAS.....	31
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
VI. LITERATURA CITADA	33
VII. ANEXOS	38
ARTICULO 2. ENRIQUECIMIENTO AGROFORESTAL DE FINCAS CACAOTERAS CON MADERABLES VALIOSOS EN ALTO BENI, BOLIVIA.....	47
I. INTRODUCCION	49
II. METODOLOGIA	51
2.1 TALLERES CON PRODUCTORES.....	52
2.1.1 Charla agroforestal	52
2.1.2 Diseño del plan de enriquecimiento.....	52
2.2 SELECCIÓN DE LAS ESPECIES A PLANTAR Y DE LA FINCA PROMEDIO	53
2.3 ENRIQUECIMIENTO AGROFORESTAL CON ESPECIES MADERABLES.....	54
2.3.1 Cacaotales	54
2.3.2 Plantaciones de cítricos.....	55
2.3.3 Plantaciones forestales puras	56
2.3.4 Linderos	56
2.4 RENTABILIDAD DE LAS INTERVENCIONES AGROFORESTALES PARA LA FINCA PROMEDIO	57
2.5 PREMISAS DEL VET.....	59
2.6 RENTABILIDAD DE LAS INTERVENCIONES AGROFORESTALES PARA TODAS LAS FINCAS	60
2.7 PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES.....	61
2.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA FINCA PROMEDIO.....	63

2.9 ANÁLISIS DE LOS DATOS	63
III. RESULTADOS	63
3.1 ESPECIES MADERABLES Y TIPOS DE PLANTACIONES	63
3.2 ENRIQUECIMIENTO DE CACAOTALES Y PLANTACIONES DE CÍTRICOS	64
<i>Costos de establecimiento, mantenimiento e ingresos del cacao, cítricos y maderables.....</i>	<i>64</i>
3.4 PLANTACIONES PURAS Y LINDEROS	65
<i>Costos de establecimiento, mantenimiento e ingresos de plantaciones forestales puras y linderos...</i>	<i>65</i>
3.6 ANÁLISIS DEL VET PARA LA FINCA PROMEDIO	67
3.7 ANÁLISIS DEL VET DEL ENRIQUECIMIENTO AGROFORESTAL DEL TODAS LAS FINCAS.....	68
3.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA FINCA PROMEDIO.....	70
IV. DISCUSIÓN	72
4.1 MADERABLES VALIOSOS EN FINCAS	72
4.2 ESPECIES MADERABLES Y TIPOS DE PLANTACIONES EN ALTO BENI	73
4.3 REFORESTACIÓN E INCENTIVOS	75
4.4 RENTABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES PROPUESTAS PARA LA FINCA PROMEDIO	75
4.5 RIESGOS DE LAS TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES PROPUESTAS	77
4.6 REALIDAD DEL PLAN DE ENRIQUECIMIENTO AGROFORESTAL DE LAS FINCAS DEL ALTO BENI.....	79
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	81
VII. LITERATURA CITADA.....	83
VIII. ANEXOS.....	87

INDICE DE CUADROS ARTICULO 1

CUADRO 1.	NÚMERO DE FINCAS INVENTARIADAS POR ÁREA DE COLONIZACIÓN, TIPO DE PRODUCTOR Y TIPO DE INVENTARIO EN ALTO BENI, BOLIVIA.	12
CUADRO 2.	ÁREA TOTAL Y PROMEDIO (HA) POR USO DEL SUELO EN LAS 212 FINCAS DE PRODUCTORES DE ASOCIACIONES Y COOPERATIVAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	16
CUADRO 3.	ÁREA AGRÍCOLA TOTAL POR FINCA (HA), FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES MADERABLES REGISTRADAS POR TIPO DE INVENTARIO Y PRODUCTOR EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	17
CUADRO 4.	ÁREA BASAL, VOLUMEN COMERCIAL Y TOTAL DE MADERA POR TIPO DE PRODUCTOR EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	19
CUADRO 5.	ÁREA AGRÍCOLA TOTAL (HA), NÚMERO DE ESPECIES, DENSIDAD, ÁREA BASAL (G), VOLUMEN COMERCIAL (VC) Y TOTAL (VT) DE MADERA POR USO DE SUELO EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA INVENTARIADAS EN CAMPO.	20
CUADRO 6.	ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA POR USO DE SUELO DE LAS CINCO ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	21
CUADRO 7.	NÚMERO DE INDIVIDUOS POR CLASE DIAMÉTRICA Y EDAD DE LOS ÁRBOLES INVENTARIADOS EN CAMPO EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	22
CUADRO 8.	NÚMERO DE PRODUCTORES QUE HAN RECIBIDO CAPACITACIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA E INCENTIVOS PARA PLANTAR Y MANEJAR MADERABLES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	23
CUADRO 9.	NÚMERO DE ÁRBOLES MADERABLES CON DIFERENTES CLASES DE FUSTE Y POR CLASE DIAMÉTRICA INVENTARIADOS EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	25
CUADRO 10.	NÚMERO DE PRODUCTORES QUE APLICAN DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO A LOS ÁRBOLES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	25
CUADRO 11.	NÚMERO DE PRODUCTORES QUE REQUIEREN APOYO PARA PLANTAR MADERABLES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	26
CUADRO 12.	NÚMERO DE ESPECIES E INDIVIDUOS POR HECTÁREA AGRÍCOLA REGISTRADOS EN LOS INVENTARIOS DE CAMPO Y TALLERES CON PRODUCTORES EN ALTO BENI, BOLIVIA.	27

INDICE DE CUADROS ARTÍCULO 2

CUADRO 1. NÚMERO DE PRODUCTORES QUE PARTICIPARON EN LOS TALLERES DE ENRIQUECIMIENTO AGROFORESTAL DE LAS FINCAS POR ÁREA DE COLONIZACIÓN Y TIPO DE ORGANIZACIÓN EN ALTO BENI, BOLIVIA.....	51
CUADRO 2. VALORES DETERMINADOS POR EL MODELO CHAPMAN PARA PREDECIR EL DAP (CM) Y LA ALTURA TOTAL (M) DE CADA ESPECIE MADERABLE A PLANTAR EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.....	62
CUADRO 3. NÚMERO DE ÁRBOLES POR TECNOLOGÍA AGROFORESTAL SOLICITADOS POR LOS PRODUCTORES DEL ALTO BENI PARA ENRIQUECER SUS FINCAS.....	64
CUADRO 4. COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO (US\$ HA ⁻¹) DE CACAOTALES Y CÍTRICOS CON MADERABLES, PLANTACIONES FORESTALES PURAS (US\$/0.25 HA) Y LINDEROS (US\$/750 M) EN ALTO BENI, BOLIVIA.....	66
CUADRO 5. VALOR PRESENTE AGROFORESTAL (VPSAF) DEL ENRIQUECIMIENTO DE CACAOTALES Y PLANTACIONES DE CÍTRICOS Y TURNO DE CORTA DE LOS ÁRBOLES EN LA FINCA PROMEDIO DEL ALTO BENI, BOLIVIA.....	68
CUADRO 6. VALOR ESPERADO DE LA TIERRA (VET) Y TURNO DE CORTA DE LOS ÁRBOLES EN PLANTACIONES FORESTALES PURAS Y LINDEROS EN LA FINCA PROMEDIO DEL ALTO BENI, BOLIVIA...	68
CUADRO 7. VALOR ESPERADO DE LA TIERRA (VET) DE LAS TECNOLOGÍAS AGROFORESTALES, NÚMERO DE ÁRBOLES A PLANTAR Y VOLUMEN APROVECHABLE ESPERADO EN 212 FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.....	69
CUADRO 8. VALOR PRESENTE AGROFORESTAL (VPSAF) EN US\$ HA ⁻¹ ANTE VARIACIONES EN LA TASA DE DESCUENTO, PRECIOS DE VENTA Y COSTOS DE COSECHA Y APROVECHAMIENTO FORESTAL EN CACAOTALES Y PLANTACIONES DE CÍTRICOS CON MADERABLES.....	71
CUADRO 9. VALOR ESPERADO DE LA TIERRA (VET) EN US\$ HA ⁻¹ ANTE VARIACIONES EN LA TASA DE DESCUENTO, PRECIOS DE VENTA Y COSTOS DE COSECHA Y APROVECHAMIENTO FORESTAL DE PLANTACIONES FORESTALES PURAS (PFP) Y LINDEROS (LIN).....	71

INDICE DE FIGURAS DEL DOCUMENTO

FIGURA 1.	MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ALTO BENI, BOLIVIA.	6
FIGURA 2.	DISTRIBUCIÓN DE LAS FINCAS INVENTARIADAS EN CAMPO POR ÁREA DE COLONIZACIÓN DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	13
FIGURA 3.	CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES MADERABLES EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA EN INVENTARIOS DE CAMPO (A) Y EN (B) TALLERES CON PRODUCTORES.	18
FIGURA 4.	CROQUIS DE LA FINCA Y TARJETAS COLOREADAS QUE REPRESENTABAN LAS DIFERENTES ESPECIES MADERABLES A PLANTAR EN LAS FINCAS DEL ALTO BENI, BOLIVIA.	53
FIGURA 5.	CURVAS ARBITRARIAS DE ÍNDICE DE SITIO PARA ALTURA TOTAL (M) DE <i>S. MACROPHYLLA</i> GENERADOS EN EL MODELOS DE CRECIMIENTO DE CHAPMAN.	79

Orozco, Aguilar, J.L, A. 2005. Enriquecimiento agroforestal de fincas cacaoteras con maderables valiosos en Alto Beni, Bolivia. Thesis *Magíster Scientiae*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 100 p.

RESUMEN GENERAL

Se inventarió la población de árboles maderables (DAP ≥ 10 cm) en 212 fincas de Cooperativas (87) y Asociaciones (125) en Alto Beni, Bolivia utilizando dos metodologías (100 inventarios en campo y 112 inventarios en talleres con productores) y se recopiló la preferencia y demanda de los productores por especies maderables y tipos de plantaciones para enriquecer sus fincas. Los datos del inventario forestal se compararon entre tipos de organización, usos del suelo y tipo de metodología. El número de especies, la cantidad de individuos por especie y los tipos de plantaciones preferidos por los productores se compararon entre tipos de organización. Se diseñaron técnicamente y se evaluó financieramente cuatro tecnologías agroforestales para el enriquecimiento de una finca promedio y de las fincas estudiadas y se evaluó la factibilidad financiera de cada una de las intervenciones propuestas. Se registraron 33 familias, 50 géneros, 54 especies y 7127 individuos en un área agrícola de 1496 ha. La riqueza y densidad de maderables por finca fue de 5 especies y 3.5 árboles ha⁻¹, respectivamente y similar en fincas de cooperativas y asociaciones. Las especies más abundantes fueron *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba*, *Amburana cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* y *Cedrela odorata*. Los árboles reciben poco manejo silvícola por la falta de conocimiento de los productores y de asistencia técnica. La estimación de riqueza y densidad de maderables en las fincas fue similar con ambas metodologías de inventario.

Los productores solicitaron 60690 árboles de 50 especies para reforestar sus fincas, a razón de 363 árboles maderables por finca, distribuidos en cacaotales, plantaciones de cítricos, plantaciones forestales puras y linderos. Las especies más solicitadas fueron *C. ochroxylum*, *S. macrophylla*, *A. cearensis*, *Cedrela. odorata* y *Tectona grandis*. Las cuatro intervenciones agroforestales propuestas para la finca promedio resultaron

financieramente rentables. El enriquecimiento de cítricos y cacaotales generaron los mayores VET con US\$14307 y US\$7041, respectivamente; seguido de las plantaciones forestales puras y los linderos de *S. macrophylla* y *C. odorata*.

La reforestación de las 212 fincas cacaoteras del Alto Beni generará un VET de US\$2066065 correspondientes al establecimiento de 16475 árboles en 20 ha de cítricos, 230 ha de cacao, 30 ha de plantaciones puras y 13 km de plantaciones lineales para producir 5665 m³ de madera. Los productores desean plantar maderables en sus fincas con la cooperación de proyectos para la producción de plantines y asistencia técnica. El inventario de maderables por medio de talleres es un método rápido, fácil y confiable para estimar la población de maderables en las fincas del Alto Beni. Se recomienda iniciar un programa de enriquecimiento agroforestal de las fincas del Alto Beni con incentivos forestales, utilizando especies maderables nativas y exóticas, capacitar a los productores en el diseño y manejo de maderables en sistemas agroforestales, tala dirigida y manejo de la regeneración natural.

Orozco, Aguilar, .L, A. 2005. Agroforestry enrichment of cocoa farms with valuable timber trees in Alto Beni, Bolivia. Thesis *Magíster Scientiae*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 100 p.

SUMMARY

A forest inventory was made ($dbh \geq 10$ cm) in cultivated areas in 212 cooperative and associative farms in Alto Beni, Bolivia; using two different methodologies (100 farms with field inventories and 112 with workshop inventories with farmers) and preference and demand of farmer by timber species and agroforestry systems was registered. Collected information was compared amongst organizations, land use and used methodology for the inventories. Number and quantity of species and preferred plantation systems were compared between different organizations of farmers. Four agroforestry interventions were technically designed for the enrichment of a typical farm and all studied farms and a financial analysis of each proposed intervention was evaluated

through the use of financial indicators: land expected value (LEV) and immature crop value (IVC). A sensibility analysis was carried out to determine exterior factors affecting profitability of each of the proposed agroforestry systems.

33 families, 50 genders 54 species and 7127 individuals (2211 in field and 4916 in workshops) were registered in an agricultural area of 1496 ha. Density and richness of timber species determined was of 3.5 trees ha⁻¹ and 5 species respectively. Richness and density of trees was similar between cooperative and associated farms (4.68 and 5.84 species and 3.15 and 4.37 trees ha⁻¹, respectively). 20% of farms (15 associative and 26 cooperative farms) didn't have timber species. *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba*, *Amburana caearensis*, *Centrolobium ochroxylum* and *Cedrela odorata* were the most abundant species; land uses of cocoa (4987 individuals and 50 species), citrus (573 individuals and 22 species) and banana (413 individuals and 20 species) registered the highest diversity of timber trees. Low technical assistance and lack of knowledge on silvicultural practices resulted in low silvicultural management of timber trees. Richness and diversity of timber trees was similar for both methodologies. Inventories carried out in workshops resulted an easy, prompt and reliable method to estimate timber trees population in Alto Beni farms. Producers in the zone are willing to plant timber trees with the cooperation of external projects concerning tree nursing and technical assistance.

Farmers requested a total of 60690 individuals of 50 timber trees species to reforest farms. In average, farmers are willing to plant 363 timber trees in each farm. Most preferred species were *Centrolobium ochroxylum*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana cearensis*, *Cedrela odorata* and *Tectona grandis*. Enrichment of cocoa plantations, pure plantations and boundary planting were preferred by farmers. respectively. For boundary plantations, final density is expected to be of 200 trees km⁻¹. Enrichment of citrus and pure plantations resulted to be the most profitable option for the average farm with a LEV of US\$14557 and US\$7311, respectively. Pure plantations of three timber species resulted profitable; boundary plantations of *T. grandis* were not proven to be profitable.

Reforestation of 212 cocoa farms in Alto Beni would generate a LEV of US\$2066065 corresponding to the establishment of 16475 timber trees in 20 ha of citrus, 230 ha of cocoa, 30 ha of pure plantations and 13 km of boundary plantations to produce 5665 m³ of timber for the following 12-20 years. To initiate an agroforestry reforestation program at farms in Alto Beni is highly recommended, using exotic and native species, as well as supporting producers in the design and management of timber trees in agroforestry systems, directional cuts and natural regeneration management. The use of forest incentives such as seedlings, tools, and technical assistance in management of timber are recommended to promote active participation of farmers in a reforestation plan for Alto Beni farms.

Key words: *forest inventory, workshop inventories, silvicultural knowledge, natural regeneration, agroforestry projects, colonization process.*

I. INTRODUCCION

La disponibilidad de madera proveniente de los bosques naturales del trópico americano ha disminuido por la deforestación (González y Fisher 1994, Díaz 1995, Butterfield 1996, Schelhas *et al* 1997). A medida que desaparecen los bosques, la madera se transforma en un producto escaso y de alto valor (Ramírez *et al* 2001, Montagnini *et al* 1997, Hagggar *et al* 1998). Por esta razón, el enriquecimiento agroforestal de fincas con especies maderables puede ser una excelente alternativa para valorizar la propiedad, diversificar la producción (postes, leña y madera) y generar ingresos para los productores (Beer 1994, Lux y von Platen 1995, Beer *et al* 1998, Somarirba *et al* 1998, Mc Donald *et al.* 2003).

Entre 1958 y 1978, el gobierno de Bolivia financiado por USAID y BID inició el proceso de colonización de las áreas tropicales del país, para redistribuir a la población que se concentraba en el altiplano y bajo la consigna de ampliar la frontera agrícola, fomentar el cultivo de caña de azúcar y arroz e integrar físicamente el país a través de carreteras (Castillo y Campen 1981). La colonización del Alto Beni empezó en 1958 encabezada por el Ministerio de Economía Nacional y financiada por la Misión de Operaciones de los Estados Unidos en Bolivia (USAID - Bolivia). Mediante Ley del 7 de noviembre de 1959, el Gobierno concedió a la Corporación Boliviana de Fomento cerca de 250.000 ha para los programas de colonización, entre los que se incluyó el Alto Beni (Romero 2004).

La colonización del Alto Beni se dio en dos etapas; la primera (1961-1963), fue una colonización “dirigida”, donde se buscaba la ampliación del cultivo de café, cacao, cítricos y arroz; la segunda etapa inició en 1964 con la construcción de la troncal Santa Ana-Covendo y la creación de las áreas II, III y IV. El primer contingente de colonizadores del Alto Beni estaba compuesto por originarios del altiplano en un 94%, de los Yungas 3%, y el resto de varias provincias de Cochabamba, Tarija y Rurrenabaque (COTESU 1981). Paralela y posteriormente a la segunda etapa de la colonización llegaron colonos espontáneos, los que no recibían ningún servicio ni apoyo por parte de las instituciones al frente del proceso (Romero, 2004).

En 1970 concluyó oficialmente el programa de asentamientos en el Alto Beni con financiamiento del BID, y en 1978 el Instituto Nacional de Colonización (INC) dió por terminadas sus actividades en la zona. Según las estadísticas del INC para 1974, el 76% de los colonos del Alto Beni eran de procedencia Aymará, especialmente del altiplano paceño, lo que dio lugar a la predominio de la lengua y cultura Aymarás en la zona; el 24% restante provino del altiplano orureño y potosino, de los llanos del Beni y de los valles de Cochabamba y Tarija (COTESU 1981).

Las fincas del Alto Beni, Bolivia, (entre 12 y 20 ha por colonizador) iniciaron con el chaqueo (sistema de roza-tumba-quema) del bosque para producir arroz y maíz. Después de varios ciclos de chaqueo, las fincas quedaron desprovistas de árboles, arbustos, bambúes y palmas útiles y por ello la vegetación leñosa actual de las fincas está dominada por unas pocas especies pioneras de vida corta con poco valor económico y ecológico (Somarriba *et al* 2002). La falta de conocimiento de los colonos del Altiplano sobre los maderables del trópico, la ausencia de las autoridades forestales de Bolivia durante el proceso de colonización y la sobreexplotación por madereros ilegales provocó la casi desaparición de especies valiosas como la mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) y roble (*Amburana cearensis*) del paisaje Alto Beniano (PIAF 2000).

Se han identificado y estudiado la fenología de 83 especies maderables en bosques primarios, secundarios y otros remanentes de vegetación en el Alto Beni. Sin embargo, existe poca información sobre la diversidad, abundancia y características dasométricas de la población actual de maderables en las fincas (Milz 2001, PIAF 2001). Pocos proyectos han dirigido esfuerzos para plantar maderables en las fincas (Milz 2001, PIAF 2001). Los proyectos agroforestales en el Alto Beni se han concentrado en el enriquecimiento de cacaotales y bananales con especies frutales, maderables y de “servicio” y han obviado los barbechos, pastizales, linderos y divisiones internas para sembrar maderables valiosos en las fincas.

En este documento se presentan los resultados del inventario de árboles maderables en las parcelas agrícolas de las fincas cacaoteras del Alto Beni y se recopila el conocimiento de los productores sobre la siembra y manejo maderables en sistemas agroforestales (SAF), así como la preferencia por especies y la disposición de los productores de participar en un plan de enriquecimiento agroforestal de las fincas con maderables valiosos, que satisfaga los intereses y necesidades del hogar y aproveche las oportunidades biofísicas de las fincas. Además, se comparan los resultados del inventario de árboles maderables en campo y en talleres con productores y se evalúa la rentabilidad financiera de cuatro tecnologías agroforestales propuestas para enriquecer las fincas del Alto Beni.

1.1 LITERATURA CITADA

- Beer, J. 1994. Alternativas de reforestación: taungya y sistemas agrosilviculturales permanentes vs plantaciones puras. Serie Técnica. Informe Técnico N° 230. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 p.
- Beer, J.; Muschler, R.; Kass, D.; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations. *Agroforestry Systems*. 38: 139-164.
- Butterfield, R. 1996. Early species selection for tropical reforestation: a consideration of stability. *Forest Ecology and Management*. 81:161-168.
- Castillo, A; Campen, R. 1981. Agricultura y subsistencia en el Norte de La Paz. En: Apuntes sobre la colonización. Centro de Estudios y Proyectos, La Paz: Editorial e Imprenta Crítica. 25 p. En línea. Consultado el 10 de julio del 2005. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara/capitulo8.htm>.
- COTESU. 1981. La colonización del Alto Beni".En: Apuntes sobre colonización. Centro de Estudios y Proyectos, La Paz: Editorial e Imprenta Crítica S:R.L. En línea: Consultado el 20 de junio 2005. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara/capitulo8.htm>.
- Díaz, Y.V. 1995. Socioeconomía y silvicultura del establecimiento de plantaciones forestales en fincas pequeñas del cantón Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 115 p.
- Gonzáles, E; Fisher, R. 1994. Growth of native forest species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*. 70:159-167.
- Haggar, J; Buford, C; Butterfield, R. 1998. Native species: a resource for diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management*. 106: 195-203.
- Milz, J. 2001. Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque. DED (Servicio Alemán de cooperación social-técnica), CARE-MIRNA. Editorial Desing. La Paz, Bolivia, 91 p.

- Montagnini, F.; Eibl, B.; Grance, L.; Maiocco, D., Nozzi, D. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense regions of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management*. 99: 237-246.
- McDonald, M.A.; Collins, A.H.; Healey, J.R.; Goodland, T.C. 2003. Evaluation of trees indigenous to the Montane forest of the Blue Mountains, Jamaica for reforestation and agroforestry . *Forest Ecology and Management*. 175: 379-401.
- PIAF (Proyecto de implementación agroecológica y forestal- El Ceibo). 2000. Guía de especies forestales del Alto Beni. PIAF-El Ceibo. Editorial DED-Bolivia. 196 p.
- PIAF (Proyecto de investigación agroecológica y forestal- El Ceibo). 2001. Boletín de usos de especies forestales: fenología de especies (época de floración y fructificación) datos silviculturales y lista de usos de las especies forestales del Alto Beni. PIAF-El Ceibo. Editorial DED-Bolivia. 24 p.
- Ramírez, O.A.; Somarriba, E.; Ludewigs, T.; Ferreira, P. 2001. Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. *Agroforestry Systems* 51:141-154.
- Romero, V.M. 2004. Cosmovisión Aymará. Consultado 18 de julio. 2005. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara>.
- Schelhas, J; Janhtzi, T; Kleppner, C; O'Connor, K; Thancher, T. 1997. Meeting Farmers needs through forest stewardship. *Journal of Forestry*. 95 (2):33-38.
- Somarriba, E.; Beer, J; Morataya, R; Calvo, G. 1998. Linderos de *Tectona grandis* en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá. *Revista Forestal Centroamericana* 28: 15-21.
- Somarriba, E.; Stoian, D; Zelada, E; Palencia, G. 2002. Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia. CATIE. 69 p. (documento del proyecto)
- Lux, M.; von Platen, H. 1995. Consumo y comercialización de madera en baja Talamanca, Costa Rica. CATIE. Turrialba, C.R. Serie Técnica. Informe Técnico N° 258. 98 p.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Diseñar participativamente un plan de enriquecimiento de las fincas cacaoteras del Alto Beni con especies maderables valiosas.

2.2 Específicos

- Diagnosticar la población actual de maderables en las áreas agrícolas de las fincas del Alto Beni.
- Determinar la preferencia y demanda de especies maderables y tipos de tecnologías agroforestales de los productores para enriquecer las fincas del Alto Beni.
- Estimar la factibilidad financiera las intervenciones agroforestales propuestas para enriquecer las fincas del Alto Beni.

