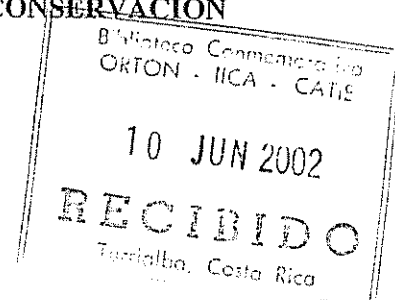


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



// APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE MADERA DE *Cordia alliodora*
Y *Cedrela odorata* DE REGENERACIÓN NATURAL EN CACAOTALES Y
BANANALES DE INDÍGENAS DE TALAMANCA, COSTA RICA

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

Magister Scientiae

Por

✓
Alfonso Suárez Islas

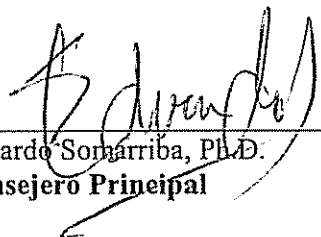
Turrialba, Costa Rica

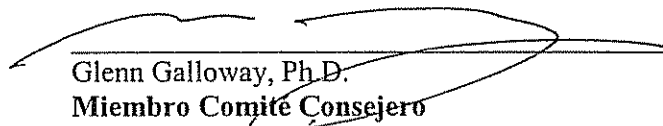
2001

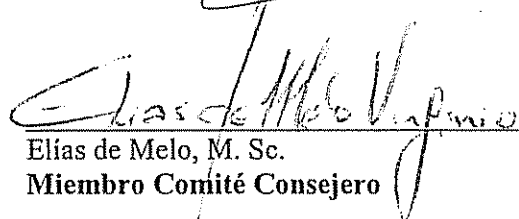
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:


MAGISTER SCIENTIAE


FIRMANTES:


Eduardo Somarriba, Ph.D.
Consejero Prineipal


Glenn Galloway, Ph.D.
Miembro Comité Consejero


Elias de Melo, M. Sc.
Miembro Comité Consejero


Ali Moslemi, Ph.D.
Director Escuela de Posgrado


Alfonso Suarez Islas
Candidato

Dedicatoria

**A los pueblos indígenas de América
Nuestra primera raíz**

A mi tía Alejandra Suárez Perea, q.p.d.

A mi mamá, mi papá, hermana y hermano

A mi novia

A mis amigas y amigos

A mis maestras y maestros

Agradecimientos

Al Ph.D. Eduardo Somarriba por la dirección en este trabajo y por sus gestiones para apoyar económicamente la realización de mis estudios de maestría en el CATIE.

A los miembros del comité asesor, Ph.D. Glenn Galloway y M.Sc. Elias de Melo por sus valiosas aportaciones a esta investigación.

Al M.Sc. William Vázquez y al Ph.D. Manuel Guariguata por sus aportaciones y sugerencias.

Al Sr. Gustavo López del Departamento de Estadística del CATIE por su asesoría en los análisis estadísticos y procesamiento electrónico de la información.

Al Proyecto “Biodiversity Conservation and Sustainable Production in Indigenous Organic Cacao Farms of Talamanca, Costa Rica”: CATIE-GEF, por el apoyo económico y logístico para esta investigación y conclusión de mis estudios en el CATIE.

A los Srs. Abelardo Torres, presidente de ADITIBRI; Gregorio Ríos, presidente de ADITICA y Sr. Rigoberto Gabb, Inspector Forestal; por las facilidades prestadas dentro de los territorios indígenas para la realización de la investigación.

Al Sr. Walter Rodríguez, Gerente de APPTA; Geog. Luis Tenorio e Ing. For. Carlos Sevilla de NAMASÖL, por las facilidades e información prestada para este estudio.

A los finqueros y finqueras indígenas Bribri y Cabécar por su colaboración y conocimientos compartidos.

A los Srs. Carlos Cascante Layan e Ignacio Rodríguez Arias por su valiosa ayuda como guías en los Territorios indígenas y como compañeros de trabajo en el levantamiento de los inventarios. También a Diarmaid Rayan por su ayuda al comienzo del trabajo de campo.