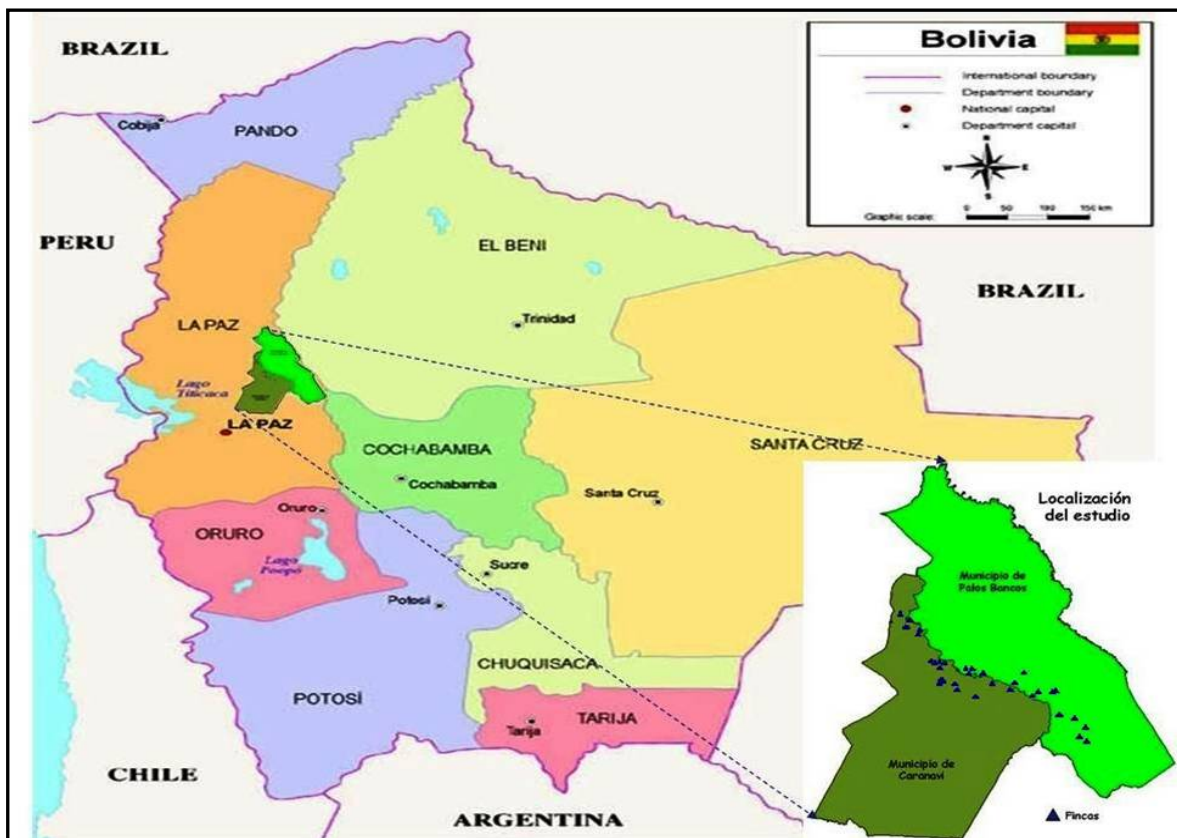
III. Hipótesis

- Las fincas cacaoteras no tienen árboles maderables valiosos.
- Los productores no desean enriquecer las áreas agrícolas de sus fincas con diferentes especies maderables y tecnologías agroforestales.
- Las intervenciones agroforestales propuestas para las fincas no son rentables.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Localización del área de estudio

Alto Beni (Figura 1) está ubicado a 270 km al noreste del departamento de La Paz, entre las coordenadas 15°10' y 15°55' Sur, 66°55' y 67°40' Oeste; comprende las provincias de Sud-Yungas, Caranavi y Larecaja, con una extensión de 250000 hectáreas. La zona incluye la cuarta sección municipal de Palos Blancos que se divide en siete áreas de colonización y 17 localidades (Somarriba *et al* 2002). La agricultura se desarrolla en el valle a lo largo del Río Alto Beni y en el pie de monte entre los 300 a los 1400 m de altitud.



Fuente: PIAF 2001.

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de Alto Beni, Bolivia.

El clima es cálido y húmedo, con amplias variaciones estacionales. La temperatura promedio mensual varía desde 11°C en los meses de julio y agosto (frentes fríos o “surazos”) hasta 25,7°C en enero y febrero. La precipitación promedio anual varía entre 1300 mm en las zonas bajas, hasta 2000 mm en las partes altas; el período lluvioso va desde noviembre hasta marzo y el período seco entre mayo y septiembre. La humedad relativa promedio es 78% y el brillo solar de 4,7 horas día⁻¹ (Somarriba *et al* 2002). La región incluye las zonas de vida bosque húmedo sub-tropical, bosque húmedo sub-tropical transición a seco y bosque muy húmedo sub-tropical (Mesén 2003).

La región del Alto Beni forma parte de una gran unidad vegetal de los bosques en las laderas Orientales de los Andes, denominada los Yungas (Beck 1988) que divide el bosque de los Yungas en tres pisos altitudinales: La ceja de la montaña, los bosques de medio Yungas y los bosques de los Yungas verdaderos. El Alto Beni pertenece a los Yungas verdaderos, ubicado por debajo de los 2000 m de altitud. La vegetación está formada por una diversidad de especies amazónicas y subandinas. Los suelos predominantes son Ultisoles (80 %) Inceptisoles, Alfisoles y Oxisoles (Vega 1995).

Desde los 300 hasta los 500 m de altitud se desarrolla un bosque de transición amazónico de topografía plana a levemente ondulada. Los árboles pueden alcanzar hasta 40 m de altura y 150 cm de diámetro, muchos de ellos con grandes aletones. Predominan las familias Moraceae, Bombacaceae, Euphorbiaceae y Palmaceae (PIAF, 2001). A altitudes entre 500-600 m los suelos son franco-arenosos, con fertilidad media y pendientes moderadas; domina una vegetación típica de bosque submontano con numerosas especies de las familias Leguminosae y Anacardiaceae y muchas palmeras. Entre los 600 y los 800 m el bosque es húmedo montañoso con una vegetación casi siempre verde donde aparecen especies como *Terminalia* spp, *Centrolobium ochroxylum*, *S .macrophylla* y *Calophyllum brasilense* con 35 m de altura y 100 cm de diámetro (PIAF 2001). Arriba de los 800 m crecen bosques montanos muy húmedos hasta nublados con abundantes especies hemiepífitas y helechos arbóreos. Las especies representativas son *Aniba canelilla*, *C. odorata*, *Dacryodes* spp., *Pseudolmedia macrophylla* y *Symphonia globulifera*.

En el Alto Beni existen 93 comunidades y cerca de 2000 productores de cacao orgánico. El tamaño promedio de las fincas es de 12 ha, dedicadas a la producción de cacao, banano, plátano, cítricos, frutales de patio para comercio, arroz y maíz mediante chaqueo para consumo familiar y venta en pequeñas superficies, y no en todas las fincas. Los terrenos son planos y fértiles en el valle y con pendientes moderadas a fuertes en las cordilleras (Somarriba *et al* 2002).

Las plantaciones de cacao del Alto Beni se ubican entre los 300 y 800 m de altitud (PIAF 2000). Las plantaciones se cultivan en manchas coetáneas con muy poca sombra, poco manejo y baja productividad ($400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Alto Beni es la principal zona productora de cacao en Bolivia, aportando alrededor del 80% de la producción nacional estimada en 2000 TM. Actualmente existen cerca de 4500 ha de cacao (principalmente híbridos) con una superficie promedio por finca de 2 ha. Los ingresos de la actividad cacaotera constituyen entre el 10-15% del ingreso rural de la zona (Somarriba *et al.* 2002).

Artículo 1. Diversidad y manejo de maderables en fincas cacaoteras orgánicas del Alto Beni, Bolivia.

Resumen

Se inventarió la población de árboles maderables ($dap \geq 10$ cm) en las áreas agrícolas de 212 fincas de asociaciones y cooperativas en Alto Beni, Bolivia. Se utilizaron dos metodologías de inventario: 100 fincas con inventarios en campo y 112 inventarios en talleres con productores. Los datos se compararon entre tipo de organización, usos del suelo y metodología de inventario y se documentó el manejo que dan los productores a los árboles. Se registraron 7127 individuos (2211 en campo y 4916 en talleres) en 1496 ha pertenecientes a 33 familias, 50 géneros y 54 especies de árboles maderables. La densidad y riqueza de maderables fue similar entre fincas de cooperativas y asociaciones. Las especies usadas tradicionalmente y promovidas por los proyectos agroforestales en la zona fueron las más abundantes. El cacao, huerto casero, banano y plantaciones de cítricos fueron los usos de suelo con mayor riqueza y abundancia de maderables en las fincas. Los árboles tienen menos de 10 años de edad y reciben poco manejo silvícola por la falta de conocimiento de los productores y de asistencia técnica. La densidad y riqueza de maderables registradas con los dos tipos de inventarios fue similar. El inventario de maderables por medio de talleres es un método rápido, fácil y confiable para estimar la población de maderables en las fincas del Alto Beni. Los productores desean plantar maderables en sus fincas con la asistencia externa para la producción de plantines y capacitación. Se deben enriquecer las fincas con especies maderables nativas y exóticas y capacitar a los productores en el diseño y manejo de maderables en sistemas agroforestales y manejo de la regeneración natural.

Palabras clave: *inventario, talleres participativos, conocimiento silvícola, regeneración natural, proyectos agroforestales, proceso de colonización.*

Abstract

A forest inventory was made ($dbh \geq 10$ cm) in cultivated areas in 212 cooperative and associative farms in Alto Beni, Boliva; using two different methodologies (100 farms with field inventories and 112 with workshop inventories with farmers). Collected information was compared amongst organizations, land use and used methodology for the inventories. 33 families, 50 genders 54 species and 7127 individuals (2211 in field and 4916 in workshops) were registered in an agricultural area of 1496 ha. Density and richness of timber species determined was of 3.5 trees ha^{-1} and 5 species respectively. Richness and density of trees was similar between cooperative and associated farms (4.68 and 5.84 species and 3.15 and 4.37 trees ha^{-1} , respectively). 20% of farms (15 associative and 26 cooperative farms) didn't have timber species. *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba*, *Amburana caearensis*, *Centrolobium ochroxylum* and *Cedrela odorata* were the most abundant species; land uses of cocoa (4987 individuals and 50 species), citrus (573 individuals and 22 species) and banana (413 individuals and 20 species) registered the highest diversity of timber trees. Low technical assistance and lack of knowledge on silvicultural practices resulted in low silvicultural management of timber trees. Richness and diversity of timber trees was similar for both methodologies. Inventories carried out in workshops resulted an easy, prompt and reliable method to estimate timber trees population in Alto Beni farms. Producers in the zone are willing to plant timber trees with the cooperation of external projects concerning tree nursing and technical assistance. To initiate an agroforestry reforestation program at farms in Alto Beni is highly recommended, using exotic and native species, as well as supporting producers in the design and management of timber trees in agroforestry systems, directional cuts and natural regeneration management.

Key words: *forest inventory, workshop inventories, silvicultural knowledge, natural regeneration, agroforestry projects, colonization process.*

I. INTRODUCCION

Las fincas del Alto Beni iniciaron con el “chaqueo” (tumba, quema, cultivo y barbecho corto, en un ciclo de unos seis o siete años) del bosque para establecer los cultivos agrícolas. La falta de conocimiento de los colonos del altiplano boliviano sobre los maderables del trópico, la ausencia de autoridades forestales durante la colonización y la sobreexplotación por los madereros ilegales provocaron la casi desaparición de especies valiosas como la mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) y roble (*Amburana cearensis*) del paisaje Alto Beniano (PIAF 2000, Milz 2001).

La vegetación leñosa útil de las fincas del Alto Beni (maderables, leña, frutales, medicinales, etc.) es pobre debido a que varios ciclos de chaqueo han eliminado la regeneración natural de las especies leñosas de vida larga, actualmente la vegetación de las fincas está dominada por especies pioneras de vida corta y de poco valor económico y ecológico (Somarriba *et al.* 2002). Varios proyectos forestales y agroforestales han identificado y estudiado la fenología de 83 especies maderables en bosques primarios, secundarios y otros remanentes de vegetación en el Alto Beni (Milz 2001, PIAF 2001). Sin embargo, existe poca información sobre la diversidad, abundancia y características dasométricas de la población actual de maderables en las fincas.

En este estudio se inventario la composición botánica, abundancia y dimensiones de los árboles maderables en las áreas agrícolas de las fincas cacaoteras del Alto Beni, Bolivia y se recopiló el conocimiento de los productores sobre la siembra y manejo maderables en sistemas agroforestales con el fin de diseñar un plan de enriquecimiento de las fincas con maderables valiosos que satisfaga los intereses y necesidades del hogar y aprovechar las oportunidades biofísicas de las fincas.

II. METODOLOGIA

2.1 Descripción del estudio

El estudio de campo (enero-junio 2005) se realizó en 212 fincas de productores cacaoteros organizados en asociaciones y cooperativas. Los productores fueron seleccionados aleatoriamente de una lista de 2000 productores en seis áreas de colonización del Alto Beni y la muestra se distribuyó de manera proporcional al número de productores en cada área de colonización (Cuadro 1, Figura 2). Se realizaron dos tipos de inventarios: en campo (100 fincas) y en talleres participativos (112 fincas).

Cuadro 1. Número de fincas inventariadas por área de colonización, tipo de productor y tipo de inventario en Alto Beni, Bolivia.

Área	Tipo de productor				Total
	Asociación		Cooperativa		
	En campo	En taller	En campo	En taller	
1	2	7	6	6	21
2	14	17	12	1	44
3	5	8	4	3	20
4	18	25	12	8	63
6	9	13	10	10	42
7	2	6	5	9	22
Total	50	76	49	37	212

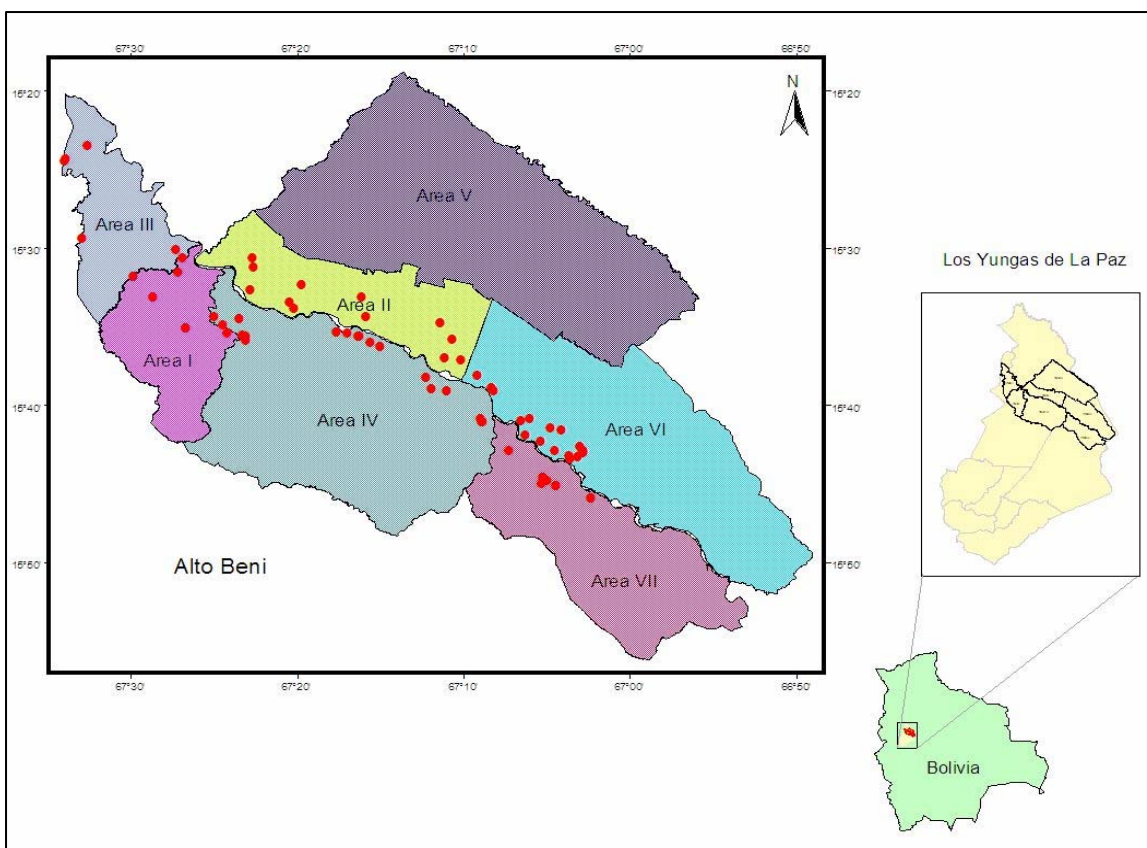


Figura 2. Distribución de las fincas inventariadas en campo por área de colonización del Alto Beni, Bolivia.

2.2 Inventarios de campo y entrevistas a productores

Se inventariaron los maderables en los campos agrícolas de 100 fincas (50 fincas de asociaciones y 50 de cooperativas) en 22 comunidades. En compañía del productor se identificaron, contaron y midieron todos los árboles maderables con $dap \geq 10$ cm presentes en las áreas agrícolas de la finca (parcelas de barbecho y bosque maduro-se excluyeron del inventario). En cada árbol se midió el dap, altura total y comercial, forma del fuste, edad estimada del árbol por el productor, uso agrícola donde se asociaba y el origen (plantado o de regeneración natural). El dap se midió con cinta diamétrica y la altura total y comercial con clinómetro y cinta métrica. La forma del fuste de los árboles se clasificó en tres categorías: 1- fuste recto, 2- fuste poco sinuoso y 3-fuste muy sinuoso.

Se entrevistó a cada productor para conocer las razones de la selección y permanencia de los árboles maderables en su finca, el manejo que reciben, problemas sanitarios, incentivos, asistencia técnica y capacitación recibida para plantar y manejar maderables, frecuencia de aprovechamiento, destino de los productos y la forma de cubicación y venta de madera en la zona. Información general de la finca (tenencia, años de trabajar la finca, apoyo requerido para plantar maderables, conocimiento de leyes forestales y precio de la tierra) se recolectó con la misma entrevista.

2.3 Inventario mediante talleres con productores

Se realizaron 10 talleres con 112 productores en seis áreas de colonización. Los productores se seleccionaron aleatoriamente de la lista de productores con mapa o croquis de su finca disponible en los archivos de la Central de Cooperativas “El Ceibo” y del Proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni. A cada productor se le envió con anticipación una carta de invitación para participar en el taller y se le pagó medio día de trabajo (U\$2.5). La dinámica de los talleres fue la siguiente:

2.3.1 Inventario de maderables

Con la ayuda del croquis de la finca en una cartulina y de tarjetas que representaban diferentes especies maderables, se le pidió a cada productor que colocara en cada área agrícola de su finca las especies y la cantidad de árboles ($dap \geq 10$ cm) de cada una. En el inventario se incluían árboles plantados y de regeneración natural.



Los productores inventariaron los maderables de su finca.

2.4 Análisis de los datos

Los datos se digitaron en el programa Excel. La información general de las fincas y de los productores se analizó mediante estadísticas descriptivas y los datos de inventario de maderables se compararon entre tipos de organización (asociaciones y cooperativas) y usos agrícolas en las fincas por medio de una prueba de “t” pareada para datos con distribución normal (Infostat 2004). Se estimó la diversidad de especies maderables con el programa Estimates (Collwell 2005), se generaron curvas de acumulación de especies con el programa SigmaPlot y se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para cada especie (Lamprecht 1990). El volumen total y comercial de madera con corteza en las fincas inventariadas en campo se calculó utilizando un factor de conversión de volumen de 0.45 para todas las especies. Se contrastaron los datos de riqueza y abundancia del inventario de 45 fincas estudiadas con las dos metodologías (inventario en campo y en talleres) por medio de la prueba no paramétrica de Wilcoxon (datos sin distribución normal).

III. RESULTADOS

3.1 Las fincas y los productores

El tamaño promedio de las fincas fue de 13 ha (4-25 ha) de las cuales 2.3 ha se cultivan con cacao (1.8-2.8 ha). Productores de cooperativas y asociaciones se dedican desde hace 20 años a trabajar la mitad de la superficie de su finca (6.3 y 5.96 ha respectivamente), el resto de la tierra está ocupada con barbechos y bosques. Las fincas se localizan a una altitud promedio de 500 m (350-840 m). El precio de la tierra fue de U\$ 1015 ha⁻¹ (U\$ 100-2000 ha⁻¹ dependiendo de la cercanía a caminos y de los cultivos existentes). Se identificaron 15 usos de la tierra (Cuadro 2). Cacao (100%), barbecho (95%), monte o bosque adulto (85%), cítricos (70%) y banano (50%) fueron los usos más frecuentes en las fincas. Se detectaron diferencias estadísticas significativas en el tamaño de las

parcelas cultivadas con cacao, banano-cítricos, cacao-banano y monte entre fincas de cooperativas y asociaciones ($p= 0.0001, 0.0167, 0.0529, 0,0454$ respectivamente).

Cuadro 2. Área total y promedio (ha) por uso del suelo en las 212 fincas de productores de asociaciones y cooperativas del Alto Beni, Bolivia.

Usos del suelo	Tipo de productor		Total	Frecuencia en fincas (%)	Promedio ha finca ⁻¹	Valor de p
	Asociación (n=125)	Cooperativa (n=87)				
Monte (bosque adulto)	654	356	1009	85	4.8±4.3	0.0454
Barbecho	344	199	543	95	2.6±2.4	0.1574
Cacao	227	268	496	100	2.3±1.6	0.0001
Cítricos	106	85	191	70	0.9±1.2	0.4474
Banano	69	32	101	50	0.5±0.8	0.0881
Pasto	53.5	46	99	30	0.5±1.2	0.5482
Plátano	50	36	86	30	0.4±1	0.8733
Papaya	30	14	44	25	0.2±0.6	0.2462
Arroz	23	25	48	25	0.2±0.5	0.1674
Banano-cítricos	19	2	21	20	0.1±0.5	0.0157
Café	14.25	9	23.25	20	0.1±0.4	0.8988
Cacao-cítricos	8	7.5	15.5	15	0.1±0.4	0.6343
Cacao-plátano	8	2	10	15	0.05±0.2	0.1167
Cacao-banano	25.5	8	33.5	15	0.2±0.5	0.0529
Maíz	5	5	10	10	0.05±0.2	0.5856
Total	1636	1094.5	3320	-	13±4.5	-

3.2 Área agrícola en las fincas, familias, géneros y especies maderables en inventarios de campo y en talleres

Se identificaron 54 especies en los inventarios (Figuras 3a y 3b) en un área agrícola de 1491 ha. De las 54 especies registradas, apenas cuatro son exóticas (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Pinus* spp. y *Melia azedarach*). No se detectaron diferencias estadísticas significativas en la densidad y riqueza de especies entre fincas de asociaciones y cooperativas ($p=0.5430$) ni entre metodologías de inventario ($p=0.6343$). El área agrícola promedio de las fincas inventariadas en campo fue mayor que en las fincas estudiadas por medio de talleres, pero similar entre fincas de cooperativas y asociaciones ($p=0.5620$). En los inventarios de campo se registró mayor número de familias botánicas, géneros y especies, pero se contabilizó menor número de individuos que en los inventarios por medio de talleres con productores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Área agrícola total por finca (ha), familias, géneros y especies maderables registradas por tipo de inventario y productor en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Variables	Campo		Talleres	
	Asociación	Cooperativa	Asociación	Cooperativa
Familias	30	32	22	25
Géneros	40	40	36	38
Especies	42	47	32	37
Total área agrícola (ha)	298	316	342	535
Número total de individuos	861	1350	1418	3498
Área agrícola finca ⁻¹ (ha)	6.3	5.96	4	4.5
Densidad (árboles ha ⁻¹)	4.37	5.84	4.13	6.5
Número de especies ha ⁻¹ agrícola	3.15	4.68	5.22	6.15

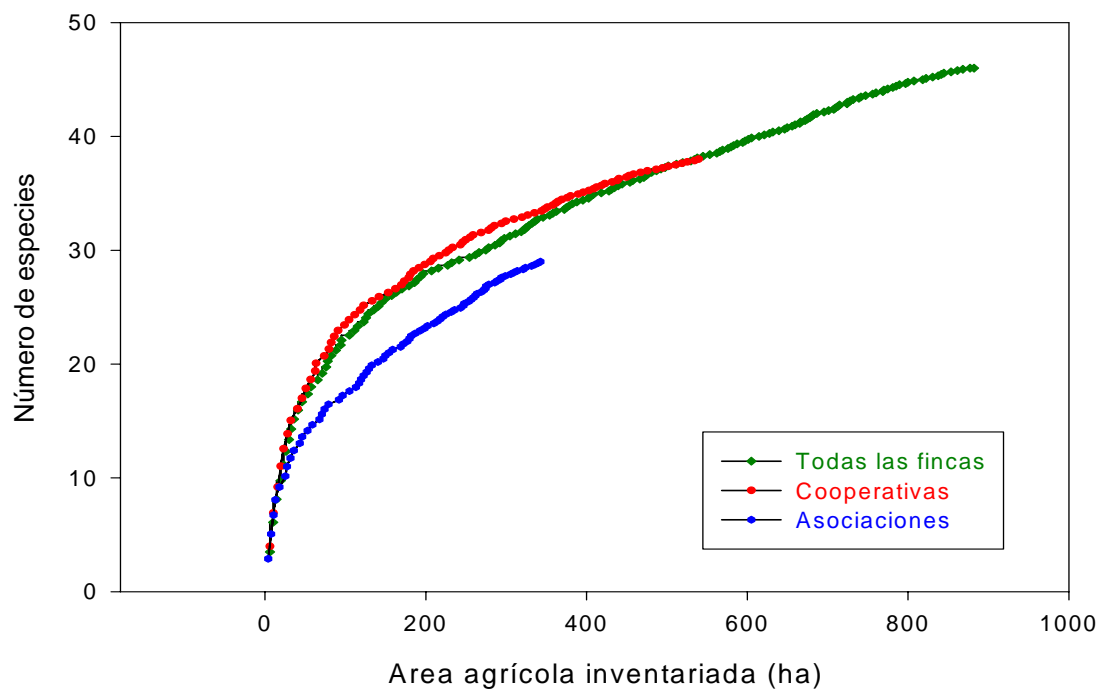
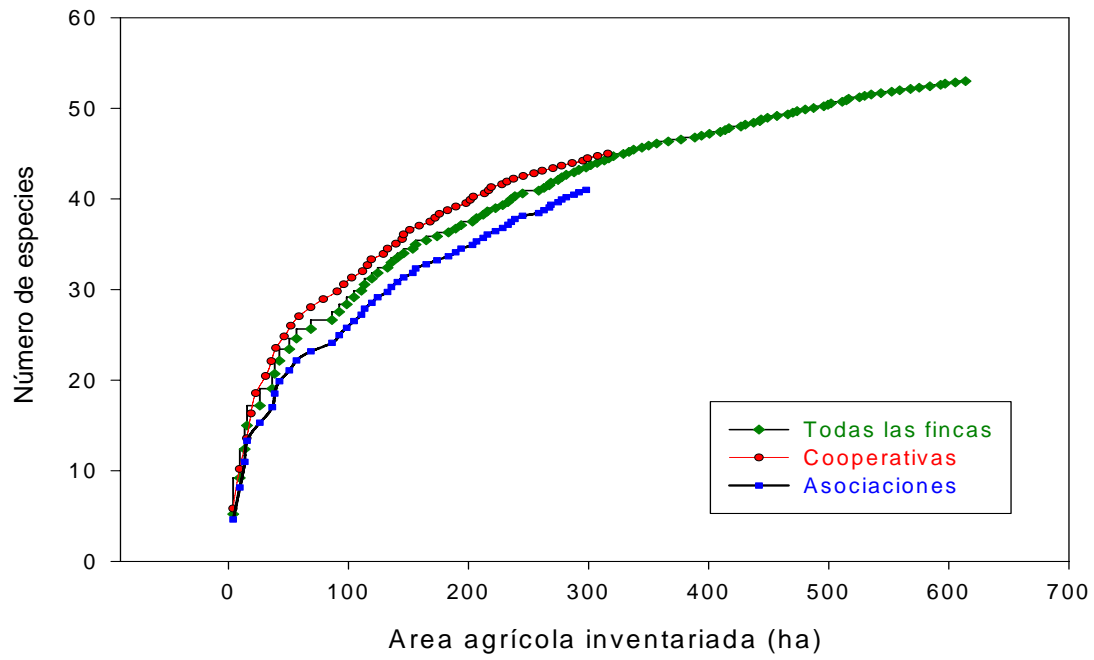


Figura 3. Curvas de acumulación de especies maderables en las fincas del Alto Beni, Bolivia en inventarios de campo (a) y en (b) talleres con productores.

Los usos de suelo con mayor abundancia y número de especies de árboles en inventarios de campo y talleres fueron el cacao (4987 individuos y 50 especies), cítricos (573 individuos y 22 especies), banano (413 individuos y 20 especies) y plátano (237 individuos y 20 especies). Las especies más abundantes en los inventarios de campo y en talleres fueron: *S. macrophylla* con 2003 individuos, *S. parahyba* con 1031 individuos, *C. ochroxylum* con 695 individuos, *A. cearensis* con 585 individuos y *Cedrela odorata* con 478 individuos. El 28% de las fincas no tiene maderables (15 fincas de asociaciones y 26 de cooperativas). En los inventarios de campo y en los talleres, las familias botánicas con mayor número de especies fueron: Papilionaceae, (ocho especies), Moraceae, (cinco especies), Euphorbiaceae (cuatro especies) y Meliaceae, Caesalpinaceae y Anacardiaceae (tres especies cada una).

3.3 Área basal, volumen comercial y total registrado en inventarios de campo

Hay poca madera en las fincas del Alto Beni. El volumen comercial promedio por finca fue menor a los 3 m³. No se detectaron diferencias estadísticas significativas en el área basal, volumen total y comercial por hectárea entre fincas de asociaciones y cooperativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Área basal, volumen comercial y total de madera por tipo de productor en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Variables	Tipo de productor		Valor de p
	Asociación (n=50) 298 ha	Cooperativa (n=50) 316 ha	
Área basal total (m ²)	60.55	87.43	-
Volumen comercial total (m ³)	616.42	896	-
Volumen total (m ³)	1101.76	1486	-
Área basal (m ² ha ⁻¹ agrícola)	0.203	0.277	0.0545

Volumen comercial ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ agrícola)	2.079	2.835	0.0538
Volumen total ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ agrícola)	3.7	4.7	0.5276

La densidad (árboles ha^{-1}) y la riqueza (número de especies) fueron altas en los huertos caseros y cacaotales y menores en plantaciones de papaya y pastizales. Cacaotales (solos o asociados con banano, plátano, café o cítricos) retienen mayor densidad y número de especies maderables que plantaciones puras de banano, plátano o cítricos (Cuadro 5). En los huertos caseros, cafetales y cacaotales existe mayor volumen comercial de madera que en otros usos del suelo.

Cuadro 5. Área agrícola total (ha), número de especies, densidad, área basal (G), volumen comercial (Vc) y total (Vt) de madera por uso de suelo en las fincas del Alto Beni, Bolivia inventariadas en campo.

Usos del suelo	Área	Número de especies	Densidad (árboles ha^{-1})	G	Vc ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Vt ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)
Café	14	11	6	0.8	6.28	11.76
Huerto casero	5.75	22	13	0.64	5.87	10.62
Cacao	237	51	5.62	0.4	4.06	6.89
Cacao Banano	13	17	6.23	0.25	3.02	5.02
Cacao Plátano	5	5	3.8	0.23	1.96	4.05
Banano	52	20	3.33	0.16	2.15	3.32
Plátano	42	20	3.36	0.17	1.69	3
Cacao Cítricos	11.5	4	2	0.1	1.19	2.24
Cítricos	105	20	1.69	0.11	1.1	1.92
Cacao Café	7	5	1.57	0.08	1.23	1.77
Papaya	24	7	0.92	0.06	0.51	1.12

Pasto	57	7	0.33	0.011	0.11	0.2
-------	----	---	------	-------	------	-----

3.4 Índice de valor de importancia (IVI) en los inventarios de campo

Las especies con mayor IVI en todos los usos de suelo fueron mara-*Swietenia macrophylla*- (85.3) y toco blanco-*S. parahyba* (55.3). En las parcelas de pasto, cacao-plátano, cacao-cítricos y cacao-banano destacó huasicucho-*C. ochroxymun*- con IVI de 32.8, 17.2, 14.7 y 10.8, respectivamente (Cuadro 6). La abundancia de *S. parahyba* en las fincas fue promovida por “El Ceibo”, por ser un árbol maderable de rápido crecimiento y de “buena” sombra para cacaotales; sin embargo, por ser susceptible a volcamiento por el viento ha obligado a los productores a eliminarlo gradualmente de los cacaotales.

Cuadro 6. Índice de valor de importancia por uso de suelo de las cinco especies más abundantes en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Usos del suelo	Toco blanco	Mara	Cedro	Roble	Huasicucho	Sub total	Otras especies	Total
Cacao	18.1	15.4	5.4	5.3	5	49.2	50.8	100
Cacao Banano	14.1	12.5	2.6	11.5	10.8	51.5	48.5	100
Cacao Café	44.2	–	10.9	–	–	55.1	44.9	100
Cacao Cítricos	–	85.3	–	–	14.7	100	0	100
Cacao Plátano	–	–	–	13.5	17.2	30.7	69.3	100
Café	55.3	5	-	-	-	60.3	39.7	100
Cítricos	27.2	18.7	4.6	-	-	50.5	49.5	100
Banano	21.7	21.6	4.2	4.4	3.9	55.8	44.2	100
Huero	16.56	17.95	14.96	8.13	13.58	71.18	28.82	100

casero								
Plátano	18.3	17.3	6.5	12.5	1.4	56	44	100
Pasto	-	7.2	16.2	13	32.8	69.2	30.8	100
Papaya	13.7	5.9	-	6.1	-	25.7	74.3	100

3.5 Distribución diamétrica, edad y origen de los árboles inventariados en campo

La mayoría de los individuos (45%) se concentró en la clase diamétrica de 10-20 cm y en un rango de edad entre 5-9 años (Cuadro 7), lo que refleja la dominancia de árboles jóvenes en las áreas agrícolas de las fincas. Con un diámetro mínimo de corta de 30 cm, apenas el 27% de los árboles son aprovechables comercialmente.

Cuadro 7. Número de individuos por clase diamétrica y edad de los árboles inventariados en campo en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Edad (años)	Clase diamétrica (cm)					Total
	10-<20	20-<30	30-<40	40-<50	≥ 50	
5-9	629	335	86	43	29	1122
10-14	183	180	89	63	31	546
15-19	106	148	51	52	53	410
20-24	3	23	26	29	36	117
≥ 25	1	3	1	7	4	16
Total	922	689	253	194	153	2211

El 64% de los árboles maderables en las fincas son plantados [1421 árboles, (985 en fincas de cooperativas y 436 en fincas de asociaciones)]; el restante 36% proviene de la regeneración natural. Solamente el 40% de los propietarios recolecta semillas del bosque para producir y plantar maderables en las áreas agrícolas o en los linderos de la finca.

3.7 Incentivos, asistencia técnica, capacitación y venta de madera en las fincas.

Se han dirigido pocos esfuerzos para plantar árboles maderables en las fincas (Cuadro 8). La Central de Cooperativas de “El Ceibo” ha implementado, en fincas de sus miembros, pequeñas parcelas agroforestales de cacao con frutales y maderables conocidas como “multiestratos”. Productores de cooperativas han recibido más capacitación y asistencia técnica (identificación de maderables alternativos, recolección y tratamiento de semillas, podas y cubicación de madera) e incentivos (semillas y plantas forestales a mitad de precio) para plantar árboles maderables que los productores de asociaciones ($p=0.0003$). A partir del año 2000 se crearon leyes comunales que regulan el aprovechamiento de maderables en las fincas. Por ejemplo, en algunas áreas de colonización (II, IV y VII) se paga un permiso de corta a la central comunal, cuyo costo depende de la especie y volumen de madera a cortar y exige plantar en la finca 10 nuevos árboles de la especie aprovechada.

Cuadro 8. Número de productores que han recibido capacitación, asistencia técnica e incentivos para plantar y manejar maderables en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Variables	Tipo productor		Valor de p
	Asociación (n=50)	Cooperativa (n=50)	
Recibió incentivos para reforestar	7	15	0.0535
Recibió capacitación o asistencia técnica	8	25	0.0003
Sabe cubicar madera en pie	7	15	0.0535
Pediría crédito para plantar maderables	31	29	0.6831
Vendió madera de su finca	14	12	0.6484
Conoce leyes forestales de la zona	21	7	0.0022

Menos de la mitad de los productores (17 asociaciones y 13 de cooperativas) vendió madera en los últimos cinco años. Los productores venden ($0.5 \text{ m}^3 \text{ finca}^{-1} \text{ año}^{-1}$) madera de las especies con mayor demanda en el mercado nacional de parquet (piezas de madera para piso). Toda la madera vendida procede del bosque y la especie mejor pagada es *S. macrophylla* (US\$250/m³), seguida de quina-quina- *Myroxylum balsamun-* (US\$100/m³), *C. ochroxylum* y *A. cearensise* (US\$80/m³ cada una). Otras especies como *Hymenaea courbaril*, *Virola flexuosa*, *Juglans boliviana* y *Terminalia oblonga* se aprovechan a escala doméstica aunque su demanda en el mercado de parquet está creciendo (PIAF 2001).

Los productores no respetan los diámetros mínimos de corta establecidos por la Superintendencia Forestal para el aprovechamiento de especies maderables en sus fincas. Los árboles se aprovechan en emergencias familiares o en otras eventualidades. Los ingresos por la venta de madera son utilizados para gastos de educación, salud, transporte, vivienda, compra de herramientas y de otros insumos agrícolas. La madera se procesa con motosierra en la finca y se vende en cuarterones de dimensiones variables, lo que facilita el arrastre y la carga de la madera hasta el punto de venta.

3.8 Manejo de los árboles

Los productores dan poco manejo silvicultural a los árboles, sin embargo; el 48% de los maderables -principalmente los de diámetros menores- presentan fustes rectos (Cuadro 9). El restante 52% evidencia problemas de forma y ramificación baja (desde los 2.5 m) por falta de podas, lo que produce trozas de poca longitud y reduce la calidad de la madera. Las especies con mejor forma de fuste fueron *S. parahyba*, *Piptademia buchtienii*, *C. ochroxylum* y *Hura crepitans*.

Cuadro 9. Número de árboles maderables con diferentes clases de fuste y por clase diamétrica inventariados en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Forma del fuste	Clase diamétrica (cm)					Total
	10<20	20<30	30<40	40<50	≥50	
Fuste recto	505	412	164	146	110	1337
Fuste poco sinuoso	397	264	87	48	43	892
Fuste muy sinuoso	19	14	2	0	0	35
Total	921	690	253	194	153	2211

La desyerba o chapea (dos a tres veces por año) aplicada al cacao, banano y cítricos beneficia a los maderables asociados (Cuadro 10). Los productores de asociaciones plantan más árboles maderables que los de cooperativas, pero estos manejan mejor sus árboles que los primeros. Los productores que manejan la regeneración natural de maderables en las fincas han recibido capacitación o han trabajado con madera.

Cuadro 10. Número de productores que aplican diferentes prácticas de manejo a los árboles en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Actividades	Tipo de productor		Valor de p
	Asociación (n=50)	Cooperativa (n=50)	
Siembra maderables	41	31	<0.0001
Desyerba	43	30	0.0034
Maneja la regeneración natural	18	10	0.0426
Ralea	1	6	0.0468
Poda los árboles	8	20	0.0075
Controla plagas y enfermedades	4	2	0.3997
Maneja los rebrotes	0	1	0.3149
Elimina bejucos	1	4	0.1687

Fertiliza los árboles	1	0	0.3149
-----------------------	---	---	--------

El ataque de *Hypsipyla grandella* y de hormigas cortadoras (*Atta* spp.) (45 y 38%, respectivamente), la caída de ramas y árboles que dañan al cacao (22%) y el exceso de sombra (14%) fueron los principales problemas mencionados por los productores. *S. parahyba* y vilca (*Piptademia anadenantera*), abundantes en los cacaotales y bananales, son las especies más susceptibles a volcamiento, caídas de ramas o rajaduras del tronco por el viento.

El 98% de los productores muestra interés en enriquecer sus fincas con maderables, pero afirman que necesitan apoyo externo en la producción de plantas forestales (90%), asistencia técnica (95%) y herramientas (50%). Propietarios de fincas alejados de caminos prefieren semillas para producir sus propias plantas (Cuadro 11). El crédito y los fertilizantes son menos preferidos. Los productores demandan asistencia técnica y capacitación en la siembra y manejo de maderables en las áreas agrícolas de sus fincas, combate de plagas y enfermedades, podas y raleos, identificación de especies maderables, recolección y tratamiento de semillas.

Cuadro 11. Número de productores que requieren apoyo para plantar maderables en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Tipo de apoyo	Tipo productor		Valor de p
	Asociación (n=50)	Cooperativa (n=50)	
Asistencia técnica y capacitación	47	47	>0.9999
Plantines	40	50	0.0004
Semillas	18	2	<0.0001
Herramientas	12	38	<0.0001
Crédito	6	1	0.0500
Fertilizantes	1	0	0.3149

3.9 Contraste entre las metodologías

Se registró un número similar de individuos para 30 de las 54 especies identificadas en los inventarios ($p \geq 0.05$) de campo y talleres. Las especies más abundantes en las fincas y con mayor mercado en la zona (*S. macrophylla*, *Shyzolobium parahyba*, *C. odorata*, *A. ceaerensis*, *Centrolobium ochroxylum*, *J. boliviana*, *H. courbaril*, *M. balsamun*, *T. oblonga*, *P. buchtienii*) fueron las especies registradas en similar cantidad. Especies de regeneración natural menos abundantes en las fincas, poco conocidas por los productores y con menor oportunidad de mercado se registraron en cantidades diferentes con ambas metodologías ($P \leq 0.05$).

El número de especies y número total de individuos maderables registrados fue similar entre ambas metodologías (Cuadro 12). Sin embargo; en los talleres, los productores subestimaron en promedio la riqueza de especies en 1 especie finca⁻¹ y sobrestimaron el total de individuos maderables en 5 árboles finca⁻¹. Los productores conocen más la riqueza y densidad de maderables en las parcelas de cacao, cítricos y banano que otros usos del suelo. Con 212 inventarios (100 inventarios de campo y 62 en talleres) los intervalos de confianza al 95% para las variables de riqueza de especies y número total de individuos son 3.29-5.17 especies ha⁻¹ agrícola finca⁻¹ y 4-15 árboles ha⁻¹ agrícola finca⁻¹, respectivamente.

Cuadro 12. Número de especies e individuos por hectárea agrícola registrados en los inventarios de campo y talleres con productores en Alto Beni, Bolivia.

Variable	Tipo de inventario		Valor de p
	En campo	En talleres	
Número de especie ha ⁻¹ agrícola finca ⁻¹	5 (1-12)	6.5 (3-15)	0.0572
Número de individuos ha ⁻¹ agrícola finca ⁻¹	10 (0-15)	12 (5-20)	0.0812

IV DISCUSIÓN

4.1 Diversidad de maderables en las fincas del Alto Beni

La riqueza y densidad de maderables en las áreas agrícolas de las fincas del Alto Beni son bajas y muy variables, ya que se encontraron fincas desprovistas de maderables hasta fincas con 120 individuos en total. Solamente se registraron 54 de las 83 especies maderables identificadas como maderables alternativos para enriquecer las fincas en el Alto Beni (Milz 2001, PIAF 2002). Tres de las especies más abundantes en las fincas y con mayor valor comercial (*S. macrophylla*, *C. odorata* y *A. cearensis*) han sido las más explotadas comercialmente en Alto Beni.

Huertos caseros, cacaotales y bananales presentaron mayor densidad y riqueza de maderables que otros usos del suelo en las fincas del Alto Beni (3.33 árboles ha⁻¹ y 5 especies ha⁻¹ agrícola, respectivamente) lo que reduce la posibilidad a los productores de obtener ingresos por la venta de madera. En contraste, en los cacaotales y bananales de varias regiones del trópico se reporta gran diversidad de especies maderables en el dosel de sombra a densidades mayores a las registradas en las fincas del Alto Beni (10 y 70 árboles ha⁻¹) las cuales generan ingresos económicos sustanciales a los productores (Herzog 1994, Leakey 1998, Matos *et al* 2000, Duguma *et al* 2001, Giracocha *et al* 2001, Suarez 2001, Somarriba *et al* 2001, Somarriba *et al* 2003, Suatunce *et al* 2003, Anim-Kwapon 2003, Bentley *et al* 2004, Asare 2005).

Por ejemplo, en los países cacaoteros de la costa oeste de África (Ghana, Nigeria, Camerun y Costa de Marfil) se manejan varias especies maderables nativas como sombra. La mayoría de los árboles son plantados y se manipulan sus densidades (15-70 árboles ha⁻¹) en las plantaciones para proveer sombra al cacao la mayor parte del año, además de proveer madera para la venta, reparación de casas, elaboración de muebles, herramientas e instrumentos musicales (Herzog 1994, Leakey 1998, Duguma *et al* 2001, Anim-Kwapon 2003, Asare 2005).

En los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica, los doseles de sombra del 34% de las fincas cacaoteras tienen árboles maderables (*C. alliodora* y *C. odorata*) aprovechables remanentes del bosque original o de la regeneración natural (Somarriba y Harvey 2003). Los árboles son la principal fuente de madera para la venta, construcciones domésticas y botes (Suárez 2001) generando ingresos cercanos a los US\$ 334 árbol⁻¹ año⁻¹ (Ryan *et al* 2003).

Los cafetaleros y cacaoteros del Estado de Paraná (23°23' S y 51°11' W) en el sureste de Brasil protegen sus cultivos de las fuertes heladas con fajas de árboles de bracatinga *Mimosa scabrella*, *Grevillea robusta* y *Eucalytus* spp a densidades de 250, 83 y 50 árboles ha⁻¹. Se estima que el volumen de madera oscila entre 4 y 23.78 m³ ha⁻¹ (Caramori *et al* 1996). En Belice, los productores cacaoteros obtienen ingresos anuales por la venta de árboles en pie de *Cedrela odorata* superiores a los US\$ 130 árbol⁻¹ (Somarriba 1998).

Plantaciones de cítricos, platanales y cafetales fueron otros usos en las fincas del Alto Beni donde se asocian árboles maderables a densidades muy bajas (3-6 árboles ha⁻¹). Cifras similares se reportan en cafetales con sombra en México, Centro y Suramérica. (Escalante 1987, Mussark y Laarman 1989, Caramori *et al* 1996, Galloway y Beer 1997, Llanderal y Somarriba 1999, Bonilla y Somarriba 2000, Soto-pinto 2001, Escalante y Somarriba 2001, Yépez 2002, López *et al* 2003, Orozco *et al* 2005). En las plantaciones de papaya (*Carica papaya*), pastizales y parcelas de granos de las fincas del Alto Beni se manejan pocos maderables (1-2 árbol ha⁻¹). En contraste, fincas de pequeños productores en Centroamérica y África manejan en forma dispersa maderables en las parcelas agrícolas a mayores densidades y con buenos rendimientos de los cultivos y de los maderables. Por ejemplo, en Honduras y Guatemala se cultiva *Z. mays*- en asocio con *Senna guatemalensis* y *Mimosa tenuiflora*- (Kass *et al* 1993). En Turrialba, Costa Rica; *C. alliodora*- es común en la producción itinerante de hortalizas (Somarriba 1999). Frecuentemente se asocian maderables como *C. odorata* y *Pachira quinata* en las plataneras de la Isla de Ometepe, en el Lago de Nicaragua y *Cedrela tonduzzi* en parcelas

de *Solanum tuberosum* en Pacayas, Costa Rica (Somarriba 1999) donde los productores obtiene la madera para la reparación de casas o venta local.

En el municipio de Ilobasco, El Salvador, es común observar árboles maderables de *T. rosea*, *Simarouba glauca*, *Diphysa americana*, *Cedrela. odorata*, *Genipa americana* y *C. alliodora* dispersos dentro de parcelas de *Sorghum bicolor* y *Phaseolus vulgaris* que brindan madera, leña y carbón a los propietarios (García et al 2001). En las regiones semiáridas de Kenia (500 mm año⁻¹) el 70% de los productores plantan y manejan la regeneración natural de *Grevillea robusta*, *Senna spectabilis*, *Melia volkensii* y *Markhamia lutea* dentro de sus parcelas de *Z. maíz* y *Oriza sativa*. Los árboles se aprovechan a los 5 años de edad con un rendimiento volumétrico promedio de 0.15 m³ árbol⁻¹ y un precio de venta por metro cúbico de US\$80 (Tefera et al 2001).

4.2 Conocimiento silvicultural de los productores

Con base en observaciones de campo y de entrevistas abiertas se puede afirmar que los productores del Alto Beni tienen poco conocimiento sobre la siembra y manejo de maderables y quizás por eso es común observar árboles con ramificación baja, poca iluminación, bifurcados y con fuste sinuoso los que afecta la calidad de la madera. El dominio de las técnicas silviculturales como raleo, poda y manejo de regeneración natural por parte de los productores que participan en proyectos de reforestación es primordial para asegurar el éxito de las plantaciones (Morrobel 1989, Gonzáles y Fisher 1994, Butterfield 1996, Browder *et al* 1996, Calvo y Meléndez 1997, Haggard *et al* 1998, Carnevale y Montagnini 2002, Piotta *et al* 2002, Fisher y Vasseur 2002, Beer *et al* 2003 Carpenter *et al* 2004).

El manejo de la regeneración natural en las fincas del Alto Beni es mínimo, porque los productores no conocen las especies maderables en estado brinzal o latizal. La capacitación y asistencia técnica de la Central de cooperativas “El Ceibo” para el manejo de maderables en fincas -tales como identificación de especies- están dirigidas solamente

a productores de cooperativas, lo que deja a los productores no cooperativistas sin esos conocimientos. En contraste, colonizadores de la región amazónica de Rondonia en Brasil y agricultores del Puerto de San Lorenzo en Paraguay dotados de conocimiento silviculturales han reforestado exitosamente sus fincas por medio de la selección y reclutamiento de maderables de la regeneración natural y plantaciones de enriquecimiento con especies nativas (Peck y Bishop 1992, Grauel 1998, Browder y Pedlowski 2000, Summers *et al* 2004, Bowder *et al* 2005). Similares resultados se reportan en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá donde el establecimiento de ensayos agroforestales en fincas de productores y la capacitación y asistencia técnica por parte del proyecto agroforestal CATIE/GTZ dió a los productores los conocimientos silviculturales para manejar maderables valiosos en cacaotales, bananales y huertos caseros de sus fincas (Current y Scherr 1995, Matos *et al* 2000, Somarriba *et al* 2001, Fisher y Vasseur 2002, Piotto *et al* 2003, Summers *et al* 2004).

4.3 Las metodologías

Los datos del inventario de maderables obtenidos en talleres dependen directamente de la planificación del evento, la memoria y disposición del productor de colaborar y el dominio de la metodología por parte de los investigadores. La aplicación de la metodología de talleres con productores del Alto Beni (con el croquis de la finca y tarjetas de árboles) permitió inventariar las especies y sus abundancias de un gran número de fincas en forma confiable y en poco tiempo. Varios investigadores agroforestales respaldan la confiabilidad de las metodologías participativas para obtener información rápida, cuantiosa y precisa sobre el uso y manejo de árboles en fincas (Debrabandare y Clarke 1995, Linkimer 2001, Yépez 2002, Koku 2002, Trujillo *et al* 2003, Kuntashula y Mafongoya 2005). El conocimiento local es una fuente confiable para recopilar información sobre la ecología y fenología de especies arbóreas (Schulz *et al* 1994, Samaniego y Lok 1998, Teklehaimanot *et al.* 2001, Bentley *et al* 2004).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La densidad y riqueza de maderables en las áreas agrícolas de las fincas del Alto Beni son bajas. *Swietenia macrophylla*, *Shizolobium parahyba*, *Cedrela odorata* y *Amburana cearensis* fueron las especies más abundantes, gracias a que se utilizan tradicionalmente, tiene mercados atractivos y son promovidas por los proyecto agroforestales en la zona.
- A pesar de los incentivos y la asistencia técnica que recibieron los productores de cooperativas la diversidad de maderables en sus fincas no difirió de las fincas de productores asociados. La mayor densidad y riqueza de maderables ocurrió en los huertos casero, cacaotales y bananales. La mayoría de las especies son nativas; solamente se registraron cuatro especies exóticas (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp.).
- Los productores del Alto Beni conocen la diversidad de especies maderables que existe en los campos agrícolas de sus fincas, principalmente en cacaotales y bananales, sin embargo su conocimiento sobre la siembra y manejo de maderables es limitado pero están dispuestos a reforestar las fincas con apoyo externo que les provean de plantines, capacitación y asistencia técnica.
- El uso de talleres con productores para inventariar de forma rápida, cuantiosa y precisa la riqueza y densidad de maderables en las fincas del Alto Beni es una herramienta fácil y de bajo costo.
- Se recomienda enriquecer las fincas con especies maderables nativas y exóticas de rápido crecimiento y buen mercado y capacitar a los productores en el diseño, plantación y manejo de maderables. Se sugiere enfatizar la capacitación en identificación de especies maderables, podas de formación, raleos, arreglo y diseño de maderables en sistemas agroforestales y manejo de la regeneración natural.