A mis amigas y amigos del CATIE: Raimunda Santana, Alana Aguiar, Mario Sagastizado, Tomás Moreno, Alfredo Caballero, Karen Hernández, Jaime Florez, Cristina Yepez, Claudia Muñoz y Claudia Restrepo, gracias por todo su apoyo.

Biografía

El autor nació en la ciudad de Tulancingo, Hidalgo, México el nueve de noviembre de 1972.

Realizó los estudios primarios en la escuela Miguel Hidalgo y secundarios en la Escuela Secundaria Federal 2, de la misma ciudad.

En 1987 inicio estudios de bachillerato en el Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario 126 de estación de Apulco, Hidalgo, obteniendo el título de Técnico agropecuario.

En 1990 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde obtuvo en 1995 el grado de Ingeniero Forestal con orientación en Silvicultura.

Se ha desempeñado profesionalmente como:

- En 1996 como Asesor Técnico de la Asociación de Silvicultores de Tulancingo, Hidalgo; proporcionando asesoría para el aprovechamiento del hongo de pino (*Tricholoma magnivelare*).
- En 1997 como Asesor Técnico del Despacho de servicios técnicos “Agroforestería Tropical Los Tuxtles”, San Andrés Tuxtla, Veracruz; asesorando en el establecimiento de plantaciones agroforestales de cedro rojo (*Cedrela odorata*) con cultivos de maíz y café.
- En 1998-1999 como Investigador auxiliar en la Especialidad Forestal del Colegio de Posgraduados, Montecillos, México; colaborando en diversas investigaciones de producción de planta forestal en vivero.

En enero del 2000 ingresó al programa de posgrado del CATIE, donde obtuvo el grado de MSc. en Agroforestería Tropical en diciembre del 2001.

Contenido

	Página
Aprobación	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Biografía	v
Contenido	vi
Resumen	ix
Summary	x
Lista de cuadros	xi
Lista de figuras	xii
Lista de anexos	xiii
I. Introducción general	1
II. Objetivos	3
III. Hipótesis	3
IV. Revisión de literatura	4
1. Laurel (<i>C. alliodora</i> [Ruiz y Pavón] Oken)	4
1.1. Botánica y ecología del laurel	4
1.2. El laurel en sistemas agroforestales (SAF) y silvopastoriles (SSP)	5
1.3. Regeneración del laurel en SAF	5
1.4. Crecimiento y rendimiento del laurel	6
2. Cedro amargo (<i>Cedrela odorata</i> L.)	7
2.1. Botánica y ecología	7
2.2. El cedro amargo en sistemas agroforestales (SAF)	7
2.3. Regeneración natural	8
3. Predicción del rendimiento en masas forestales	9
3.1. Modelos por clase de tamaño	9
3.2. El modelo matricial de Usher	10
4. Literatura citada	11

V. Artículo 1	
<i>Cordia alliodora</i> y <i>Cedrela odorata</i> en cacaotales y bananales de Indígenas de Talamanca, Costa Rica	16
1. Introducción	16
2. Métodos y Materiales	17
2.1. Zona de estudio	17
2.2. Población de estudio y muestreo	18
2.3. Inventario	20
2.4. Estructura de la población y estimación de las existencias de madera	20
2.5. Conocimiento tradicional sobre manejo del laurel	21
3. Resultados	22
3.1. Características biofísicas de las parcelas	22
3.2. Densidad y abundancia	22
3.3. Existencias de madera	23
3.4. Estructura de las poblaciones	26
3.5. Calidad de forma del fuste	27
3.6. Estado fitosanitario	27
3.7. Conocimiento tradicional del manejo del laurel	28
4. Discusión	29
4.1. Características dasométricas	29
4.2. Estructura de las poblaciones	31
4.3. Recomendaciones de manejo	31
5. Conclusiones y recomendaciones	32
6. Literatura citada	33
VI. Artículo 2	
Aprovechamiento sostenible de madera de <i>Cordia alliodora</i> de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica	35
1. Introducción	35
2. Métodos y Materiales	36
2.1. Zona de estudio	36
2.2. Información base	36
2.3. Estimación de la tasa de corta	37
2.4. Estimación del crecimiento diamétrico	37