VI. LITERATURA CITADA

- Asare, R. 2005. Cocoa Agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems. Forest & Landscape Working Papers no. 6. Danish Centre for Forest, Landscape and Planning. England. 89 p.
- Anim-Kwapong, G.J. 2003. Potential of some Neotropical Albizia species as shade trees when replanting cocoa in Ghana. Agroforestry Systems 58: 185-193.
- Bonilla, G; Somarriba, E. 2000. Tipologías cafetaleras del Pacífico de Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 7 (26): 27-29.
- Bentley, J; Boa, E; Stonehouse, J. 2004. Neighbor trees: shade, intercropping and cacao in Ecuador. Human Ecology 33 (2): 241-270.
- Beer, J; Ibrahim, M; Somarriba, E; Barrance, A; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. En Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Eds: Cordero, J; Boshier, D.H. OFI-CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 198-242.
- Butterfield, R. 1996. Early species selection for tropical reforestation: a consideration of stability. Forest Ecology and Management 81: 161-168.
- Blanes, J. 1983. De los valles al Chapare: estrategias familiares en un contexto de cambio. La Paz: HISBOL. 85 p. En línea. Consultado el 10 de julio del 2005. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara/capitulo8.htm>.
- Browder, J.O; Aparecido, E.T; Soares Abdala, W.B. 1996. Is sustainable tropical timber production financially viable? A comparative analysis of mahogany silviculture among small farmers in the Brazilian Amazon. Ecological Economics 16: 149-157.
- Browder, J.O; Pedlowski, M.A. 2000. Agroforestry performance on small farms in Amazonia: findings from the Rondonia agroforestry pilot project. Agroforestry systems 49: 63-83.
- Browder, J.O; Wynne, R.H; Pedlowski, M.A. 2005. Agroforestry diffusion and secondary forest regeneration in the Brazilian Amazon: further findings from the Rondonia Agroforestry Pilot Project (1992-2002). Agroforestry System (2005) 65:99-111.
- Caramori, P.H; Androcioli, F; Leal, A.C. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. Agroforestry Systems 33:205-214.
- Castillo, A; Campen, R. 1981. Agricultura y subsistencia en el Norte de La Paz. En: Apuntes sobre la colonización. Consultado 10 de julio del 2005. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara/capitulo8.htm>.
- Carpenter, L; Nichols, D; Sandi, E. 2004. Early growth of native and exotic trees planted on degraded tropical pastures. Forest Ecology and Management 196: 367-378.
- Carnevale, J; Montagnini, F. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use on mixed and pure plantation of indigenous trees species. Forest Ecology and Management 163: 217-227.
- Calvo, G; Meléndez, L. 1999. Pseudoestacas de laurel para el enriquecimiento de cacaotales. Agroforestería en las Américas 6(22):25-27.
- Current, D; Sherr, J. 1995. Farmers costs and benefits from agroforestry and forestry projects in Central America and the Caribbean: implication for policies. Agroforestry Systems 30: 87-103.

- COTESU. 1981. "La colonización del Alto Beni". En: Apuntes sobre colonización. Consultado 20 de junio 2005. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/aymara/capitulo8.htm>.
- Debrabandere, R y Clarke, J. 1995. Participatory extension tools for planning village-based tree nurseries: a case study from Mutoko District, Zimbabwe. *Forests, Trees and People* 26/27: 37-44.
- Duguma, B, Gockowski, J; Bakala, J. 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao*) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: challenges and opportunities. *Agroforestry Systems* 51: 177-188.
- Escalante, E. 1987. Promising agroforestry systems in Venezuela. *Agroforestry Systems* 3: 209-221.
- Escalante, M; Somarriba, E. 2001. Diseño y manejo de cafetales en el Occidente de El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 8-16.
- FAO. 1998. La Agroforestería en Bolivia. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Oficina Regional de la FAO, Santiago, Chile. 48 p.
- Fisher, A; Vasseur, L. 2002. Smallholder perceptions of agroforestry projects in Panama. *Agroforestry Systems* 54:103-113.
- Galloway, G.; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico (CATIE) # 285. 168 p.
- García, E.; Jaime, M.; Mejía, B.; Guillén, L.; Harvey, C. 2001. Árboles dispersos dentro de cultivos anuales en el municipio de Ilobasco, El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 8 (31): 39-44.
- Guiracocha, G; Harvey, C.A; Somarriba, E; Krauss, U; Carrillo, E. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 7-11.
- González,E.; Fisher, R.1994. Growth of native forest species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 70: 159-167.
- Grael, B. 1998. Regeneration of farmer's woodlots: learning with farmers in Puerto San Lorenzo, Paraguay. *Forest, Trees and People* 30: 15-17.
- Haggar, J; Buford C; Butterfield, R. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management* 105: 195-203.
- Harvey, C; Haber, W. 1998. Remnant trees and conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44:37-68.
- Herzog, F. 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d'Ivoire. *Agroforestry Systems* 27: 259-267.
- Ibrahim, M. 1997. Los ganaderos de América Latina: ¿Podrían convertirse en los reforestadores del nuevo milenio? *Agroforestería en las Américas*. 4 (15): 2-3.
- Infostat. 2004. Infostat versión 2004. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Kass, D.; Foletti, C.; Szott, L.; Landaverde, L.1993. Traditional fallow systems of the Americas. *Agroforestry Systems*. 22 (2/3): 207-218.
- Koku, J.E. 2002. Tree planting, local knowledge and species preferences in the South Tongu District of Ghana: Some perspectives. *GeoJournal* 57: 227-239.
- Kuntashula, E; Mafangoya, P. 2005. Farmer participatory evaluation of agroforestry trees in eastern Zambia. *Agricultural Systems* 84: 39-53.

- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Editorial GTZ. 200 p.
- Linkimer, A.M. 2001. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M.sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 117 p.
- Llenderal, T; Somarriba, E. 1999. Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6(23). 30-32.
- López, A; Orozco, L; Somarriba, E; Bonilla, G. 2003. Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38): 74-79.
- Leakey, R.B. 1998. Agroforestry in the humid lowlands of West Africa: some reflections on the future directions for research. *Agroforestry Systems* 40: 253-262.
- Matos, E; Beer, J; Somarriba, E; Gomez, M; Current, D. 2000. Validación, adopción inicial y difusión de tecnología agroforestal en cacaotales con indígenas Ngobe, Panamá. *Agroforestería de las Américas* 7 (26): 7-9.
- Morrobél, J.C. 1989. Comportamiento de *Acacia mangium* en diferentes sistemas de plantación manejados por pequeños agricultores en Zambrana, Cotui, República Dominicana. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 85 p.
- Mussak, F.M; Laarman, J.G. 1989. Farmer's production of timber trees in the cocoa-coffee region of coastal Ecuador. *Agroforestry Systems* 9:155-170.
- Milz, J; Brugoni, I; Frere, L; Peigné, A. 1995. Alternativas de producción en la Selva Tropical Húmeda. Actas Seminario Taller Internacional. La Paz, Bolivia. 115 p.
- Milz, J. 2001. Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque. DED (Servicio Alemán de cooperación social-técnica), CARE-MIRNA. Editorial Desing. La Paz, Bolivia, 91 p.
- Peck, R.B; Bishop, J.P. 1992. Management of secondary trees species in agroforestry systems to improve production sustainability in Amazonian Ecuador. *Agroforestry Systems* 17:56-63.
- Piotto, D; Montagnini, F; Kanninen, M, Ugalde, L; Viquez, E. 2002. Comportamiento de las especies y preferencia de los productores: plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana* 38:59-66.
- Piotto, D; Montagnini, F; Ugalde, L; Kanninen, M. 2003. Performance of forest plantation in small and medium-sized farms in the Atlantic lowland on Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 175: 195-204.
- PIAF (Proyecto de investigación agroecológica y forestal-El Ceibo). 2000. Guía de especies forestales del Alto Beni. PIAF-El Ceibo. Editorial DED-Bolivia. 196 p.
- PIAF (Proyecto de investigación agroecológica y forestal-El Ceibo). 2001. Boletín de usos de especies forestales: fenología de especies (época de floración y fructificación) datos silviculturales y lista de usos de las especies forestales del Alto Beni. PIAF-El Ceibo. Editorial DED-Bolivia. 24 p.
- PIAF (Proyecto de investigación agroecológica y forestal-El Ceibo). 2002. Catálogo de maderas alternativas en la zona de Alto Beni. Editorial DED-Bolivia. 68 p.
- Ryan D; Bright G. A; Somarriba E. 2003. Daño al cacao (*Theobroma cacao*) por el aprovechamiento de *Cordia alliodora* en cacaotales indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38): 42-45.

- Samaniego, G y Lok, R. 1998. Valor de la percepción y del conocimiento local de indígenas Ngöbe en Chiriquí, Panamá. *Agroforestería en las Américas* 5 (17-18): 12-16.
- Sánchez, J; Dubón, A. 2001. Efecto del uso de especies no tradicionales como sombra permanente en el cultivo de cacao. En: FHIA Programa de Cacao y Agroforestería. La Lima, Cortés, Honduras. Informe técnico 2001. p 7-15.
- Schelhas, J; Janhtzi, T; Kleppner, C; O'Connor, K; Thancher, T. 1997. Meeting farmers needs through forest stewardship. *Journal of Forestry* 95 (2):33-38.
- Schulz, B; Becker, B; Gotsch, E. 1994. Indigenous Knowledge in a “modern” sustainable agroforestry systems: a case study from eastern Brazil. *Agroforestry Systems*. 25:59-69.
- Suatunce, P; Somarriba, E; Harvey, C; Finegan, B. 2003. Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38). 31-35.
- Suárez, I.A. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba. C.R. 74 p.
- Summers, P.M; Browder, J.O, Pedlowski, M.A. 2004. Tropical forest management and silvicultural practices by small farmers in the Brazilian Amazon: recent farm-level evidence from Rondonia. *Forest Ecology and Management* 192:161–177.
- Somarriba, E. 1998. Timber species to replace existing non commercial shade trees in cocoa plantations in Toledo, Belize. In: *Agroforestry Prototypes for Belize*. Ibrahim, M; Beer, J (Eds). Serie Técnica. Informe Técnico # 28. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 45-50.
- Somarriba, E.1999. Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. *Agroforestería en las Américas* 6 (24): 31-35.
- Somarriba, E; Valdivieso, R; Vásquez, W; Galloway, G.2001. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 51: 111–118.
- Somarriba, E; Stoian, D; Zelada, E; Palencia, G.2002. Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 69 p. (documento del proyecto).
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38): 12-17.
- Somarriba, E; Trivelato, M; Villalobos, M; Suárez, A; Benavides, P; Moran, K; Orozco, L; López, A. 2003. Diagnóstico agroforestal de pequeñas fincas cacaoteras orgánicas de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38): 24-30.
- Soto-Pinto, L; Roero-Alvarado, Y; Caballero-Nieto, J; Segura Warnoltz, G. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49 (3-4): 977-987.
- Trujillo Córdova, L; Somarriba, E; Harvey, C.A. 2003. Plantas útiles en las fincas cacaoteras de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38): 36-41.

- Tefera, A.C; Mathuva, M.N; Atta-Krah, F. 2001. Farmer-participatory evaluation of *Grevillea robusta* in boundary plantings in semi-arid Kenya. *Forest Trees and Livelihoods* 11: 13-27.
- Teklehaimanot, Z; Millat E; Mustafa, M; May, J.B. 2001. Farmers' ecological knowledge about homegardens production systems in Bangladesh. *Forests, Trees and Livelihoods* 11 (1): 67-79.
- Vega, L. 1995. Pautas para el manejo de Bosques Tropicales Húmedos Integrado al Desarrollo Rural en las Zonas de Colonización de Bolivia. En: Actas seminario Taller Internacional Alternativas de producción en selva tropical húmeda: Las aplicaciones para las zonas de colonización Alto Beni-Yucumo-Rurrenabaque. La Paz, Bolivia. p: 136-154.
- Viera, C.J; Kopsell, E; Beer, J; Lok, R; Calvo, G. 1999. Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales. *Agroforestería en las Américas* 6(23): 21-23.
- Yépez, P.C. 2002. Cómo diversificar la sombra en cafetales con criterios locales de selección? *Agroforestería en las Américas* 9 (35-36): 95-98.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de la encuesta e inventario aplicados en Alto Beni, Bolivia.

Proyecto Modernización de la Cacaocultura orgánica en Alto Beni, Bolivia

I. Información general

1. Finca: _____
2. Fecha: _____
3. Nombre encuestador: _____
4. Nombre productor: _____
5. Área colonización: _____
6. Comunidad: _____
7. Área total del lote (ha): _____
8. ¿Tiene título de propiedad: SI _____ NO _____
9. ¿Desde hace cuantos años trabaja el lote como propio: _____
10. ¿Cuántos lotes tiene? _____
11. ¿Cuánto cree que vale su lote (puede ser en US\$ por ha o por área total) _____

Ubicación geográfica y altitud

Coordenadas: _____ Altitud (m) _____

II. Manejo de los árboles

12. ¿Qué manejo le da a los árboles maderables?: Marcar con X la actividad y anotar las razones que mencione el productor.

Actividad	Marcar con x	Frecuencia	Comentario
Siembra maderables			

Ralea			
Poda los árboles			
Controla plagas y enfermedades			
Desyerba			
Maneja los rebrotes			
Elimina bejucos			
Maneja la regeneración natural			

13. ¿Qué problemas ve con tener maderables en el lote?

14. ¿Ha recibido asistencia técnica para la siembra y manejo de maderables en la finca?

15. ¿Ha recibido incentivos para sembrar maderables en su finca? Si __, No __, Porqué?

16. ¿Ha trabajado con madera antes? SI ____, NO __ (tala dirigida)

17. ¿Ha vendido madera del lote? Si _____ No _____

Especie	Año de corta	Cantidad (pies tablares)	Precio (Bolivianos/pie tablar)	Uso de suelo

18. ¿Que pasos debe seguir para cortar y vender madera de su lote?

19. ¿Sabe cubicar madera en pie? Si __ No __, Porqué?

20. ¿Qué tipo de apoyo quisiera recibir para sembrar maderables en su lote?

Tipo apoyo	Marcar con x	Comentario
Crédito		

Semilla		
Árboles		
Herramientas		
Fertilizantes		
Asistencia técnica		
Otros insumos		

21. ¿Pediría crédito para sembrar maderables? Si_____ No_____, Porqué?

22. Por qué razones planta o mantiene maderables en su finca.

Razones	Marcar con x	Comentario
Consumo en la finca		
Venta local		
Sombra para cacao		
Valoración del lote		
Fuente de semilla		
Tradición o valor cultural		

III- Inventario de maderables con Dap > 10 cm en las parcelas agrícolas de la finca.

Árbol	Especie	Dap (cm)	Ht (m)	Hc(m)	Form a	Edad (años)	Uso de suelo	Origen s/rn
1								
2								

Ht: altura total, Hc: altura comercial, p: plantado y rn; regeneración natural.

Anexo 2. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies maderables por familia botánica registradas en as fincas cacaoteros del Alto Beni, Bolivia.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	IVI %	Frecuencia %	Total de individuos	Densidad (árboles ha⁻¹)
Toco blanco	<i>Schyzolobium parahyba</i>	Caesalpinaceae	61.5	10.25	383	0.624
Mara	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	48.7	11.44	527	0.858
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	Papilionaceae	18.7	7.43	183	0.298
Huasicucho	<i>Centrolobium ochroxylum</i>	Papilionaceae	16	6.98	128	0.208
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	15.9	6.68	125	0.204
Toco colorado	<i>Piptademia buchtienii</i>	Papilionaceae	14.7	5.2	81	0.132
Verdolago	<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	10.7	4.16	67	0.109
Flor de Mayo	<i>Ceiba speciosa</i>	Bombacaceae	8.94	3.26	40	0.065
Palo zapallo	<i>Sterculia apetala</i>	Esterculaceae	8.57	3.26	36	0.059
Huayruro	<i>Ormosia sp</i>	Caesalpinaceae	8.25	3.56	50	0.081
Laurel amarillo	<i>Nectandra angusta</i>	Lauraceae	7.93	4.01	45	0.073
Picana negra	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	7.75	2.82	76	0.124
Cedrillo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	7.06	2.08	30	0.049

Colomero	<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	6.24	2.08	61	0.099
Nogal	<i>Juglans boliviana</i>	Juglandaceae	6.16	2.82	51	0.083
Quina-quina	<i>Myroxylon balsamun</i>	Papilionaceae	6.06	2.82	44	0.072
Teca	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	5.19	1.93	47	0.077
Guazumo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	3.76	1.48	20	0.033
Paquíó	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpinaceae	3.69	2.08	25	0.041
Solemán	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	3.43	1.48	17	0.028
Ajo-ajo	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	3.01	1.63	17	0.028
Leche-leche	<i>Sapium marmieri</i>	Euphorbiaceae	2.84	1.18	11	0.018
Tarara	<i>Platymiscium fragans</i>	Papilionaceae	2.69	0.89	21	0.034
Bibosi blanco	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	2.64	1.04	2	0.003
Gabetillo	<i>Aspidosperma rigidum</i>	Apocynaceae	1.67	0.891	10	0.016
Momoqui	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Caesalpinaceae	1.56	0.891	11	0.018
Isigo	<i>Tetragastris alitisima</i>	Burseraceae	1.32	0.29	4	0.007
Blanquio	<i>Zanthoxylum sp</i>	Rutaceae	1.29	0.29	7	0.011
Guayabochi	<i>Calycophyllum</i>	Rubiaceae	1.24	0.74	5	0.008

	<i>spruceanum</i>					
Gabú	<i>Virola flexuosa</i>	Myristicaceae	1.2	0.594	6	0.01
Cuchi	<i>Astronium urundeuva</i>	Anacardiaceae	1.16	0.74	6	0.01
Guitarreo	<i>Schefflera morototoni</i>	Euphorbiaceae	0.98	0.29	6	0.01
Cuta	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	0.93	0.44	6	0.01
Vilca	<i>Piptademia anadenantera</i>	Tiliaceae	0.88	0.44	5	0.008
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Verbenaceae	0.78	0.14	11	0.018
Limoncillo	<i>Bogambilla sp</i>	Nyctaginaceae	0.72	0.14	4	0.007
Goma	<i>Hevea brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	0.66	0.29	3	0.005
Bibosi colorado	<i>Ficus killipii</i>	Moraceae	0.56	0.29	10	0.016
Mascajo	<i>Claricia racemosa</i>	Moraceae	0.47	0.297	3	0.005
Sululo	<i>Sapindus saponaria</i>	Sapotaceae	0.47	0.297	2	0.003
Leche de perro	<i>Brosimum lactescens</i>	Moraceae	0.44	0.14	4	0.007
Tajibo	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	0.44	0.29	2	0.003
Corocho	<i>Poulsenia armata</i>	Moraceae	0.43	0.14	2	0.003
Cedro beniano	<i>Cabralea canjereana</i>	Meliaceae	0.42	0.29	2	0.003
Topero	<i>Aspidosperma</i>	Apocynaceae	0.36	0.28	3	0.005

	<i>macrocarpa</i>					
Huevo de potro	<i>Porcelia ponderosa</i>	Annonaceae	0.26	0.14	1	0.002
Jorori	<i>Swartzia jorori</i>	Papilionaceae	0.24	0.14	1	0.002
Palo maría	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guttifereae	0.21	0.14	1	0.002
Sangre de toro	<i>Otoba parvifolia</i>	Myristicaceae	0.21	0.14	1	0.002
Ajipa	<i>Pentaplaris davidsmithii</i>	Tiliaceae	0.21	0.14	2	0.003
Huevo de perro	<i>Leonia crassa</i>	Violaceae	0.21	0.148	1	0.002
Coquino	<i>Pouteria nemorosa</i>	Sapotaceae	0.2	0.14	2	0.003
Kara-kara	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Caesalpinaceae	0.2	0.14	1	0.002
Almendrillo	<i>Dypterix odorata</i>	Papilionaceae	0.2	0.14	2	0.003

Anexo 3. Especies maderables registradas en los talleres participativos con productores del Alto Beni, Bolivia.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Total de individuos	Densidad (árboles ha⁻¹)
Mara	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	1476	1.6735
Toco blanco	<i>Schyzolobium parahyba</i>	Caesalpinaceae	684	0.7755
Huasicucho	<i>Centrolobium ochroxylum</i>	Papilionaceae	567	0.6429
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	Papilionaceae	402	0.4558
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	355	0.4025
Toco colorado	<i>Piptademia buchtienii</i>	Papilionaceae	228	0.2585
Quina-quina	<i>Myroxylum balsamun</i>	Papilionaceae	182	0.2063
Paquíó	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpinaceae	135	0.1531
Palo maría	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guttifereae	130	0.1474
Teca	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	92	0.1043
Flor de mayo	<i>Ceiba speciosa</i>	Bombacaceae	86	0.0975
Nogal	<i>Juglans boliviana</i>	Juglandaceae	80	0.0907
Huayruro	<i>Ormosia spp</i>	Papilionaceae	58	0.0658
Goma	<i>Hevea brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	56	0.0635
Momoqui	<i>Caesalpinia pluiosa</i>	Caesalpinaceae	54	0.0612
Sangregrado	<i>Croton draconoides</i>	Euphorbiaceae	38	0.0431
Laurel amarillo	<i>Nectandra angusta</i>	Lauraceae	36	0.0408
Colomero	<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	31	0.0351
Vilca	<i>Piptademia anadenantera</i>	Papilionaceae	31	0.0351
Cedrillo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	29	0.0329
Soleman	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	29	0.0329
Ajo-ajo	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	19	0.0215
Verdolago	<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	16	0.0181
Palo zapallo	<i>Sterculia apetala</i>	Sterculiaceae	15	0.0170

Pinillo	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignonaceae	12	0.0136
Cuchi	<i>Astronium urundeuva</i>	Anacardiaceae	11	0.0125
Copaibo	<i>Copaifera reticulata</i>	Caesalpinaceae	10	0.0113
Bibosi colorado	<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	6	0.0068
Gabetillo	<i>Aspidosperma rigidum</i>	Apocynaceae	6	0.0068
Mara macho	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	6	0.0068
Mascajo	<i>Clarisia biflora</i>	Moraceae	6	0.0068
Topero	<i>Aspidosperma macrocarpa</i>	Apocynaceae	5	0.0057
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Verbenaceae	4	0.0045
Cuta	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	3	0.0034
Almendrillo	<i>Dypterix odorata</i>	Papilionaceae	2	0.0023
Cedro beniano	<i>Cabrlea canjereana</i>	Meliaceae	2	0.0023
Gabú	<i>Virola flexuosa</i>	Myristicaceae	2	0.0023
Jorori	<i>Swartzia jorori</i>	Papilionaceae	2	0.0023
Nispero	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	2	0.0023
Tapiro	<i>Guarea macrophylla</i>	Meliaceae	2	0.0023
Canelón	<i>Aniba canelilla</i>	Lauraceae	1	0.0011
Picana negra	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	1	0.0011
Leche-leche	<i>Sapium marmieri</i>	Euphorbiaceae	1	0.0011
Paraiso	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	1	0.0011
Pinillo	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignonaceae	1	0.0011
Tarara	<i>Plastymiscium fragans</i>	Papilionaceae	1	0.0011

Artículo 2. Enriquecimiento agroforestal de fincas cacaoteras con maderables valiosos en Alto Beni, Bolivia.

Resumen

Se evaluó utilizando metodologías participativas la demanda y preferencia de 212 productores de cacao organizados en Asociaciones y Cooperativas en Alto Beni, Bolivia, por especies maderables para enriquecer sus fincas. El número de especies, la cantidad de individuos y las tecnologías agroforestales preferidas por los productores se compararon entre tipos de organización. Se diseñaron cuatro intervenciones agroforestales para el enriquecimiento de una finca promedio y de las todas fincas, y se evaluó la factibilidad financiera de cada tecnología agroforestal propuesta por medio de los indicadores financieros del valor esperado de la tierra (VET) y el valor inmaduro del cultivo (VIC). Se realizó un análisis de sensibilidad para determinar los factores externos que afectaría la rentabilidad de cada tecnología agroforestal propuesta. Los productores solicitaron 60690 árboles de 50 especies para reforestar sus fincas. En promedio, los productores quieren plantar 363 árboles maderables por finca. Las especies más solicitadas fueron: *Centrolobium ochroxylum*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana caearensis*, *Cedrela odorata* y *Tectona grandis*. Enriquecimiento de cacaotales, plantaciones puras, plantaciones lineales y enriquecimiento de plantaciones de cítricos fueron los tipos de plantaciones preferidos por los productores. En plantaciones puras, cacaotales y cítricos, la densidad final incluyendo las densidad actual de maderables en las áreas agrícolas de las fincas será de 117, 40 y 25 y árboles ha^{-1} , respectivamente; en plantaciones lineales la densidad final será de 200 árboles km^{-1} . Enriquecimiento de cacaotales y cítricos fueron las tecnologías agroforestales más rentables para la finca promedio generando VET de US\$14557 y US\$7311, respectivamente. Las plantaciones forestales puras de las tres especies resultaron rentables. Solamente los linderos de *T. grandis* no fueron rentables. Variaciones en la tasa de descuento, productividad maderable y en los precios de venta del cacao y la madera son los factores que más afectan la rentabilidad de las tecnologías agroforestales propuestas para la finca promedio.

La reforestación de las de las 212 fincas cacaoteras del Alto Beni generará un VET de US\$2066065 correspondiente al establecimiento de 16475 árboles en 20 ha de cítricos, 230 ha de cacao, 30 ha de plantaciones puras y 13 km de plantaciones lineales para producir 5665 m³ de madera en los próximos 12-20 años. Los productores desean repoblar las fincas con maderables nativos porque están adaptados a la zona y hay mayor disponibilidad de semilla. Para lograr la participación activa de los productores en el plan de enriquecimiento agroforestal de las fincas del Alto Beni se recomienda el uso de incentivos forestales como plantas, semillas, herramientas, capacitación y asistencia técnica para el manejo de maderables en sistemas agroforestales.