2.5. Proyección del rendimiento de madera	38
2.6. Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento de madera	41
3. Resultados	42
3.1. Tasa de corta	42
3.2. Crecimiento en diámetro	43
3.3. Proyección del rendimiento e incremento de madera	44
3.4 Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento	47
4. Discusión	47
4.1. Tasa de corta y crecimiento diamétrico	47
4.2. Proyección de la distribución diamétrica e incremento de madera	49
4.3. Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento	49
5. Conclusión y recomendación	50
6. Literatura citada	50
VII. Conclusiones y recomendaciones	51
VIII. Anexos	52

Suárez, 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 MSc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

RESUMEN

El laurel (*Cordia alliodora*) y el cedro amargo (*Cedrela odorata*) son los principales árboles maderables de los cacaotales (C) y bananales (B) de los indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. En este estudio se determinó la sostenibilidad del aprovechamiento del laurel y se caracterizó a la población del cedro amargo en estos sistemas agroforestales. En el 2001 se realizó un inventario en 68 plantaciones de cacao y banano, se midió el $d \geq 5$ cm de todos los árboles de las dos especies y se calificó la forma del fuste y estado fitosanitario. El rendimiento en volumen comercial ($d \geq 45$ cm) del laurel se proyectó para cada plantación utilizando un modelo de matrices de transición tipo Usher, el modelo emplea información de crecimiento diamétrico y supervivencia. El crecimiento diamétrico se estimó de mediciones de los anillos de crecimiento anual de discos basales, obtenidos de árboles aprovechados en dos condiciones de crecimiento: valle y ladera. Las tasas de supervivencia derivada de la mortalidad (natural y por aprovechamiento), se dedujo de la curva de distribución diamétrica. El análisis de la sostenibilidad partió del supuesto de mantener un volumen comercial igual al estimado en el 2001. Si el incremento periódico anual en volumen comercial: $iparc > 0$, entonces el aprovechamiento es sostenible. La densidad (G) y existencias totales de madera (Vt) de laurel fueron diferentes (Mann Whitney, $P < 0.05$) entre C ($G = 3.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y $Vt = 41.14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y B ($G = 2.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y $Vt = 23.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). En el cedro amargo, $G = 0.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en los C y $G = 0.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en los B, el volumen comercial fue de $1.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los C y de $0.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los B. La estructura de las poblaciones de laurel y cedro amargo fue disetánea, siendo diferentes entre C y B. La calidad del fuste del laurel fue buena, siendo más frecuentes los poco sinuosos; para el cedro amargo fue regular y fueron más frecuentes los fustes poco sinuosos bifurcados, producto del daño por *Hypsipyla grandella*. En el laurel el principal problema fitosanitario fue el matapalo (*Phoradendrum* sp.), cuya infección aumenta con la edad del árbol. La tasa de aprovechamiento del laurel fue de 0.89 y $0.12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en C y B, respectivamente. El crecimiento diamétrico fue rápido, un $d = 45$ cm se alcanza a los 17 años en el valle ($ima = 2.65 \text{ cm año}^{-1}$) y a los 24 años en la ladera ($ima = 1.87 \text{ cm año}^{-1}$). Los rendimientos en volumen comercial proyectados para los próximos cinco años son crecientes, el incremento anual periódico ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en el valle es de 2.15 en C y 1.51 en B, en la ladera son de 1.58 en C y 1.16 en B. Por lo tanto el aprovechamiento de madera del laurel en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca es sostenible. Se recomienda la validación del modelo y en su caso la calibración.