Palabras clave: *Tecnologías agroforestales, preferencia, metodologías participativas, incentivos forestales, valoración de fincas, diseño técnico, talleres con productores.*

Abstract

Preference and demand of 212 farmers of cooperative and associative farms was registered in Alto Beni, Bolivia regarding timber species use for farm enrichment purposes, using participative methodologies. Number and quantity of species and preferred plantation systems were compared between different organizations of farmers. Four agroforestry interventions were technically designed for the enrichment of a typical farm and all studied farms and a financial analysis of each proposed intervention was evaluated through the use of financial indicators: land expected value (LEV) and immature crop value (IVC) A sensibility analysis was carried out to determine exterior factors affecting profitability of each of the proposed agroforestry systems. Farmers requested a total of 60690 individuals of 50 timber trees species to reforest farms. In average, farmers are willing to plant 363 timber trees in each farm. Most preferred species were *Centrolobium ochroxylum*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana cearensis*, *Cedrela odorata* and *Tectona grandis*. Enrichment of cocoa plantations, pure plantations and boundary planting were preferred by farmers. A final density of 117, 40 and 25 trees ha⁻¹ would be achieved for pure plantations, cocoa and citrus respectively. For boundary plantations, final density is expected to be of 200 trees km⁻¹. Enrichment of citrus and

pure plantations resulted to be the most profitable option for the average farm with a LEV of US\$14557 and US\$7311, respectively. Pure plantations of three timber species resulted profitable, boundary plantations of *T. grandis* were not proven to be profitable. Variations on discount rates, timber productivity and sale prices of cocoa and timber are factors which affect profitability of the agroforestry systems proposed for the average farm.

Reforestation of 212 cocoa farms in Alto Beni would generate a LEV of US\$2066065 corresponding to the establishment of 16475 timber trees in 20 ha of citrus, 230 ha of cocoa, 30 ha of pure plantations and 13 km of boundary plantations to produce 5665 m³ of timber for the following 12-20 years. Availability of native seeds and adaptation are important reasons for farmers to look forward to repopulate farms preferably with native timber trees. The use of forest incentives such as seedlings, tools, and technical assistance in management of timber are recommended to promote active participation of farmers in a reforestation plan for Alto Beni farms.

Key words: *Enrichment farms, preference, participative methodologies, forest incentives, valuating farms, reforestation, technical design.*

I. INTRODUCCION

La disponibilidad de madera proveniente de los bosques naturales del trópico americano ha disminuido por la deforestación (González y Fisher 1994, Díaz 1995, Butterfield 1996, Schelhas *et al* 1997,), transformado la madera en un producto escaso y de alto valor (Ramírez *et al* 2001, Montagnini *et al* 1997, Hagggar *et al* 1998). Por esta razón, el enriquecimiento agroforestal de fincas con especies maderables es una excelente alternativa para valorizar la propiedad, diversificar la producción (postes, leña y madera) y proveer servicios ambientales (Beer 1994, Lux y von Platen 1995, Beer *et al* 1998, Somarirba *et al* 1998, McDonald *et al* 2003, Beer *et al* 2004).

La colonización dirigida de la región amazónica del Alto Beni, Bolivia, se inició en la década de los 1970's mediante el traslado de Quechuas (mineros) y Aymaras (agricultores) del Altiplano boliviano, que desconocían las condiciones agroecológicas, la agricultura y especies útiles del trópico. Las fincas, originalmente cubiertas de bosques, fueron deforestadas y convertidas a campos agrícolas mediante el “chaqueo” (roza, tumba y quema de la vegetación) para cultivar arroz y preparar el terreno donde establecer los cultivos perennes (cacao, banano, cítricos) en que se basan las economías familiares del Alto Beni.

El desconocimiento de los colonos del Altiplano sobre el valor de las especies maderables del bosque original, la ausencia de las autoridades forestales durante la colonización y la sobreexplotación por madereros ilegales provocó la casi desaparición de especies valiosas como la mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*cedrela odorata*) y roble (*Amburana cearensis*) del paisaje altobeniano; el resto de especies valiosas se quemó para cultivar arroz (PIAF 2000, Milz 2001), dejando las fincas con muy pocos árboles útiles (maderables, leña, frutales, medicinales, etc.). La vegetación actual de las fincas está dominada por especies pioneras de vida corta y de poco valor económico y ecológico (Somarriba *et al* 2002).

Los proyectos agroforestales en el Alto Beni han dirigido pocos esfuerzos para plantar maderables en las fincas, se han concentrado en el enriquecimiento de cacaotales, cítricos y bananales y han obviado la introducción de maderables en otros campos agrícolas (patios, ríos, barbechos, linderos y divisiones internas) de las fincas (Milz 2000, Somarriba *et al* 2002). Los productores del Alto Beni están interesados en enriquecer sus fincas con especies maderables nativas y exóticas porque hay disponibilidad de semilla y tienen buen mercado (Orozco *et al* 2005).

El diseño participativo de un plan de enriquecimiento agroforestal de las fincas del Alto Beni con especies maderables valiosas que capte la necesidad y preferencia de los productores puede aumentar el valor económico y ambiental de las fincas, diversificar la producción y mejorar la capacidad de las fincas para conservar biodiversidad, acumular carbono, conservar suelos y agua y proveer otros servicios ambientales a la sociedad (Somarriba *et al* 2002). Los objetivos de este trabajo fueron: 1) recopilar la preferencia y

demanda de los productores por especies maderables y tecnologías agroforestales para repoblar las fincas, 2) diseñar propuestas técnicas para el establecimiento de maderables y 3) evaluar la factibilidad financiera de la implementación de cada propuesta agroforestal.

II. METODOLOGIA

El estudio (enero-junio 2005) se realizó con 212 productores cacaoteros (125 de asociaciones y 87 de cooperativas) que participan con el proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica (PMCO) del Alto Beni, Bolivia. Los productores se seleccionaron aleatoriamente de la lista de productores con mapa o croquis de su finca disponibles en los archivos de la Central de Cooperativas “El Ceibo” y del PMCO. La muestra se distribuyó proporcionalmente al número de productores en las seis áreas de colonización del Alto Beni (Cuadro 1). Por medio de entrevistas a 50 productores de asociaciones y talleres se registró la demanda y preferencia de los productores sobre cuales especies maderables, en que cantidades y en cuales espacios de la finca plantar.

Cuadro 1. Número de productores que participaron en los talleres de enriquecimiento agroforestal de las fincas por área de colonización y tipo de organización en Alto Beni, Bolivia.

Área	Tipo de productor		Total
	Asociación	Cooperativa	
1	8	13	21
2	31	13	44
3	13	7	20
4	41	20	61
6	24	20	44
7	8	14	22
Total	125	87	212

2.1 Talleres con productores

Se realizaron diez talleres de cuatro horas de duración cada uno. A cada productor se le envió con anticipación una carta de invitación al taller y se le pagó medio día de trabajo (US\$2.5) para asegurar su participación. Cada taller inició con la presentación de los objetivos y justificación del taller, resaltando la importancia de la participación de los productores en el diseño participativo del plan de enriquecimiento agroforestal de sus fincas.

2.1.1 Charla agroforestal

Se impartió con material e información elaborada previamente una charla sobre sistemas agroforestales (SAF) para que los productores “visualizaran” los espacios y usos del suelo de sus fincas donde se pueden plantar árboles maderables (linderos y divisiones internas, dispersos en cultivos y potreros y en plantaciones puras), enfatizando en aspectos de arreglo y diseño, y sobre las ventajas y desventajas de cada SAF para las fincas del Alto Beni.

2.1.2 Diseño del plan de enriquecimiento

A cada productor se le proveyó en una cartulina de un croquis de su finca representando gráficamente los usos de suelo y superficie de cada uno, y de tarjetas coloreadas de formas variadas que representaban diferentes especies maderables (Figuras 3 y 4); y luego, se le pidió que colocara en el croquis de su finca y con base en su conocimiento y experiencia cuales especies maderables, en que cantidades y en cual SAF deseaba plantar los maderables. Con este ejercicio se obtuvo el plan de enriquecimiento agroforestal de cada finca según la preferencia e interés del productor. Al final de cada taller, en una plenaria, mediante “lluvia de ideas” se consultó a cada productor sobre las razones por las

que seleccionaron esas especies maderables y definieron en que tipo de SAF los plantarían en sus fincas.

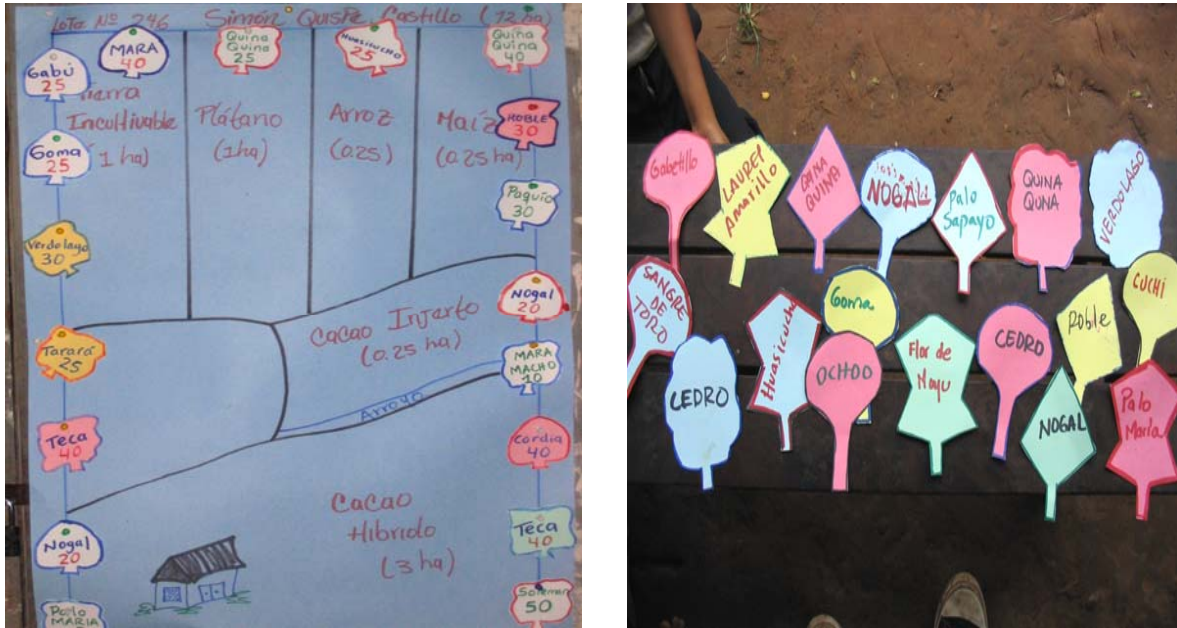


Figura 4. Croquis de la finca y tarjetas coloreadas que representaban las diferentes especies maderables a plantar en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

2.2 Selección de las especies a plantar y de la finca promedio

Se seleccionaron las especies maderables y los tipos de tecnologías agroforestales solicitadas en mayor frecuencia y cantidad por los productores para enriquecer sus fincas. Las especies a plantar fueron: mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) y teca (*Tectona grandis*). Las especies se clasificaron por ritmo de crecimiento y precio de la madera con el fin de crear escenarios de selección para los productores: *S. macrophylla* (crecimiento lento y alto valor), *C. odorata* (crecimiento y precio medios) y *T. grandis* (crecimiento rápido y precio bajo). Otras especies altamente demandadas por los productores como *Centrolobium ochroxylum* y *Amaburana cearensis* no fueron consideradas en el estudio por falta de datos silviculturales para proyectar su crecimiento. Se diseñaron cuatro intervenciones agroforestales con maderables: 1) enriquecimiento de

cacaotales, 2) enriquecimiento de cítricos, 3) plantaciones puras y 4) linderos. El enriquecimiento de plantaciones de cítricos no fue una tecnología agroforestal solicitada en forma significativa por los productores; sin embargo, se incluyó en el plan de enriquecimiento por el su alto potencial para plantar maderables en las fincas.

Considerando que las fincas tienen forma rectangular (100 m de ancho y 1200 m de largo) se identificó para cada tipo de productor (Asociaciones y Cooperativas) una finca “promedio” con las siguientes características: la finca se ubica cerca del camino rural y tiene un área total de 12 ha, con 6 ha bajo usos agrícolas (2 ha de cacao, 1.5 ha de banano, 1.5 ha de cítricos, 1 ha de plátano, café o pasto) y 6 ha con usos no agrícolas (2 ha de barbecho y 4 ha de bosque maduro). El terreno es plano a ondulado y la mano de obra es familiar y contratada. Finalmente, se realizó un análisis financiero para determinar de forma preliminar la factibilidad económica de cada una de las intervenciones agroforestales propuestas para enriquecer la finca promedio y las 212 fincas.

2.3 Enriquecimiento agroforestal con especies maderables

2.3.1 Cacaotales

La mayoría de los cacaotales (híbridos) del Alto Beni tienen 25 años de edad y están plantados a 4x4 m (625 plantas ha⁻¹), tienen copas densas y altas por falta de podas. La sombra en las plantaciones es irregular e insuficiente (12-20%) y está dominada por especies pioneras como ambaibo (*Cecropia peltata*) y palo santo (*Triplaris* spp) y otras remanentes del bosque de poco valor comercial como (*Spondias Bombin*, *Guazuma umifolia* y *Piptademia anadenantera*) (Quispe 2003). En los cacaotales existen “claros” que pueden ser ocupados por árboles maderables y aprovechar el potencial productivo del dosel de sombra.

Actualmente existen 10 árboles maderables ha^{-1} en los cacaotales, por ellos se propone plantar en los “claros” del cacaotal 30 árboles maderables (10 árboles de mara, cedro y teca) para, además de producir madera, homogenizar la distribución de la sombra en la plantación y elevar la complejidad estructural del dosel. Se prevé la resiembra de los árboles en el primer año. Las actividades de manejo consisten en la aplicación semestral de podas de formación a los cacaotales para facilitar la entrada de luz a los árboles maderables y evitar la deformación del fuste durante los tres primeros años de edad. Las labores de mantenimiento contemplan la desyerba del cacaotal tres veces por año y la fertilización eventual para beneficiar a los árboles maderables asociados y la aplicación semestral de mapex para combatir el ataque de las hormigas cortadoras (*Atta spp*) durante los tres primeros años de edad de los árboles. Podas anuales de formación de los maderables se aplicaran durante los cinco primeros años de edad.

2.3.2 Plantaciones de cítricos

Los cítricos (naranja, mandarina y limón) se manejan como plantaciones comerciales en las fincas del Alto Beni con distanciamientos de 5x5 y 5x 6 m (400 y 333 plantas ha^{-1} , respectivamente), dejando suficiente “espacio” y luz para plantar árboles maderables a bajas densidades. Actualmente existe 1 árbol maderable ha^{-1} en las plantaciones de cítricos, por tanto, se propone plantar 24 árboles maderables por hectárea (8 árboles de mara, cedro y teca) a 20x20 m entre las hileras de los cítricos y manejar los árboles maderables con podas de formación para reducir la sombra durante los primero cinco años de edad. Se prevé la resiembra de los árboles en el primer año. La desyerba (tres veces por año) aplicada a los cítricos beneficiará el crecimiento de los árboles asociados. Las labores de manejo de los árboles contemplan la aplicación semestral de mapex para combatir el ataque de las hormigas cortadoras (*Atta spp*) durante los tres primeros años de edad. Varios estudios afirman que los cítricos prosperan con sombra parcial por lo que la asociación cítricos-maderables no será perjudicial para los cítricos (Jifon y Syvertsent 2003).

2.3.3 Plantaciones forestales puras

Los productores del Alto Beni disponen de áreas (1-3 ha) de barbechos jóvenes (3-5 años) en sus fincas donde pueden establecer plantaciones puras en superficie variables según sus intereses (0.25-1 ha). Se propone establecer a 4x3 m (833 árboles ha⁻¹) una plantación forestal pura de mara, cedro o teca en una superficie de 0.25 ha. Las actividades de manejo de los árboles consisten en desyerbas trimestrales durante los primeros tres años y semestrales entre el quinto y sexto año, se aplicaran rodajas anuales el resto del periodo de rotación. Se aplicara de forma trimestral mapex para combatir el ataque de *Atta* spp durante los primeros cinco años de edad. Se planifican dos raleos en la plantación: el primero a los cinco años con una intensidad del 25%, los productos de este raleo se consideran no comerciales y se asume que se aprovechan en la finca como leña o postes. El segundo raleo con una intensidad de 25% se aplicará a los 10 años de edad y los productos del raleo se asumen comerciales a mitad de. La densidad final en la plantación será de 117 árboles en 0.25 ha.

2.3.4 Linderos

Los límites de las fincas del Alto Beni no están claramente definidos entre los propietarios. Se propone establecer linderos maderables para delimitar las fincas y generar ingresos adicionales, plantando 300 árboles a 2.5 m entre planta (400 árboles km⁻¹) en 375 m de linderos a ambos lados de la finca (750 m). Se plantarán 100 árboles por especie en segmentos monoespecíficos de 250 m. Los linderos se ubicarán adyacentes a campos cultivados evitando tacotales altos que proyecten mucha sombra y compitan fuertemente con los árboles maderables y reduzcan su crecimiento. Las labores de mantenimiento sugieren la realización de tres desyerbas anuales en franjas de 1 m de ancho a cada lado del lindero y la eliminación anual de bejucos durante los cinco primeros años de edad. A partir de quinto y hasta el décimo año se aplicará anualmente dos rodajas a los árboles para el control de malezas. El combate de *Atta* spp se realizará semestralmente durante los tres primeros años edad. Se propone realizar un raleo no

comercial con una intensidad del 50% considerando el traslape de las copas de los árboles como indicador para aplicarlo, para obtener una densidad final de 200 árboles km⁻¹.

2.4 Rentabilidad de las intervenciones agroforestales para la finca promedio

Las intervenciones agroforestales se evaluaron financieramente mediante el cálculo en el cambio del valor esperado de la tierra (VET) de las fincas producto del enriquecimiento agroforestal con maderables en sus cuatro modalidades para la finca promedio. El VET permite calcular el valor presente de un sistema productivo y compararlo contra el precio de la tierra (terreno limpio + infraestructura + cultivo). Si el VET calculado es mayor que el precio de la tierra limpia o cultivada, la actividad es rentable para el inversionista. El cálculo del VET se utiliza tanto para comprar o vender la tierra, así como para considerar si el productor debe continuar, renovar o desechar una actividad en la finca. El VET se calcula como:

$$VET = \frac{\sum_{y=1}^Y I(1+i)^{Y-y} - \sum_{y=1}^Y C(1+i)^{Y-y}}{(1-i)^Y - 1} + \frac{(a-c)}{i}$$

Donde:

I= Ingresos por aprovechamiento del cultivo en el año y

C= Costos de renovación o aprovechamiento del cultivo en el año y.

a= Ingresos anuales por cosecha y mantenimiento en cualquier año t del ciclo

c= Costos anuales por cosecha y mantenimiento en cualquier año t del ciclo.

i= tasa mínima aceptable de descuento.

y= año de renovación.

Y= año dentro de la rotación.

Una vez calculado el VET del cultivo donde se asociarán los maderables (cacao, cítricos), es decir, el año de maximización económica de la actividad, se calculó el Valor Inmaduro del cultivo (VIC_y) a la edad actual del cacaotal y de las plantaciones de cítricos para con la siguiente fórmula:

$$VIC_y = \frac{\sum_{q=0}^{T_{max}-y} (I_t - C_t)}{(1+i)^{T_{max}-y}} + \frac{VET_{max}}{(1+i)^{T_{max}-y}}$$

Donde:

VIC_y = Valor inmaduro del cultivo a la edad y

I_t = Ingreso neto en el año t

C_t = Costos netos en el año t

Q = Número de años entre la edad Y y la rotación óptima del árbol

$a-c$ = Ingreso neto anual entre y y T

VET máximo: valor de maximización financiera del aprovechamiento forestal.

i = Tasa de descuento.

El valor presente de los SAF (árboles + cultivos perennes) será la sumatoria del VIC_y del cultivo principal a la edad actual y los VET de los árboles asociados en el año de maximización o turno óptimo de corta (Calish *et al.* 1978, Filius 1992, Navarro *et al.* 2005). La edad actual de los cacaotales y plantaciones de cítricos se estimó en 25 y 10 años, respectivamente.

$$VP_{SAF} = \sum VIC_y Cultivo + VET_{mara} + VET_{cedro} + VET_{teca}$$

Donde:

VP_{SAF} : valor presente del sistema agroforestal

$VIC_{y,cultivo}$: valor inmaduro del cultivo principal del sistema agroforestal.

VET_{mara} : valor esperado de los árboles de mara asociados en el turno óptimo de corta.

VET_{cedro} : valor esperado de los árboles de cedro asociados en el turno óptimo de corta.

VET_{teca} : valor esperado de los árboles de teca asociados en el turno óptimo de corta.

El VP_{SAF} de las tecnologías agroforestales de cacao y cítricos con maderables se compararon con el valor de la tierra cultivada con los mismos cultivos sin los árboles. El VET de las plantaciones forestales puras se comparó con el valor de la tierra limpia correspondiente a 0.25 ha. El aprovechamiento final de 50 árboles en 250 m de linderos maderables monoespecíficos equivale a una superficie plantada de 0.12 ha con fines de aserrío por tanto el valor de contraste del VET correspondió a US\$125.

2.5 Premisas del VET

Con el fin de evitar interpretaciones ambiguas frente a la rentabilidad de las intervenciones agroforestales propuestas y analizadas, el VET se aplica bajo un escenario de mercado perfecto que cumple con cuatro premisas (Navarro 2004): 1) Todos los precios de la madera y de los insumos son conocidos y constantes durante el periodo de análisis, 2) El crecimiento de los árboles y el rendimiento de los cultivos son conocidos y libres de riesgos biológicos y ambientales, 3) La tierra es un bien de mercado que puede ser vendida, comprada o rentada y 4) Las tasas de descuento son conocidas y constantes y no se contempla racionamiento de capital.

2.6 Rentabilidad de las intervenciones agroforestales para todas las fincas

Con base en el VET individual de cada árbol establecido en cada tecnología agroforestal con maderables se calculó el VET por especie para el total de árboles a establecer en plantaciones forestales puras y linderos y el VP_{SAF} para las plantaciones de cacao y cítricos con maderables en las 212 fincas, y se estimó el volumen comercial de madera a producir en las fincas y el turno óptimo de corta en cada intervención agroforestal.

El cálculo del VET requirió de la siguiente información socioeconómica de la zona:

Estructura de costos e ingresos: Se elaboró el calendario anual de actividades y la estructura de costos e ingresos de cada intervención agroforestal propuesta. Labores de manejo y costos del cacao se elaboró con información de la Central de Cooperativas “El Ceibo”. Los datos de las plantaciones de cítricos se recopilaron por medio de entrevistas a dos productores y dos expertos en la zona (Germán Trujillo¹, Vladimir Mendieta², Andrés Hinojosa³ y Abdón Paredes³). Los detalles técnicos y los costos e ingresos de plantaciones puras y linderos maderables se elaboraron a partir del criterio de expertos forestales y agroforestales en el Alto Beni (José Luis Crespo⁴ y Juan Rodríguez Ríos⁵) y con base en estudios publicados por el CATIE (von Platen 1994, Lujan *et al* 1996, Lujan *et al* 1997).

¹ Jefe técnico de la unidad de cacao y Agroforestería de la central de Cooperativas “El Ceibo” en Alto Beni.

² Técnico agroforestal del proyecto Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni.

³ Productores comerciales de cítricos del Área II en Alto Beni.

⁴ Sub-director de aprovechamiento forestal de la Central de Cooperativas “El Ceibo” en Alto Beni.

⁵ Representante de la Superintendencia Forestal de la Alcaldía de Palos Blancos, Alto Beni.

Precio de la tierra y la madera: El precio de mercado de la tierra limpia y cultivada se obtuvo de entrevistas a productores y de consultas con la alcaldía municipal de Palos Blancos. Los precios de la madera se obtuvieron de la Superintendencia Forestal Municipal. Se utilizó un precio promedio de US\$1000 ha⁻¹ para tierra limpia y de US\$6000 y US\$5000 ha⁻¹ para cacaotales y plantaciones de cítricos bien manejados y en plena producción, respectivamente. La venta de cacao, cítricos y madera se asumen en la puerta de la finca y el costo de aprovechamiento de la madera (voltea y aserrado con motosierra en la finca) se estimó en US\$4/m³. El volumen comercial esperado después del aserrado en la finca se obtuvo multiplicando el volumen total del árbol por un factor de forma de 0.45 para todas las especies.

Tasa mínima aceptable: Se utilizó la tasa real de interés (libre de inflación) del 10% establecida para créditos agropecuarios y forestales por entes financieros en la zona y un costo de la mano de obra de US\$3.7 por jornal. El rendimiento de cacao se estimó en 10 qq ha⁻¹ y el precio de venta incluyendo cosecha, fermentado y secado de US\$69 qq⁻¹. La producción de cítricos se calculó en 800 frutas planta⁻¹ y el precio de venta en US\$0.01 fruta⁻¹.

2.7 Proyección del crecimiento de las especies forestales

Con el fin de generar proyecciones del crecimiento de las especies maderables que reflejen las condiciones de sitio de la zona, se tomaron los datos del inventario maderables en las áreas agrícolas de las fincas del Alto Beni realizado por Orozco (2005) para probar modelos lineales y no lineales en el programa Sigmaplot proyectando el dap y la altura total de cada especie. En total se utilizaron 500 árboles de *S. macrophylla*, 120 árboles de *C. odorata* y 50 árboles de *T. grandis* para probar los modelos. El modelo seleccionado con mejor ajuste fue el de Chapman con tres parámetros (Cuadro 2) que arrojó la siguiente ecuación con valores de R² entre 0.65-0.70 (Anexo 1):

$$Y = a * ((1 - \exp(-b * x))^c)$$

Donde:

Y= parámetro proyectado (dap o altura total)

x= edad del árbol

a, b y c= valores determinados por el modelo

Cuadro 2. Valores determinados por el modelo Chapman para predecir el dap (cm) y la altura total (m) de cada especie maderable a plantar en las fincas del Alto Beni, Bolivia.

Especie	a		b		c	
	dap	altura	dap	altura	dap	altura
<i>S. macrophylla</i>	87.5142	42.2060	0.167	0.155	0.8352	0.8153
<i>C. odorata</i>	78.1269	20.1612	0.0199	0.1058	0.7761	1.2306
<i>T. grandis</i>	60.9592	13.9675	0.0357	0.1416	0.9315	1.0793

El volumen total con corteza para *T. grandis* se calculó con la formula (1) propuesta por Pérez y Kanninen (2002) y para *S. macrophylla* y *C. odorata* se utilizó la formula (2):

$$1) V_{cc} = (-0.0884 + 0.0297 * dap)^2 \quad \text{Donde:}$$

V_{cc}= volumen con corteza

Dap= diámetro a la altura del pecho

$$2) V_{total} = Ab * H * FF \quad \text{Donde:}$$

Ab= área basal

H= altura total del árbol

FF= factor de forma de 0.45

2.8 Análisis de sensibilidad para la finca promedio

Se realizó un análisis de sensibilidad para evaluar los cambios en cuatro factores que pueden afectar la rentabilidad de las intervenciones agroforestales en la finca promedio: 1) Tasa de descuento (5, 10 y 15%), 2) Rendimiento volumétrico esperado ($\pm 50\%$), 3) Precio de venta de la madera ($\pm 50\%$) y 4) Costo de aprovechamiento forestal (US\$/ m³ 2, 4 y 6).

2.9 Análisis de los datos

Los datos recolectados en los talleres se analizaron mediante estadísticas descriptivas, tablas de contingencias y pruebas de “t” pareada para evaluar diferencias en la cantidad de árboles, número de especies y tipos de plantaciones solicitados por los productores de asociaciones y cooperativas. El VET se calculó con el programa Excel.

III. RESULTADOS

3.1 Especies maderables y tipos de plantaciones

Los productores solicitaron 60690 árboles de 50 especies maderables para enriquecer sus fincas; solamente de las 50 especies tres fueron exóticas (*T. grandis*, *Eucalyptus* spp y *Pinus* spp). En promedio, los productores desean plantar 363 árboles por finca (50-500 árboles). Las especies más solicitadas fueron: *Centrolobium ochroxylum* (9400), *S. macrophylla* (6480), *A. cearensis* (5495), *C. odorata* (5470) y *T. grandis* (4320), las cuales constituyen el 52 % del total de árboles a plantar. Maderables como sombra para cacao, linderos, plantaciones forestales puras y maderables asociados a plantaciones de cítricos fueron las tecnologías agroforestales preferidas por los productores para reforestar sus fincas (Cuadro 3). En bananales, cafetales, pastizales y plantaciones de papaya (*Carica papaya*), cultivos menos frecuentes y con menor superficie en las fincas, los productores desean plantar maderables en forma dispersa.

Cuadro 3. Número de árboles por tecnología agroforestal solicitados por los productores del Alto Beni para enriquecer sus fincas.

Tecnología agroforestal	Número de árboles	Número de fincas	Frecuencia de productores (%)
Sombra para cacao	18610	125	60
Plantaciones lineales	15545	77	36
Plantaciones puras	22105	73	34
Sombra para cítricos	1840	23	11
Sombra para banano	1640	18	8
Sombra para café	480	4	2
Árboles dispersos en cultivos anuales	470	3	1
Total	60690	-	-

Los productores de asociaciones y cooperativas desearon plantar las mismas especies, en cantidades similares y en las mismas tecnologías agroforestales ($p=0.1495$, $p=0.4302$ y $p=0,5213$, respectivamente). Las plantaciones lineales gozan de gran aceptación (80%) por los productores y tiene alto potencial para las fincas del Alto Beni. Los productores se interesan por los árboles maderables porque proveerán madera para los hijos (94%), darán sombra al cacao (90%), valorarán la tierra (87%) y porque desean conocer otras especies maderables con potencial para la zona (80%).

3.2 Enriquecimiento de cacaotales y plantaciones de cítricos

Costos de establecimiento, mantenimiento e ingresos del cacao, cítricos y maderables

El costo de establecimiento de 1 árbol maderable en 1 ha de cacao y cítricos en producción fue de US\$ 1. Los costos de manejo de los maderables, cacao y cítricos durante todo el periodo de rotación equivalen a US\$7313 y US\$6913, respectivamente.

Los mayores costos se derivan por concepto de mano de obra. El ingreso anual por venta de cacao (10 qq ha⁻¹) y de cítricos (320000 frutas ha⁻¹) es de US\$736 ha⁻¹ y US\$3200 ha⁻¹, respectivamente. Los costos de cosecha, desconchado, fermentado y ensacado de un quinal de cacao se estimaron en US\$11. El costo de cosecha de los cítricos fue de US\$ 167 ha⁻¹.

El aprovechamiento de 12 m³ (30 árboles) de madera en los cacaotales y de 6.5 m³ (24 árboles) en las plantaciones de cítricos genera un ingreso de US\$2423 y US\$1346, respectivamente. En cacaotales el 57% de este valor lo aporta la corta de *S. macrophylla* a los 22 años de edad, el restante 33% y 10% restante lo aportan *C. odorata* y *T. grandis* aprovechados en los años 21 y 17, respectivamente. En tanto el 47% de los ingresos en los cítricos lo aporta la corta de *C. odorata* a los 21 años de edad, el restante 43% y 10% restante lo aportan *S. macrophylla* y *T. grandis* aprovechados en los años 16 y 13, respectivamente.

3.4 Plantaciones puras y linderos

Costos de establecimiento, mantenimiento e ingresos de plantaciones forestales puras y linderos

El costo de establecimiento de 0.25 ha de plantaciones forestales puras y 250 m de linderos en Alto Beni fue de US\$260 y US\$100, respectivamente. El manejo de los maderables en la plantación pura durante el primer año requiere de US\$ 47 y el costo del raleo de 52 árboles en el año 5 y 10 equivalen a US\$30 y US\$62, respectivamente. En los linderos el raleo de 150 árboles al quinto año de edad asume un costo de US\$97. El costo de mantenimiento de la plantación pura y de los linderos durante todo el periodo de rotación fue de US\$295 y US\$212, respectivamente. En las plantaciones puras (117 árboles de cada especie) se aprovecharán 35 m³ de *S. macrophylla* (20 años), 55 m³ de *C. odorata* (21 años) y 25 m³ de *T. grandis* (12 años), para generar un ingreso descontado de US\$ 14396, US\$ 9114 y US\$1465, respectivamente por la venta de madera aserrada.

El aprovechamiento final de 50 árboles en los linderos generara un volumen de madera aserrada de 16 m³ de *S. macrophylla* (22 años), 25 m³ de *C. odorata* (21 años) y 18 m³ de *T. grandis* (12 años) para derivar en ingresos netos descontados de US\$ 6772, US\$ 3895 y US\$ 1080, respectivamente. En el Cuadro 4 se muestran los costos totales de mantenimiento durante todo el periodo de rotación de cada tecnología agroforestal.

Cuadro 4. Costos totales de mantenimiento (US\$ ha⁻¹) de cacaotales y cítricos con maderables, plantaciones forestales puras (US\$/0.25 ha) y linderos (US\$/750 m) en Alto Beni, Bolivia.

Cacao con maderables				
Maderables	Años			
Concepto	2-3	4-6	7-30	Total
Mano de obra	15	20	480	515
Insumos	10	30	0	40
Subtotal	25	50	480	555
Cacao				
Mano de obra	482	723	5553	6758
Total tecnología	507	773	6033	7313
Cítricos con maderables				
Maderables				
Mano de obra	16	30	270	316
Insumos	10	15	-	25
Subtotal	26	45	270	341
Cítricos				
Mano de obra	482	609	5481	6572
Total tecnología	508	654	5751	6913
Plantaciones puras				
Mano de obra	96	107	92	295
Insumos	30	0	-	30
Total tecnología	126	107	92	295

Linderos				
Mano de obra	90	135	275	500
Insumos	6	6	-	12
Total tecnología	96	141	275	512

3.6 Análisis del VET para la finca promedio

Los VIC_y de los cacaotales y plantaciones de cítricos subsidian el VET de los maderables asociados, y por eso ambas tecnologías agroforestales resultaron rentables (Cuadro 5 y 6). El valor presente agroforestal del cacao y de las plantaciones de cítricos supera el valor actual de la tierra bajo esos cultivos en 18 y 66% respectivamente. En las plantaciones forestales puras solamente *S. macrophylla* y *C. odorata* fueron rentables, generando VET superiores al precio de la tierra limpia en Alto Beni estimado en US\$1000 ha⁻¹. El bajo precio de la madera de *T. grandis* en Alto Beni y la poca superficie plantada por finca (0.25 ha) reduce la rentabilidad de esta especie en plantaciones forestales puras. Los linderos maderables de las tres especies reflejaron rentabilidad. Los resultados sugieren que los sistemas “asociados” son más rentables que los monocultivos, los cuales requieren más tierra para generar mayores VET. El turno óptimo de corta de cada especie maderable es similar en todas las tecnologías agroforestales a establecer. *T. grandis* y *S. macrophylla* serán las especies que se aprovechara a menor y mayor edad en todas las tecnologías agroforestales respectivamente.

Cuadro 5. Valor presente agroforestal (VPsaf) del enriquecimiento de cacaotales y plantaciones de cítricos y turno de corta de los árboles en la finca promedio del Alto Beni, Bolivia.

Tecnología agroforestal	VIC_y del cultivo (US\$ ha⁻¹)	VET maderables (US\$ ha⁻¹)	VPsaf (US\$ ha⁻¹)	Turno de corta (años)
Cacao/maderables	7041	270	7311	12-21
Cítricos/maderables	14307	250	14557	12-21

Cuadro 6. Valor esperado de la tierra (VET) y turno de corta de los árboles en plantaciones forestales puras y linderos en la finca promedio del Alto Beni, Bolivia.

Tecnología agroforestal	VET maderables (US\$ ha⁻¹)	Turno de corta (años)
Plantaciones puras		
<i>S. macrophylla</i>	1916	19
<i>C. odorata</i>	1392	16
<i>T. grandis</i>	232	12
Linderos*		
<i>S. macrophylla</i>	554	22
<i>C. odorata</i>	320	17
<i>T. grandis</i>	121	12

* Valor expresado para 250 m de linderos monoespecíficos en la finca promedio.

3.7 Análisis del VET del enriquecimiento agroforestal del todas las fincas

La reforestación de las de las 212 fincas cacaoteras del Alto Beni generará un VET de US\$2066065 en los próximos 15-20 años (Cuadro 7). El 80% del VET corresponde al enriquecimiento agroforestal de 230 ha de cacao con maderables en 195 fincas donde se plantaran 4750 árboles a razón de 33 árboles ha⁻¹ y se aprovecharan 1903 m³ de madera.

El restante 20% se deriva del enriquecimiento de 20 ha de plantaciones de cítricos con maderables en 23 fincas (25 árboles ha⁻¹), el establecimiento de 30 ha de plantaciones forestales puras en 73 fincas (200 árboles ha⁻¹) y 13 km de linderos en 77 fincas donde se plantarían 11725 árboles y se aprovecharían 3762 m³ de madera en los próximos 20 años.

Cuadro 7. Valor esperado de la tierra (VET) de las tecnologías agroforestales, número de árboles a plantar y volumen aprovechable esperado en 212 fincas del Alto Beni, Bolivia.

Tipo de plantación	VET del componente (US\$ ha⁻¹)	Número de árboles	Volumen esperado (m³)
Cacao	1619430		
<i>S. macrophylla</i>	31350	2090	690
<i>C. odorata</i>	15840	1760	880
<i>T. grandis</i>	2700	900	333
Subtotal	1669320	4750	1903
Cítricos	286140		
<i>S. macrophylla</i>	3075	205	41
<i>C. odorata</i>	1522	105	53
<i>T. grandis</i>	215	95	24
Subtotal	290952	405	118
Plantación forestal pura			
<i>S. macrophylla</i>	43200	2700	675
<i>C. odorata</i>	27300	2275	910
<i>T. grandis</i>	2160	1080	216
Subtotal	72660	6055	1801
Linderos			
<i>S. macrophylla</i>	18260	1660	581
<i>C. odorata</i>	9523	1465	513
<i>T. grandis</i>	5350	2140	749
Subtotal	33133	5265	1843

Gran total en las fincas	2066065	16475	5665
--------------------------	---------	-------	------

3.8 Análisis de sensibilidad para la finca promedio

El análisis de sensibilidad aplicado a las opciones de enriquecimiento agroforestal de las fincas del Alto Beni arroja que la tecnología de plantación de cítricos-maderables es la más robusta, solamente dejó de ser rentable cuando la producción disminuyó en un 50%, en tanto la tecnología de cacaco-maderables ya no fue más rentable con una tasa de descuento del 15% y con una producción y precios 50% más bajos que los actuales. Las plantaciones forestales puras de *S. macrophylla* y *C. odorata* fueron rentables en todos los escenarios propuestos, en tanto las plantaciones de *T. grandis* dejaron de ser rentables a una tasa de descuento del 15% y cuando se redujo el rendimiento volumétrico de los árboles y el precio de la madera en un 50% (Cuadro 8).

Únicamente los linderos de *S. macrophylla* siguieron siendo rentables ante cambios en la tasa de descuento, rendimiento, precios y costos de aprovechamiento. *C. odorata* en linderos no es rentable cuando disminuyó en 50% el volumen y precio de la madera, en contraste los linderos de *T. grandis* solo son rentables a una tasa de descuento más baja (5%) y con un aumento del 50% en el volumen esperado y precio de la madera. Todas las tecnologías agroforestales son menos sensibles a cambios en el costo de cosecha de cacao y cítricos y de aprovechamiento maderable. Cambios en la tasa de descuento, precio de venta de la madera y volumen maderable esperado afectan el turno óptimo de corta de los árboles, siendo mayor a tasas de descuento bajas, mayor productividad maderable y precios de venta altos, y viceversa.

Cuadro 8. Valor presenta agroforestal (VPsaf) en US\$ ha⁻¹ ante variaciones en la tasa de descuento, precios de venta y costos de cosecha y aprovechamiento forestal en cacaotales y plantaciones de cítricos con maderables.

Factor	Valor	VPsaf cacaotales	VPsaf cítricos
Tasas	5	12616	32561
	10	7311	14557
	15	4783	7068
Rendimiento	-50%	5500	702
	SA	7311	14557
	+50%	9121	10281
Precios	-50%	4833	5208
	SA	7311	14557
	+50%	9077	23817
Costos	-50	7473	15038
	SA	7311	14557
	+50%	6516	13989

Valor comparativo de la tierra: US\$ 6000 ha⁻¹ y US\$ 5000 ha⁻¹ para cacao y cítricos, respectivamente.

Cuadro 9. Valor esperado de la tierra (VET) en US\$ ha⁻¹ ante variaciones en la tasa de descuento, precios de venta y costos de cosecha y aprovechamiento forestal de plantaciones forestales puras (PFP) y linderos (LIN).

Factor	Valor	<i>S. macrophylla</i>		<i>C. odorata</i>		<i>T. grandis</i>	
		PFP	LIN	PFP	LIN	PFP	LIN
Tasas	5	8247 (30)	2499 (30)	4413 (22)	1568 (23)	842 (24)	505 (15)
	10	1916 (19)	554 (22)	1392 (16)	320 (17)	232 (12)	121 (12)
	15	898 (12)	148 (16)	664 (12)	54 (14)	101 (10)	49 (11)
Rendimiento	-50%	777 (20)	138 (20)	427 (10)	-13 (19)	-38 (10)	-163 (16)
	SA	1916 (19)	554 (22)	1392 (16)	320 (17)	232 (12)	121 (12)

	+50%	3058 (18)	970 (23)	2357 (15)	660 (16)	500 (14)	623 (10)
Precios	-50%	767 (20)	134 (22)	402 (16)	-21 (19)	-49 (18)	-176 (17)
	SA	1916 (19)	554 (22)	1392 (16)	320 (17)	232 (12)	121 (12)
	+50%	3069 (19)	974 (22)	2381 (16)	668 (16)	522 (10)	657 (10)
Costos	-50%	1927 (19)	558 (22)	1417 (16)	329 (19)	250 (18)	155 (12)
	SA	1916 (19)	554 (22)	1392 (16)	320 (17)	232 (12)	121 (12)
	+50%	1905 (19)	550 (22)	1367 (16)	311 (17)	213 (10)	88 (12)

Valor comparativo de la tierra: US\$ 250 para PFP y US\$ 125 para LIN.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Maderables valiosos en fincas

Los productores del Alto Beni mostraron el interés de repoblar las áreas cultivadas de sus fincas incorporando especies maderables valiosas para satisfacer la demanda local de madera. Numerosos autores resaltan la importancia y preferencia de los productores por los maderables para diversificar la producción de las fincas y generar otros ingresos a la familia (Escalante 1987, Morrobel 1989, Mussak y Larman 1989, Cannon y Galloway 1995, Current y Scher 1995, Galloway y Beer 1997, Llanderal y Somarriba 1998, Moguel y Toledo 1998, Bonilla y Somarriba 200, Escalante y Somarriba 2000, Soto-pinto *et al* 2000, Matos *et al* 2000, Somarriba *et al* 2001, Suárez 2001, Suatunce 2002, Koku 2002, Piotto *et al* 2002, Barrance *et al* 2003, Fair y Bannister 2003, Martin 2003, López *et al* 2003, Somarriba *et al* 2003, Bentley *et al* 2004, Russell y Franzel 2004, Asare 2005). Los maderables son una cuenta de ahorro que el productor puede utilizar en tiempos de bajos precios de los cultivos o en caso de una emergencia familiar (Somarriba 1998, Tavares *et al* 1999, Ramírez *et al* 2001, Beer *et al* 2003).

Por ejemplo, en la región indígena cacaotera de Talamanca, Costa Rica los productores dejan crecer árboles de la regeneración natural de *Cedrela odorata*, *C. alliodora*, *Vitex cooperi* y *Calophyllum brasiliensis* en sus campos agrícolas como ahorro y para restaurar la condición “ecológica de los cursos de agua de sus fincas (Somarriba *et al* 2003). En Nicoya, Costa Rica, el 40% de los productores desea diversificar el dosel de sombra de sus cafetales con *Cordia alliodora*, *C. odorata*, *Acacia mangium*, *Astronium graveolens*, *Terminalia oblonga*, *Hymenaea courbaril* y *Dalbergia retusa* en asocio con especies frutales y leguminosas de servicio (Albertini y Nair 2004).

La conveniencia de plantar especies maderables nativas o exóticas es un tema aún debatido entre técnicos forestales, agroforestales y productores. El uso de maderables exóticos predomina en plantaciones forestales de pequeños productores en el trópico americano (Evans 1999). Sin embargo, de las 50 especies seleccionadas por los productores del Alto Beni, apenas tres especies fueron exóticas, lo que refleja la preferencia de los colonos por las especies nativas, por estar adaptadas a la zona, tener mercado seguro y disponer de semilla. Varios estudios documentan la preferencia de los productores por especies maderables nativas de alto valor para reforestar sus fincas (Haggar *et al* 1997, Haggar *et al* 1998, Calvo y Meléndez 1999, Piotto *et al* 2002, Barrance y Hellin 2003).

4.2 Especies maderables y tipos de plantaciones en Alto Beni

Los productores del Alto Beni seleccionaron especies de crecimiento medio a lento, tolerantes a sombra y de alto valor comercial como *S. macrophylla* y *C. odorata* para plantar en cacaotales viejos. Especies de rápido crecimiento, exigentes de luz y de bajo valor comercial en la zona como la *T. grandis* se plantaría en cítricos y linderos para favorecer su crecimiento. Los productores plantan especies maderables con diferentes ritmos de crecimiento como una estrategia para obtener ingresos a diferentes plazos (Piotto *et al* 2002, Somarriba *et al* 2002, Navarro 2004).

El enriquecimiento agroforestal de las 212 fincas del Alto Beni generará beneficios a los cultivos y a los productores. En los cacaotales y plantaciones de cítricos donde se plantaran el 40% los árboles maderables solicitados, proveerán sombra al cacao, diversificará la producción, protegerá la floración y fructificación de los cítricos y cacaotales de los fuertes vientos y valorará la tierra. Las plantaciones puras concentran el 35% de los árboles a plantar y son una opción productiva para las áreas “incultivables” de las fincas o manejadas con barbechos largos (Somarriba *et al* 2002, Vega 2005). Los linderos donde se plantará el 25% de los árboles requeridos son una opción para productores con poca tierra para reforestación y ayudaran a delimitar las propiedades (Beer 1994, Lujan *et al* 1996, Somarriba *et al* 1998, Sánchez y Dubón 2001).

Similares resultados se reportan en Panamá y Brasil donde los SAF preferidos por los productores para repoblar las fincas con especies maderables en orden de importancia fueron: plantaciones puras, cortinas rompevientos, cercas vivas, árboles dispersos en cultivos agrícolas y sombra para cafetales. Especies frutales se plantan preferiblemente en el huerto casero y dispersos en cultivos anuales (Fisher y Vasseur 2002). En los asentamientos de Rondônia, Brasil, los proyectos agroforestales mediante forestería participativa han logrando que el 30% de los productores planten árboles maderables y frutales en cultivos anuales, cacaotales, cítricos y barbechos de sus fincas, lo que ha disminuido la presión de los colonos sobre los bosques naturales (Summers *et al* 2004).

Al igual que en el Alto Beni, los productores de la región centroamericana que participaron entre los años 80's y 90's con el proyecto CETIE-MADELEÑA prefirieron las parcela puras y plantaciones lineales para plantar casi 100000 árboles de uso múltiple en fincas (Cannon y Galloway 1995). En la década de los 90's el proyecto agroforestal CATIE-GTZ promovió el establecimiento y manejo linderos maderables y el enriquecimiento de cacaotales y bananales en el trópico húmedo bajo de Costa Rica y Panamá con buenos resultados biofísicos y de adopción (Lujan *et al* 1996, Somarriba 1997, Somarriba y Beer 1998, Matos *et al* 2000).

Maderables dispersos en cultivos agrícolas fue el tipo de plantación menos aceptado por los productores del Alto Beni por que compiten mucho con los cultivos. En contraste, el Ministerio de Agricultura del Perú promovió en los años 90's la reforestación usando el sistema Tangya de 2000 ha en fincas de productores del departamento de Ucayali. Los agricultores asociaron 500 000 árboles de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) plantados a densidades variables (150 a 400 árboles ha⁻¹) con *Z. maiz*, *P. vulgaris*, soya (*Glycine max*) y *M. esculenta*) (Baldoceña *et al* 1995, Current *et al* 1998).

4.3 Reforestación e incentivos

Los productores del Alto Beni están dispuestos a participar en un programa de repoblación agroforestal de las fincas si contaran con ayuda externa en la producción de plantas. La aplicación de incentivos forestales en forma de semillas o plantines, herramientas, capacitación y asistencia técnica para el manejo de los maderables podría lograr la participación activa de los productores del Alto Beni y asegurar en cierta medida el éxito de las nuevas plantaciones (Cannon y Galloway 1995, Current *et al* 1995, Matos *et al* 2000). El uso de incentivos es una estrategia de extensión con ventajas e inconvenientes, pues favorece resultado a corto plazo pero tiende a crear dependencia e insostenibilidad (Barrance y Hellin 2004). Sin embargo, los incentivos se usan comúnmente para promover la reforestación en fincas (Current y Scherr 1995, Díaz 1995, Scherr y Current 1997, Tavares *et al* 1999, Viera *et al* 1999, Montagnini 2001, Piotta *et al* 2002, Navarro 2004).

4.4 Rentabilidad de las tecnologías agroforestales propuestas para la finca promedio

Dado que los VIC_y de los cacaotales y cítricos en las tecnologías asociadas con maderables asumen la mayoría de los costos de manejo de los árboles, ambas la tecnologías resultaron altamente rentables en la finca promedio del Alto Beni.

Evaluaciones económicas de la asociación agroforestal cacao-maderables o café-maderables demuestran que los SAF son rentables y que reducen el riesgo financiero por la fluctuación del precio del cacao y café (Metha y Leuschner 1997, Beer *et al* 1998, Gobbi *et al* 2000, Ramirez *et al* 2001, Neupane y Thapa 2001, Yamada y Gholz 2002). En las fincas del Alto Beni únicamente las plantaciones forestales puras de especies con alto valor comercial como *S. macrophylla* y *C. odorata* fueron rentables, generando VET superiores al precio de la tierra limpia en la zona estimado en US\$1015 ha⁻¹.

El establecimiento de linderos maderables de *T. grandis* en el Alto Beni no fue rentable debido a que el precio de la madera en la zona es bajo. Sin embargo, varios autores sugieren que la producción *T. grandis* en linderos es una alternativa financieramente atractiva para productores con baja disponibilidad de terreno para la reforestación (von Platen 1994, Lujan *et al* 1996); así lo demuestran experiencias del proyecto CATIE-GTZ en el trópico húmedo bajo de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá con linderos de *T. grandis* (200 árboles km⁻¹) que generaron con una tasa de descuento del 6% y un turno de corta de 12 años, 215 m³ km⁻¹ derivando en valores actuales netos entre US\$ 1100-2400 km⁻¹ (Somarriba *et al* 1998).

Los linderos de *S. macrophylla* y *C. odorata* resultaron rentables en la finca promedio del Alto Beni. Similares resultados se reportan en El Salvador y Honduras donde el manejo de (laurel negro-*Cordia megalantha*-, caoba-*Swietenia macrophylla*-, terminalia-*Terminalia ivorensis*-,teca-*Tectona grandis*- y laurel blanco-*Cordia alliodora*) en bosquetes y linderos fueron los arreglos agroforestales de mayor rentabilidad, alcanzando VET de US\$1687 y US\$1150, superiores al rendimiento financiero que obtendrían los productores con los depósitos a plazo fijo en los bancos (Segura *et al* 2000, Sánchez y Dubón 2001). Varios autores afirman que la producción de madera en linderos es rentable dado que demandan menor mano de obra que las plantaciones forestales puras y a que los cultivos que comparte los linderos asumen la mayor parte de los costos de mantenimiento de la tecnología (Current *et al* 1995, Lujan *et al* 1997, Somarriba *et al* 1998).

El VET es un instrumento económico sencillo y robusto que permite modelar la preferencia de los productores sobre especies maderables y la disponibilidad de capital. Por ejemplo, tasas de descuento bajas en el análisis de sensibilidad indican que los productores perciben poco riesgo en la inversión y por tanto preferirán plantar en sus fincas especies maderables de crecimiento lento o medio. La situación inversa se presenta con tasas de descuento altas que representan a productores con poca disponibilidad de capital para invertir en forestería, impacientes por el retorno de la inversión y que prefieren especies de crecimiento rápido.

4.5 Riesgos de las tecnologías agroforestales propuestas

Se deben considerar con cautela las premisas del VET asumidas en este estudio. Por ejemplo, existe un gran riesgo ecológico para dos de las especie propuestas para el enriquecimiento de las fincas: *S. macrophylla* y *C. odorata* son afectadas por *H. grandella* que limita su crecimiento y por ende el rendimiento volumétrico esperado en cada tecnología agroforestal propuesta. La literatura reporta que este problema se puede manejar hasta cierto grado con podas oportunas de las yemas afectadas para favorecer la formación de un solo fuste (Cornelius 2001). Además, en lotes pequeños como los propuestos para las fincas del Alto Beni (0.25 ha), las podas de yemas afectadas no son difíciles de efectuar (Bowder *et al* 1996). El ataque de las hormigas cortadores (*Atta* spp) pueden convertirse en plagas para los árboles principalmente en las plantaciones forestales puras y lindero, si no se combate a tiempo.

Otro aspecto importante de resaltar es que si bien las ecuaciones utilizadas para proyectar el crecimiento de los árboles a plantare en Alto Beni fueron desarrolladas con datos de inventarios locales, la falta de estudios de suelo y la incorrecta selección de sitios para las nuevas plantaciones pueden limitar el crecimiento de las especies y arriesgar la inversión. Todas las especies prosperan en las condiciones climáticas y edáficas del Alto Beni; sin embargo, se deben procurar sitios con pendientes leves, suelos profundos y sin problemas de drenaje o compactación.

Las áreas de barbecho son parte de un sistema de agricultura migratoria dentro de las fincas del Alto Beni donde se produce arroz para el consumo y la venta (Somarriba *et al* 2002, Vega 2005), por tanto la decisión de establecer plantaciones forestales puras en estas áreas se convierte en una disyuntiva para los productores que deben elegir entre la producción agrícola a corto plazo o dedicar tierra para forestería (Beer *et al* 1994, Cannon y Galloway 1995, Current *et al* 1995, Lujan *et al* 1996, Beer 2000).

Las inundaciones provocadas por las crecidas del Río Alto Beni, las sequías frecuentes en la zona y el uso de fuego para la preparación de tierras agrícolas son amenazas importantes para todas las tecnologías agroforestales propuestas para las fincas del Alto Beni, por tanto la vigilancia y las rondas cortafuego son clave para minimizar sus efectos. Procurar acuerdos positivos entre finqueros colindantes es prioritario para evitar conflictos legales sobre el derecho de los árboles en los linderos y evitar el daño a los cultivos durante el aprovechamiento forestal (Beer 1994, Lujan *et al* 1996, Somarriba *et al* 1998). El efecto de todas las amenazas naturales y antrópicas puede expresarse en términos de la reducción del rendimiento de los cultivos y de los árboles asociados presentado en el análisis de sensibilidad.

Los datos utilizados para generar el modelo de crecimiento muestran un alto grado de dispersión (Figura 5). Si se trazan arbitrariamente curvas de “índice de sitio” sobre los datos de altura total de *S. macrophylla* (500 árboles) podemos inferir que el 20% de los árboles podrían crecer en sitios con buena productividad y apenas el 5% crecerá en sitios malos. La mayoría de los árboles a plantar en las fincas del Alto Beni crecerán en sitio con productividad regular o media.

Curva de ajuste para la altura total observada de Caoba ($R^2 = 0.71$)

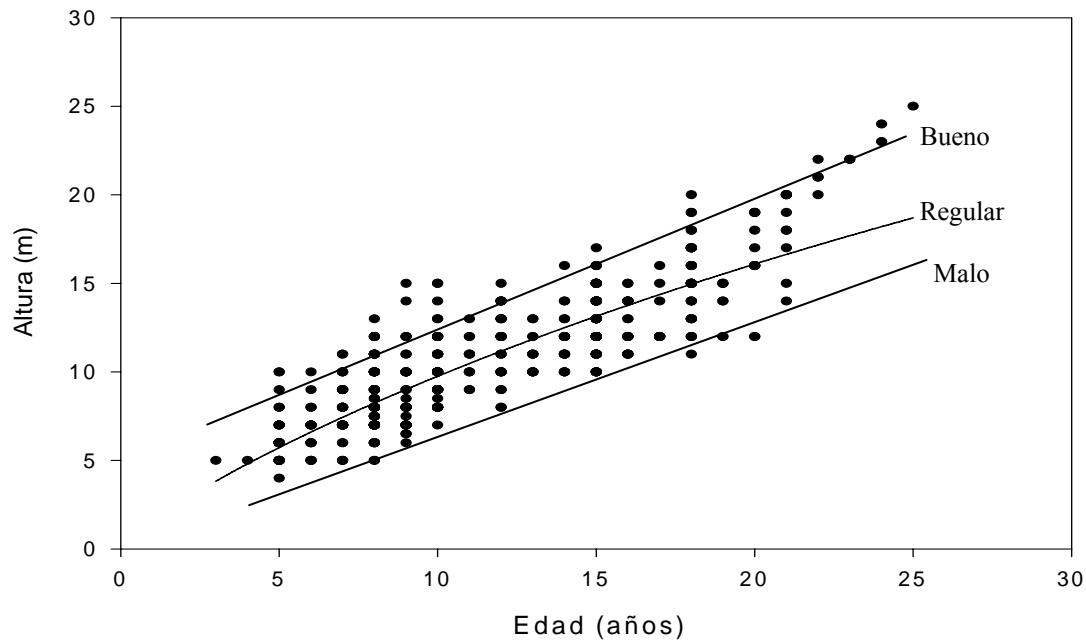


Figura 5. Curvas arbitrarias de índice de sitio para altura total (m) de *S. macrophylla* generados en el modelos de crecimiento de Chapman.

4.6 Realidad del plan de enriquecimiento agroforestal de las fincas del Alto Beni

Existen factores sociales, institucionales y de mercado que vislumbran un panorama positivo para iniciar el plan de reforestación de las fincas del Alto Beni, entre los que destacan el grado organizativo de los productores, la disponibilidad de terreno en las fincas para plantar maderables, seguridad en la tenencia de la tierra, la creciente demanda y buenos precios por maderas alternativas en la zona, apoyo institucional local y mejoras en la capacidad técnica de los proyectos agroforestales en la zona (PIAF 2001, Somarriba *et al* 2002, Vega 2005).

Sin embargo, existen otros factores que deben ser atendidos para maximizar el impacto del plan de reforestación y lograr el financiamiento externo, es necesario que los productores legalicen su tierra, conozcan y apliquen las leyes forestales municipales para evitar conflictos sobre la propiedad y aprovechamiento de los árboles. Varios autores

sugieren considerar tales factores para evitar el fracaso de los proyectos de reforestación en fincas (Fortman 1985, Winterbottom y Hazlewood 1987, Ravindran y Thomas 2000, Ramadhani *et al* 2002, Koku 2002, Fischer y Vasseur 2002, Bannister y Fair 2003, Simmons *et al* 2003, Martin 2003). Los conflictos político-sociales que afectan a Bolivia son factores externos que podrían afectar la iniciativa de reforestación de las fincas por su efecto directo en la comercialización (bloqueo de caminos) y en el buen desempeño de proyectos nacionales o internacionales (escasez de recursos financieros).

Las instituciones locales juegan un papel clave para la ejecución efectiva del plan de reforestación de las fincas del Alto Beni. Por ejemplo, la Central de Cooperativas “El Ceibo” (institución de mayor trayectoria en la zona) pueden beneficiar a los productores con la provisión de semilla certificada o de material vegetativo de buena calidad (apoyo requerido por la mayoría de los productores), brindar asistencia técnica en el manejo de la regeneración natural, la selección de los mejores sitios para las plantaciones y capacitación a los productores en podas, raleos, combate de plagas y enfermedades forestales y tala dirigida. El Ceibo puede explorar la posibilidad de incluir las nuevas plantaciones del Alto Beni en proyectos de pago por servicios ambientales que eleven el ingreso de los productores (Abruzzese 2005, Vega 2005). La organización de los productores facilitará la capacitación y el intercambio de experiencias, permitirá crear alianzas orientadas a la búsqueda de nuevos mercados para la madera y gestionar financiamiento para mejorar la maquinaria de los aserraderos locales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los productores del Alto Beni están dispuestos a reforestar sus fincas con maderables valiosos, principalmente con especies nativas porque están adaptadas a la zona, tienen mercado y existe mayor disponibilidad de semilla. En promedio, los productores desean plantar 363 árboles maderables por finca en plantaciones forestales puras, linderos y sombra de maderables para cacaotales y plantaciones de cítricos.

- Enriquecimiento de cacaotales, plantaciones de cítricos y plantaciones puras fueron las tecnologías agroforestales de mayor rentabilidad en la finca promedio. las plantaciones forestales puras de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Tectona grandis* resultaron rentables. Solamente los lindero de *T. grandis* fue la tecnología agroforestal no rentable.
- El análisis de sensibilidad demostró que cambios en la tasa de descuento, rendimiento maderable y precio de venta del cacao, cítricos y de la madera son los factores que más afectan la rentabilidad y en turno de corta óptimo de los maderables en todas las tecnologías a agroforestales propuestas. Las tecnologías agroforestales cacao y cítricos con maderables son generan mayores VET en las 212 fincas del Alto Beni, lo que sugiere que las sistemas asociados con más rentables que los sistemas “monoespecíficos”-como parcelas puras y linderos- que necesitan mayor superficie para generar mayores ganancias.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

La colonización proveniente del altiplano boliviano, desconocedora del trópico amazónico y del uso y manejo de los árboles nativos, la ausencia de las autoridades forestales permitió a los madereros ilegales el saqueo de las especies maderables valiosas de las fincas del Alto Beni, dejando la vegetación actual dominada por especies poco útiles y de bajo valor comercial (Somarriba *et al* 2002). Los proyectos agroforestales han invertido pocos esfuerzos y recursos para plantar maderables en las áreas agrícolas de las fincas, un potencial no aprovechado en el Alto Beni, a pesar del gran interés de los productores por reforestar sus fincas con maderables valiosos. Las condiciones son: hay seguridad en la tenencia de la tierra, demanda y precios para maderas alternativas crece continuamente y las fincas del Alto Beni disponen de tierra para plantar maderables.

El inventario de maderables en las áreas agrícolas de las fincas mostró que la mayor densidad y riqueza de árboles maderables ocurrió en los huertos caseros, cacaotales y bananales, cultivos de mayor tradición en las fincas y de mayor atención por los proyectos agroforestales de la zona. La mayoría de las especies identificadas en las fincas fueron nativas pero se registraron especies exóticas como la teca, melina y eucalipto de rápido crecimiento y con gran potencial para plantar en las fincas del Alto Beni. Los conocen la diversidad de maderables en los campos agrícolas de sus fincas, pero su conocimiento silvicultural es limitado, lo que representa un reto en la capacitación que brindan los proyectos agroforestales en el Alto Beni.

Las tecnologías agroforestales preferidas por los productores para reforestar sus fincas generaran ingresos por la venta de madera, aprovechamiento de leña y postes y beneficios adicionales a los cultivos de la finca. El enriquecimiento de cacaotales con maderables permitirá homogenizar la sombra de la plantación y aprovechar el potencial productivo del dosel. La asociación de cítricos con maderables protegerá la floración y fructificación de los cítricos de los vientos y diversificará la producción. Los linderos maderables utilizarán áreas marginales para los cultivos, delimitarán y valoran las propiedades. Las plantaciones forestales puras son una opción productiva para sitios “incultivables” y para los barbechos largos que practican los productores en las áreas agrícolas de sus fincas (Vega 2005).

El análisis financiero muestra que los sistemas “multiestratos” (cacao y cítricos con maderables) son más rentables que las tecnologías monoespecíficas (linderos y plantaciones puras) que necesitan de especies con alto valor comercial y de más tierra para generar mayores ingresos; sin embargo si se aprovecha el potencial biofísico de las fincas para plantar maderables en linderos y plantaciones forestales puras el impacto económico para los productores y los beneficios ambientales a la sociedad serán mayores. El análisis de sensibilidad arrojó que la tasa de descuento, productividad maderable y los precios de la madera, cacao y cítricos son los factores que más afectan la rentabilidad de las tecnologías agroforestales propuestas, lo que sugiere que los productores requieren de apoyo financiero (créditos flexibles, incentivos) para la reforestación de sus fincas. La

cooperación externa de proyectos a los productores en la provisión de semillas certificada, material vegetativo de calidad, creación de viveros comunales para producir plantines en áreas de difícil acceso, la asistencia técnica en la selección de sitios y la capacitación en la siembra y manejo de maderables es sistemas agroforestales y legislación forestal son primordiales para iniciar el plan de reforestación de las fincas del Alto Beni.

VII. LITERATURA CITADA

- Abruzzese, R.A. 2005. Estrategias de vida como punto de partida para iniciativas empresariales en Alto Beni, Bolivia. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 133 p (sin publicar).
- Albertini, A; Nair, P.K.R. 2004. Farmers' perspectives on the role of shade trees in coffee production systems: an assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human Ecology*.32 (4): 443-462.
- Asare, R. 2005. Cocoa Agroforests in West Africa: a look at activities on preferred trees in the farming systems. *Forest & Landscape Working Papers* no. 6. Danish Centre for Forest, Landscape and Planning. England. 89 p.
- Bannister, M.E.; Nair, P.K.R. 2003. Agroforestry adoption in Haiti: the importance of household and farm Characteristics. *Agroforestry Systems* 57: 149–157, 2003.
- Barrance, A.J.; Flores, L.; Padilla, E., Gordon, J.E.; Schreckenberg, K. 2003. Trees and farming in the dry zone of southern Honduras I: campesino tree husbandry practices. *Agroforestry Systems* 59: 97–106.
- Barrance, A.; Hellin, J. 2003. Factores clave para el éxito de programas de reforestación y regeneración natural. In *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Eds: Cordero, J.; Boshier, D.H. pag 71-102.
- Bentley, J; Boa, E; Stonehouse, J. 2004. Neighbor trees: shade, intercropping, and cacao in Ecuador. *Human Ecology*. 33 (2): 241-270.
- Beer, J.; Ibrahim, M.; Somarriba, E.; Barrance, A.; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Eds: Coredero, J.; Boshier, D.H. pag 198-242.
- Bonilla, G; Somarriba, E. 2000. Tipologías cafetaleras del Pacífico de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 7 (26): 27-29.
- Browder, J.O.; Aparecido, E.T.; Soares Abdala, W.B. 1996. Is sustainable tropical timber production financially viable? A comparative analysis of mahogany silviculture among small farmers in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics* 16: 149-157.
- Calvo, G; Meléndez, L. 1999. Pseudoestacas de laurel para el enriquecimiento de cacaotales. *Agroforestería en las Américas*. 6(22):25-27.

- Cannon P; Galloway, G. 1995. Foresting Regional Unity: The Madeleña project of Central America. *Journal of Forestry* 25:32-35.
- Cornelius, J.P. 2001. The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany (*Swietenia macrophylla*) trees. *Forest Ecology and Management*. 148: 287-289.
- Current, D; Sherr, J. 1995. Farmers costs and benefits from agroforestry and forestry projects in Central America and the Caribbean: implication for policy. *Agroforestry Systems* 30: 87-103.
- Díaz, Y.V. 1995. Socioeconomía y silvicultura del establecimiento de plantaciones forestales en fincas pequeñas del cantón Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 115 p.
- Escalante, E. 1987. Promising agroforestry systems in Venezuela. *Agroforestry Systems*. 3: 209-221.
- Escalante, M; Somarriba, E. 2001. Diseño y manejo de cafetales en el occidente de El Salvador. *Agroforestería en las Américas*. 8 (30): 8-16.
- Evans, J. 1999. Planted forest of the wet and dry tropics: their variety, nature, and significance. *New Forest*. 17: 25-36.
- Fisher, A; Vasseur, L. 2002. Smallholder perceptions of agroforestry projects in Panama. *Agroforestry Systems*. 54:103-113.
- Fortman, L. 1985. The tree tenure factor in agroforestry with particular reference to Africa. *Agroforestry Systems*. 2: 229-251.
- Gobbi, J.A. 2000. Is biodiversity-friendly coffee financially viable?. An analysis of five different coffee productions systems in western El Salvador. *Ecological Economics* 33: 267-281.
- Haggar, J; Wightman, K; Fisher, R. 1997. The potential of plantations to foster woody regeneration whiting a deforested landscape in lowland Costa Rica. *Forest Ecology and Management*. 55: 64-74.
- Haggar, J; Buford, C; Butterfield, R. 1998. Native species: a resource for diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest Ecology and Management*. 106: 195-203.
- Jifon, J.L; Syvertsen, J.P. 2003. Moderate shade can increase net gas exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. *Tree physiology* 23:119-127.
- Koku, J.E. 2002. Tree planting, local knowledge and species preferences in the South Tongu District of Ghana: Some perspectives. *GeoJournal* 57: 227-239.
- Leiva, J. 1993. Evaluación de tres especies forestales en plantación pura y sistema taungya en la parte alta de la cuenca del Río Achiguate, Guatemala: Resultados de cinco años de investigación. Tesis Ing. For. Universidad de San Carlos de Guatemala. 61 p.
- López, A; Orozco, L. Somarriba, E; Bonilla, G. 2003. Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38): 74-79.
- Llenderal, T. Somarriba, E. 1999. Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 6(23). 30-32.
- Lujan, R.; Beer, J.; Kapp, G. 1996. Manejo y crecimiento de tres especies maderables en el valle de Sixaola, Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No 21. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 73 p.

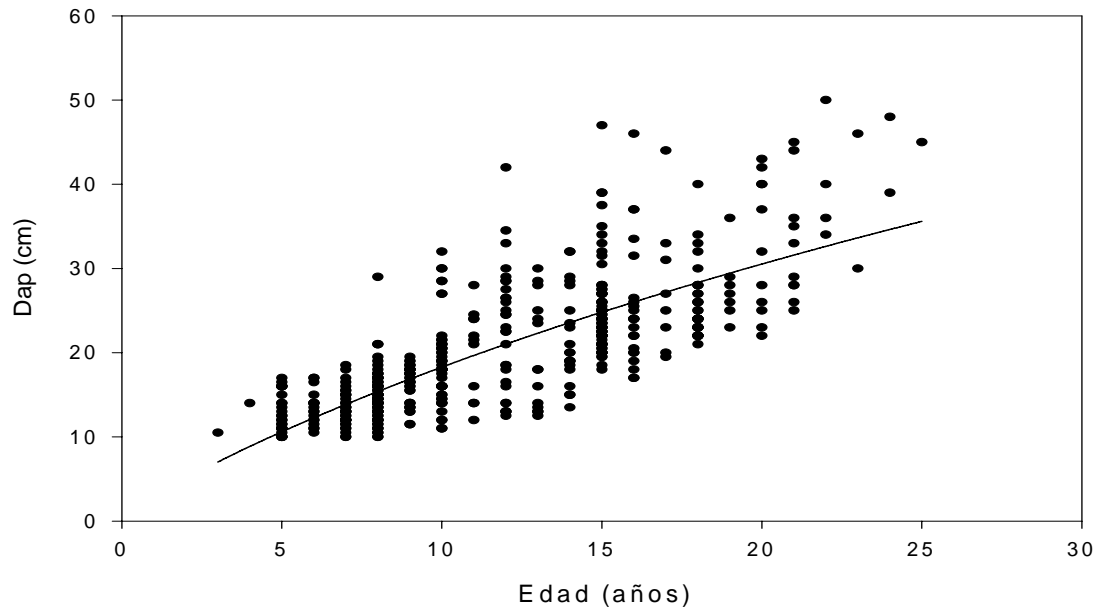
- Martin, A. 2003. On knowing what trees to plant: local and expert perspectives in the Western Ghats of Karnataka. *Geoforum* 34: 57–69.
- Matos, E; Beer, J; Somarriba, E; Gómez, M; Current, D. 2000. Validación, adopción inicial y difusión de tecnología agroforestal en cacaotales con indígenas Ngobe, Panama. *Agroforesteria de las Americas*. 7 (26): 7-9.
- Metha, N.G; Leuschner, W.A. 1997. Financial and economic analyses of agroforestry systems and a commercial timber plantation in the La Amistad Biosphere Reserve, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 37: 175–185.
- Milz, J. 2001. Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque. DED (Servicio Alemán de cooperación social-técnica), CARE-MIRNA. Editorial Desing. La Paz, Bolivia, 91 p.
- Morobel, J.C. 1989. Comportamiento de *Acacia mangium* en diferentes sistemas de plantación manejados por pequeños agricultores en Zambrana, Cotui, República Dominicana. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, C.R. 85 p.
- Mussak, FM; Larman, JG. 1989. Farmer's production of timber trees in the cocoa-coffee region of coastal Ecuador. *Agroforestry Systems* 9:155-170.
- Navarro, G. 2004. Diseño y análisis microeconómico de los mecanismos monetarios de fomento a las plantaciones forestales en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*. 43:36-48.
- Neupane, R.P; Thapa, G.B. 2001. Impact of agroforestry intervention on farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. *Agroforestry Systems* 53: 31–37, 2001.
- Pérez, L.D., Kanninen, M. 2005. Estimación del volumen comercial a diámetros y alturas variables para *Tectona grandis* en Costa Rica. *Revista forestal Centroamericana* (39-40): 56-59).
- PIAF (Proyecto de implementación agroecológica y forestal- El Ceibo). 2000. Guía de especies forestales del Alto Beni. PIAF-El Ceibo. Editorial DED-La Paz, Bolivia. 196 p.
- _____. 2002. Catalogo de maderas alternativas en la zona de Alto Beni. Editorial DED-La Paz, Bolivia. 68 p.
- Piotto, D; Montagnini, F; Kanninen, M, Ugalde, L; Viquez, E. 2002. Comportamiento de las especies y preferencia de los productores: plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana*. 38:59-66.
- Ramírez, O.A.; Somarriba, E.; Ludewigs, T.; Ferreira, P. 2001. Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. *Agroforestry Systems* 51:141-154.
- Ravindran, D.S.; Thomas, T.H. 2000. Trees on farms, stores of wealth and rural livelihoods insights and evidence from Karnataka, India. *International Forestry Review*. 2(3): 182-189.
- Russell, D.; Franzel, S. 2004. Trees of prosperity: agroforestry, markets and the African smallholder. *Agroforestry Systems* 61: 345–355.
- Sánchez, J; Dubón, A. 2001. Efecto del uso de especies no tradicionales como sombra permanente en el cultivo de cacao. En: FHIA Programa de Cacao y Agroforesteria. La Lima, Cortés, Honduras. Informe técnico 2001. p 7-15.
- Scherr, S.J.; Current, D. 1997. What Makes Agroforestry Profitable for Farmers? *Agroforestry Today*. October-December. 50-58.

- Segura, E; Faustino, J; Jiménez, F; Páez, G; Gómez, M; Ibrahim, M. 2000. Contribución de las tecnologías agroforestales a la economía y el bienestar de los pequeños productores en tierras de ladera en El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 7 (26): 10-13.
- Somarriba, E; Beer, J; Morataya, R; Calvo, G. 1998. Linderos de *Tectona grandis* en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá. *Revista Forestal Centroamericana* (oct-dic) 28: 15-21.
- Somarriba, E; Valdivieso, R; Vásquez, W; Galloway. 2001. G. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 51: 111–118, 2001.
- Somarriba, E.; Stoian, D; Zelada, E; Palencia, G. 2002. Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 69 p. (documento del proyecto).
- Somarriba, E.; Trivelato, M.; Villalobos, M.; Suárez, A.; Benavides, P.; Moran, K.; Orozco, L.; López, A. 2003. Diagnóstico agroforestal de pequeñas fincas cacaoteras orgánicas de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38) p. 24-30.
- Suárez, I.A. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba. C.R. 74 p.
- Suatunce, P.; Somarriba, E.; Harvey, C.; Finegan, B. 2003. Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38). 31-35.
- Summers, P.M; Browder, J.O, Pedlowski, M.A. 2004. Tropical forest management and silvicultural practices by small farmers in the Brazilian Amazon: recent farm-level evidence from Rondonia. *Forest Ecology and Management* 192:161–177.
- Tavares, F.C.; Beer, J.; Jiménez, F.; Schroth, G.; Fonseca, C. 1999. Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café. *Agroforestería en las Américas*. 6(23):17-20.
- Vega, M. 2005. Planificación agroforestal participativa de las fincas del Alto Beni, Boliva. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba. C.R. 104 p.
- Viera, C.J.; Kopsell, E.; Beer, J.; Lok, R.; Calvo, G. 1999. Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales. *Agroforestería en las Américas*. 6(23): 21-23.
- Winterbottom, R.; Hazlewood, P. 1987. Agroforestry and sustainable development: making the connection. *Ambio*. 2-3: 100-110.
- Yamada, M, Gholz, H.L. 2002. An evaluation of agroforestry systems as a rural development option for the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 55: 81–87.

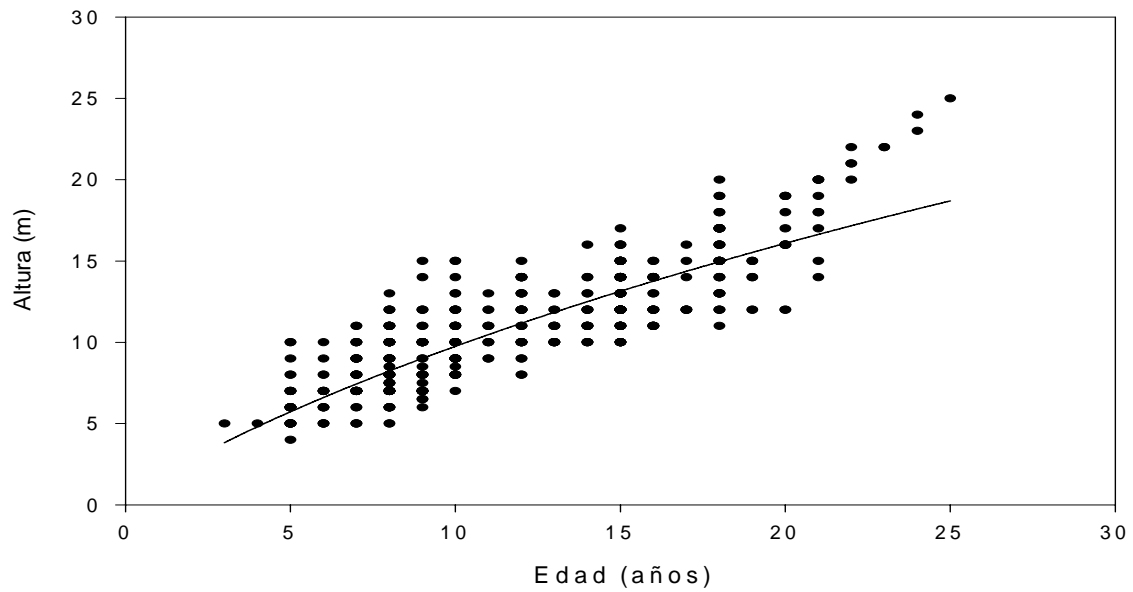
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Curvas de ajuste del modelo de Chapman por especie para las variables dap (cm) y altura total (m).

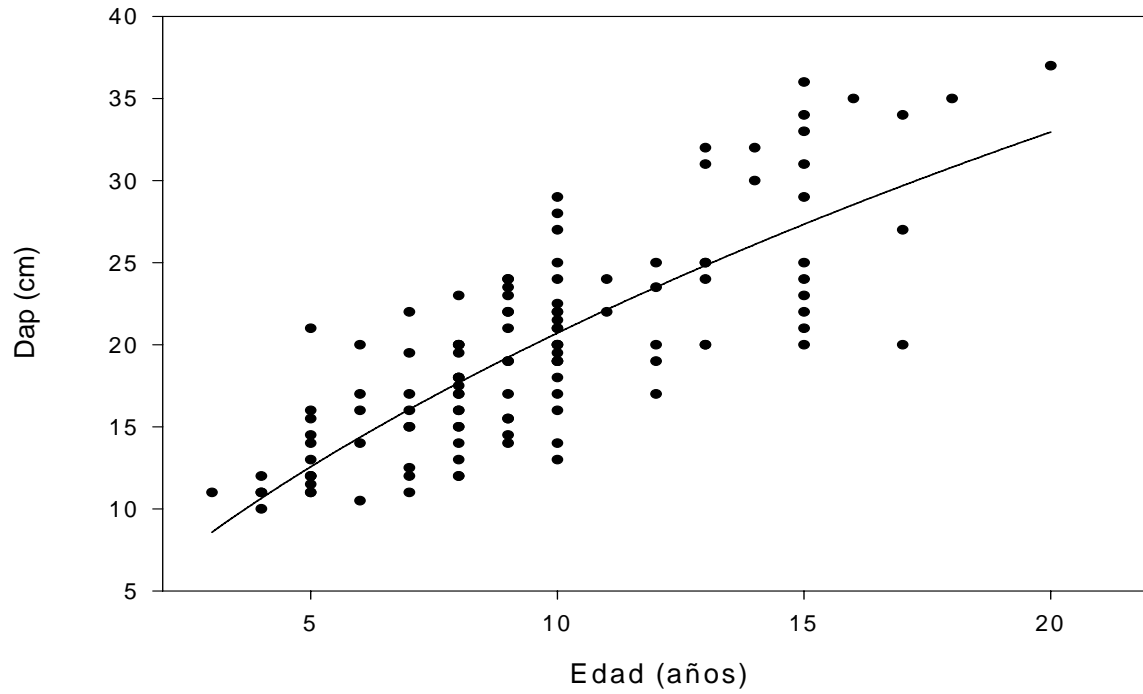
Curva de ajuste para el dap observado en Caoba ($R^2 = 0.65$)



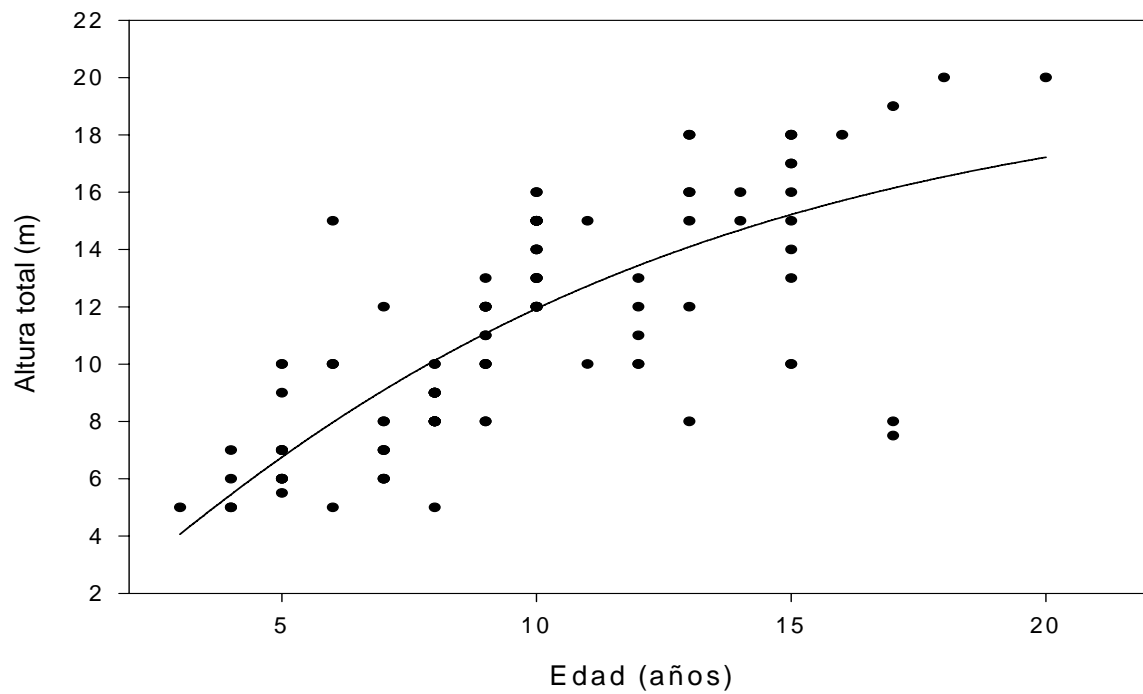
Curva de ajuste para la altura total observada de Caoba ($R^2 = 0.71$)



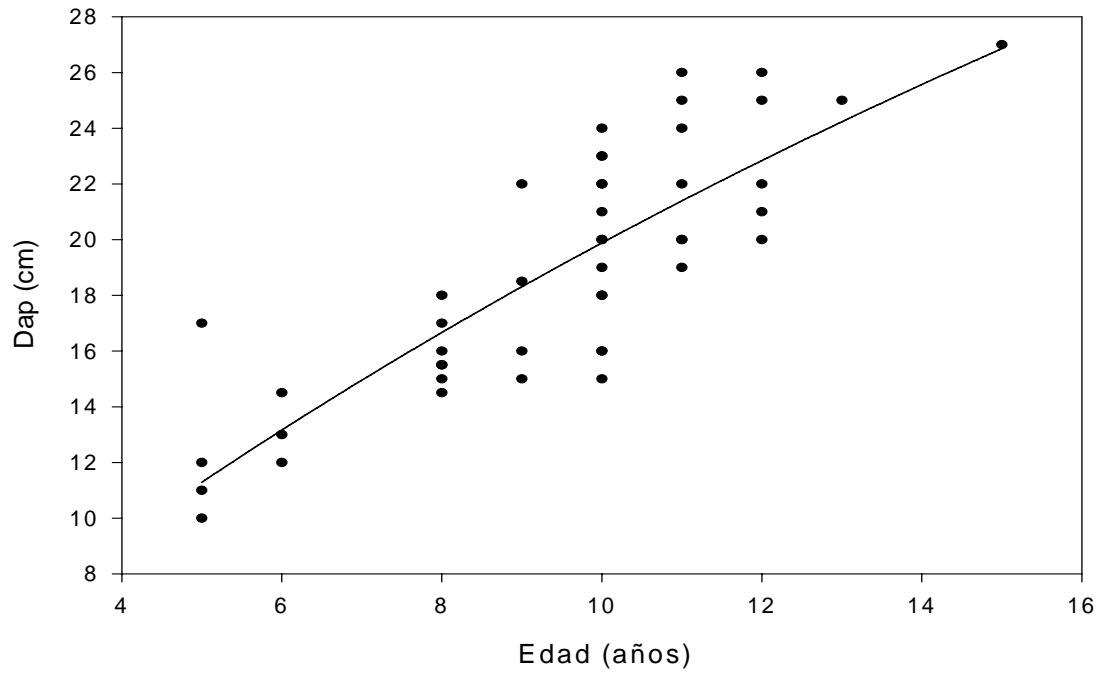
Curva de ajuste para el dap observado en Cedro ($R^2 = 0.67$)



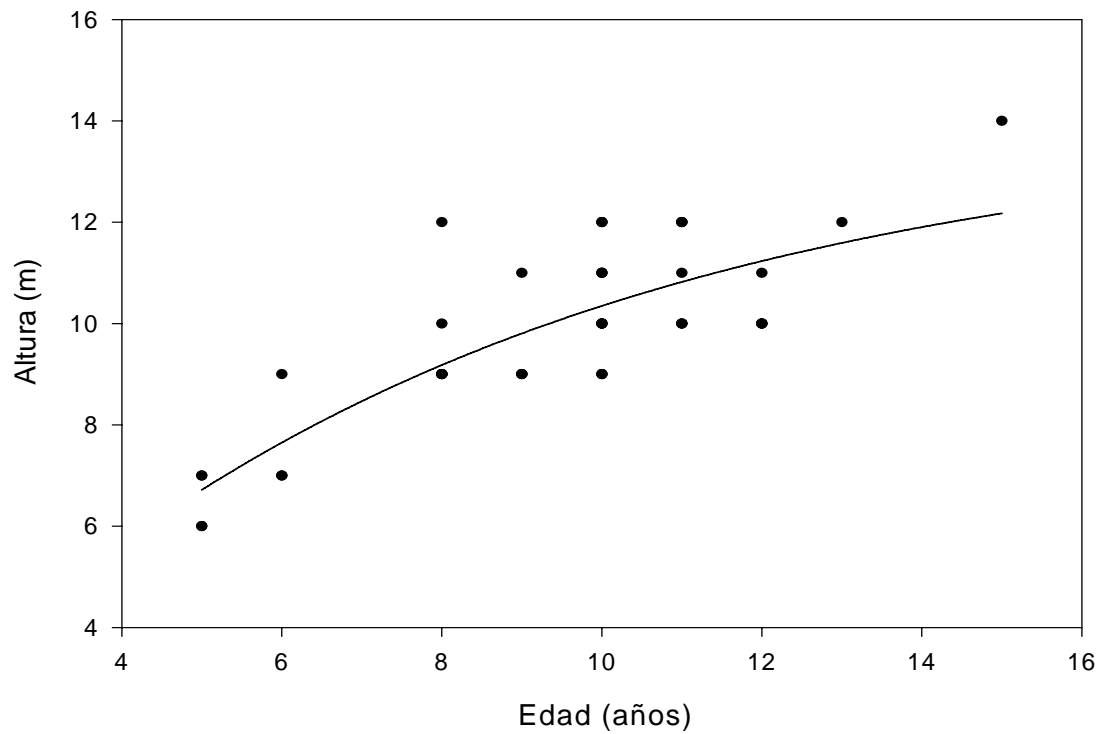
Curva de ajuste para la altura total observada en Cedro ($R^2 = 0.65$)



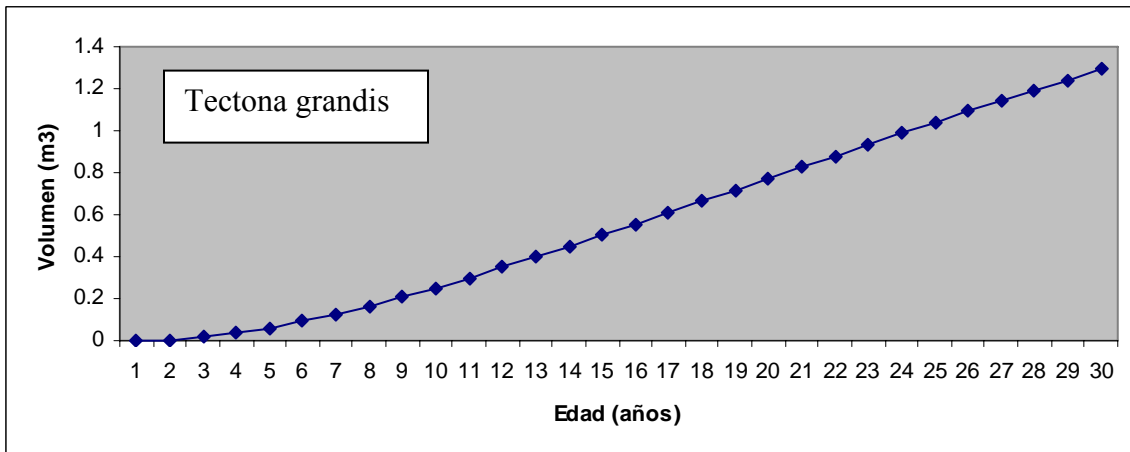
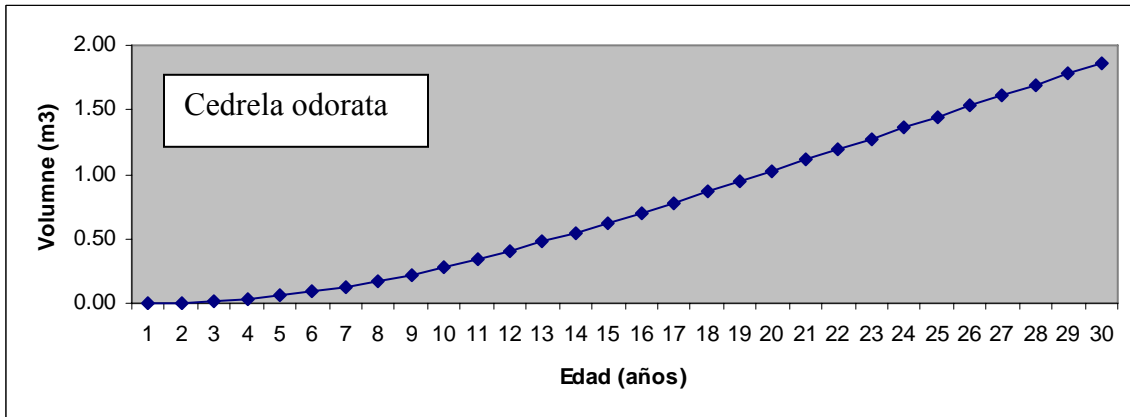
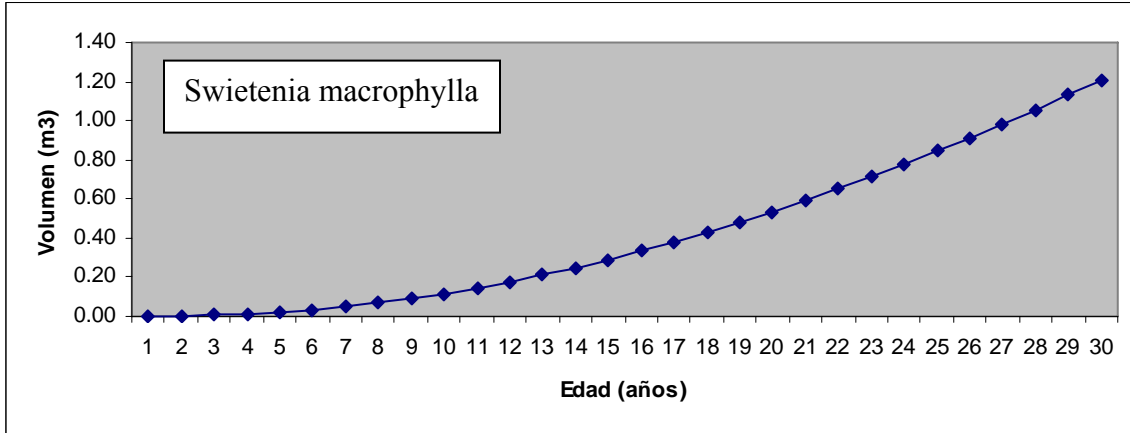
Curva de ajuste para el dap observado en Teca ($R^2 = 0.68$)



Curva de ajuste para la altura total observada en Teca ($R^2 = 0.65$)



Anexo 2. Curvas de rendimiento volumétrico total por árbol de las especies maderables a plantar en las fincas del Alto Beni, Bolivia.



Anexo 3. Número total de individuos por especie maderable y tecnología agroforestal solicitados por los productores para enriquecer las fincas cacaoteras del Alto Beni, 2005.

Nombre común	Nombre científico	Plantaciones puras	Linderos	Cacaotales	Plantación de cítricos	Sombra banano	Sombra café	Árboles dispersos	Total
Huasicucho	<i>Centrolobium occhroxylum</i>	3560	2165	3140	185	135	40	175	9400
Mara	<i>Swietenia macrophylla</i>	2750	1660	2105	205	55	40	25	6840
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	2530	975	1660	110	195	25	0	5495
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	2090	1360	1625	95	230	55	15	5470
Teca	<i>Tectona grandis</i>	1080	2140	900	90	15	45	45	4315
Quina quina	<i>Myroxylum balsamun</i>	1525	1105	1240	145	135	35	0	4185
Toco colorado	<i>Piptademia buchtienii</i>	965	425	955	80	25	0	50	2500
Paquio	<i>Hymenaes courbaril</i>	745	870	640	80	90	40	0	2465
Nogal	<i>Juglans boliviana</i>	680	560	725	65	90	0	43	2163
Ajo ajo	<i>Gallesia integrifolia</i>	630	565	575	30	0	35	25	1860
Picon negra	<i>Cordia alliodora</i>	580	425	600	90	110	0	0	1805
Gabu	<i>Virola flexuosa</i>	570	260	585	105	150	25	30	1725
Goma	<i>Hevea brasiliensis</i>	325	470	450	35	95	10	12	1397
Palo maria	<i>Calophyllum brasiliense</i>	615	250	125	75	30	0	0	1095
Colomero	<i>Cariniana estrellensis</i>	135	330	410	60	70	0	20	1025

Tarara	<i>Plastimymiscium fragans</i>	480	160	190	0	130	25	0	985
Mara macho	<i>Tapirira guianensis</i>	455	210	205	70	0	0	20	960
Huayruro	<i>Ormosia Spp</i>	175	175	275	10	0	60	0	695
Soleman	<i>Hura crepitans</i>	255	180	150	35	30	10	0	660
Cuta	<i>Astronium falaxinifolium</i>	150	60	345	100	0	0	0	655
Cuchi	<i>Astronium urundeuva</i>	160	140	305	10	20	0	0	635
Verdolago	<i>Terminalia oblonga</i>	190	200	185	30	0	0	0	605
Jacaranda	<i>Jacaranda copaia</i>	200	125	60	0	0	0	0	365
Cedro beniano	<i>Cabralea canjereana</i>	110	105	135	10	0	0	0	360
Castaña	<i>Bertolletia excelsa</i>	0	230	90	0	0	10	0	330
Isigo	<i>Tetragastris altissima</i>	50	0	220	10	0	0	0	280
Momoqui	<i>Caesalpinia pliviosa</i>	150	20	100	0	0	0	0	270
Sangregrado	<i>Croton draconoides</i>	40	145	50	5	20	10	0	270
Ajipa amarillo	<i>Pentaplaris davidsmithii</i>	150	30	50	15	0	0	0	245
Chuchuasi	<i>Maytenus leavis</i>	100	0	55	30	0	0	0	185
Copaibo	<i>Copaifera reticulata</i>	140	20	0	0	0	0	0	160
Topero	<i>Aspidosperma macrocarpa</i>	0	50	30	50	0	0	0	130
Trompillo	<i>No disponible</i>	75	0	50	0	0	0	0	125
Almendrillo	<i>Dypterix odorata</i>	0	35	60	15	0	0	0	110

Gabetillo	<i>Aspidosperma rigidum</i>	85	0	25	0	0	0	0	110
Incienso	<i>No disponible</i>	50	15	10	0	0	15	10	100
Palo zapallo	<i>Sterculia apetala</i>	50	0	35	0	0	0	0	85
Cedrillo	<i>Spondias mombin</i>	75	0	0	0	0	0	0	75
Eucalipto	<i>Eucalyptus Spp</i>	60	0	15	0	0	0	0	75
Tajibo	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0	60	10	0	0	0	0	70
Bibosi rojo	<i>Ficus killipii</i>	0	0	50	0	15	0	0	65
Flor de mayo	<i>Ceiba speciosa</i>	25	0	35	0	0	0	0	60
Copal	<i>Dacyioides spp</i>	50	0	0	0	0	0	0	50
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	0	0	50		0	0	0	50
Huevo de perro	<i>Leonia crassa</i>	50	0	0	0	0	0	0	50
Sangre de toro	<i>Otoba parvifolia</i>	0	5	40	0	0	0	0	45
Mascajo	<i>Clarisia biflora</i>	0	0	40	0	0	0	0	40
Pino	<i>Pinus spp</i>	0	20	0	0	0	0	0	20
Paraiso	<i>Melia azedarach</i>	0	0	10	0	0	0	0	10
Total		22105	15545	18610	1840	1640	480	470	60690

Anexo 4. Costos de establecimiento de 30 árboles maderables en cacaotales viejos de las fincas del Alto Beni, Bolivia, 2005.

Costos de establecimiento año 1	Actividad	Insumo	Medida	Frecuencia	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
	compra de plantas	plantines	árboles	1	30	0.62	18.6
	demarcación y ahoyado	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
	siembra y resiembra	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
	control de tujo	mapex	kg	1	0.5	3.2	1.55
	aplicación	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
Costos de mantenimiento año 2-4	control de tujo	mapex	kg	1	0.5	3	1.5
	aplicación	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
Costos de manejo año 4-6	poda	jornales	D/H	1	1	3.71	3.71
Costos de cosecha años entre 16 y 21	motosierrista	jornales	D/H	1	5	7.42	37
	ayudante	jornales	D/H	1	5	6.12	30

Anexo 5. Costos de establecimiento de 24 árboles maderables en plantaciones de cítricos de las fincas del Alto Beni, Bolivia, 2005.

Costos de establecimiento año 1	Actividad	Insumo	Medida	Frecuencia	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
	compra de plantas	plantines	árboles	1	24	0.62	14.8
	demarcación y ahoyado	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
	siembra y resiembra	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
	control de tujo	mapex	kg	1	0.5	3.2	1.55
	aplicación	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
Costos de mantenimiento año 2-4	control de tujo	mapex	kg	1	0.5	3	1.5
	aplicación	mapex	kg	1	0.5	3.2	1.55
		jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
Costos manejo año 4-6	poda	jornales	D/H	1	1	3.71	3.71
costos de cosecha año 30	motosierrista	jornales	D/H	1	5	7.42	37

	ayudante	jornales	D/H	1	5	6.19	30
--	----------	----------	-----	---	---	------	----

Anexo 6. Costos de establecimiento de una plantación pura de maderables 0.25 ha en las fincas del Alto Beni, Bolivia, 2005.

Costos de establecimiento año 1	Actividad	Insumo	Medida	Frecuencia	Cantidad	Costo unitario(US\$)	Costo total(US\$)
	limpieza del terreno	jornales	D/H	1	5	3.71	18.55
	estaquillado	jornales	D/H	1	3	3.71	11.13
	ahoyado	jornales	D/H	1	3	3.71	11.13
	compra de plantas	plantines	árboles	1	300	0.62	186
	siembra	jornales	D/H	1	5	3.71	18.54
	resiembra	jornales	D/H	1	1	3.71	3.71
	poda	jornales	D/H	1	5	3.71	18.54
	control de tujo	mapex	kg	2	2	3	6
	desyerba	jornales	D/H	3	5	3.71	18.55
Costos de manejo (año 2-5)	desyerba	jornales	D/H	3	5	3.71	18.55
	rodajas	jornales	D/H	1	5	3.71	18.55

	poda	jornales	D/H	1	3	3.71	11.12
	control de tujo	mapex	kg	1	2	3	6
Primer raleo	raleo	jornales	D/H	1	2	3.71	7.42
Costos de mantenimiento (6-10)	rodajas	jornales	D/H	1	3	3.71	11.12
	rondas	jornales	D/H	1	1	3.71	3.71
Segundo raleo	raleo	jornales	D/H	1	5	3.71	18.54
Costos de vigilancia (años 11-25)	vigilancia	jornales	D/H	1	0.5	3.71	1.85
Costos de cosecha (años entre 16-25)	motosierrista	jornales	D/H	1	15	7.42	111
	ayudante	jornales	D/H	1	15	7.42	111
	aserrado	jornales	D/H	1	10	7.42	74.2
	carga y arrastre	jornales	D/H	1	10	7.42	74.2

Anexo 7. Costos de establecimiento de 750 m de linderos maderables en las fincas del Alto Beni, Bolivia, 2005.

Costos de establecimiento año 1	Actividad	Insumo	Medida	Frecuencia	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total(US\$)
	limpieza del terreno	jornales	D/H	1	5	3.71	18.5
	estaquillado	jornales	D/H	1	2	3.71	7.42
	ahoyado	jornales	D/H	1	2	3.71	7.42
	siembra	jornales	D/H	1	2	3.71	7.42
	compra de plantas	plantines	árboles	1	250	0.62	155
	resiembra	plantines	árboles	1	3	3.71	11.13
	desyerba	jornales	D/H	3	5	3.71	18.55
	rodajas	jornales	D/H	1	1	3.71	3.71
	control de tujo	mapex	kg	1	2	3	6
Costos de manejo (años 2-5)	desyerba	jornales	D/H	3	5	3.71	18.5
	rodajas	jornales	D/H	1	5	3.71	18.5
	poda	jornales	D/H	1	3	3.71	11.13
	control de tujo	mapex	kg	1	2	3	6
Primer raleo (5 año)	raleo	jornales	D/H	1	5	7.42	18.5
Costos de	desyerba	jornales	D/H	1	5	3.71	18.54

mantenimiento (6-25)							
	control de tujo	mapex	kg	1	2	3	6
Costos de cosecha (años entre 16 y 21)	motosierrista	jornales	D/H	1	15	7.42	111.3
	ayudante	jornales	D/H	1	15	7.42	111.3
	aserrado	jornales	D/H	1	10	7.42	74.2
	carga y arrastre	jornales	D/H	1	10	7.42	74.2