Suárez, A. 2001. Sustainable utilization of *Cordia alliodora* and *Cedrela odorata* timber from natural regeneration in cocoa and banana plantations in indigenous communities in Talamanca, Costa Rica. M.Sc. Thesis. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

SUMMARY

Cordia alliodora and *Cedrela odorata* are the main timber trees found in cocoa (C) and banana (B) plantations in the Bribri and Cabécar indigenous communities in Talamanca, Costa Rica. This study was aimed to determine sustainability of *C. alliodora* utilization and to characterize *C. odorata* populations under these agroforestry systems. In the year 2001, an inventory was carried out in 68 cocoa and banana plantations, when $d \geq 5$ cm in all trees of both species was measured and stem form and plant sanitary conditions were evaluated. Yield in commercial volume ($d \geq 45$ cm) of *C. alliodora* was estimated for each plantation using a transition matrix model, Usher type. The model uses information on diametric growth and survival. Diametric growth was estimated based on measurements of annual growing rings of the basal disks, obtained from utilized trees under two growing conditions: valley and hillside. Survival rate derived from mortality (natural and due to utilization) was deduced from the curve of diametric distribution. Sustainability analysis was based on the assumption of maintaining the same commercial volume as that of the year 2001. If the periodic annual increase in commercial volume is $pa_{vc} > 0$, then the utilization is sustainable. Density (G) and total timber stocks (Vt) of *C. alliodora* were different (Mann Whitney, $P < 0.05$) between C ($G = 3.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and $Vt = 41.14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) and B ($G = 2.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and $Vt = 23.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). In *C. odorata*, $G = 0.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ in C and $G = 0.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ in B, commercial volume was $1.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in C and $0.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in B. The structure of *C. alliodora* and *C. odorata* populations was uneven-aged, thus different between C and B. *C. alliodora* stem quality was good and little sinuous ones more frequent; for *C. odorata*, stem quality was regular and little sinuous forked ones were more frequent, due to damage caused by *Hypsipyla grandella*. In *C. alliodora* the main phytosanitary problem was weeds (*Phoradendrum* sp.), whose infection increased with tree aging. Utilization rate of *C. alliodora* was 0.89 and $0.12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in C and B, respectively. Diametric growth was fast, $d = 45$ cm is reached at 17 years old in the valley ($mai = 2.65 \text{ cm year}^{-1}$) and at 24 years old in hillsides ($mai = 1.87 \text{ cm year}^{-1}$). Yields in commercial volume estimated for the next five years are growing, annual periodic increase ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) in the valley is 2.15 in C and 1.51 in B; in hillsides, figures are 1.58 in C and 1.16 in B. Thus, *C. alliodora* timber utilization in cocoa and banana plantations in indigenous communities in Talamanca is sustainable. Model validation, and calibration if necessary, is recommended.

Lista de cuadros

Cuadro 1.	Superficie promedio y parámetros dasométricos de la población total ($d \geq 5$ cm) y de árboles comerciales ($d \geq 45$ cm) de laurel y cedro amargo en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	24
Cuadro 2.	Parámetros del modelo Weibull para las dos poblaciones de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	26
Cuadro 3.	Calidad de la forma del fuste de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	27
Cuadro 4.	Estado fitosanitario de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica	28
Cuadro 5.	Parámetros dasométricos del laurel de regeneración natural en SAF del trópico americano.	30
Cuadro 6.	Ecuaciones empleadas en la normalización de los diámetros medidos en anillos anuales de crecimiento en discos de laurel, Talamanca, Costa Rica.	38
Cuadro 7.	Tasa anual de corta de madera de laurel por categoría diamétrica ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$) en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica, periodo 1999-2001.	43
Cuadro 8.	Probabilidades de paso ($E_{i,t}$) y permanencia ($R_{i,t}$) en categorías diamétricas para árboles de laurel en diferentes SAF y condiciones de crecimiento, Talamanca, Costa Rica.	45
Cuadro 9.	Proyección del rendimiento de madera comercial de laurel en $m^3 ha^{-1}$ ($d \geq 45$ cm) por 5 años en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	45
Cuadro 10.	Proyección de los incrementos volumétricos de madera comercial ($d \geq 45$ cm) de laurel por 5 años en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	46
Cuadro 11.	Parámetros de crecimiento de laurel de regeneración natural en SAF del trópico americano	48

Lista de figuras

Figura 1.	Localización del área de estudio y ubicación de las plantaciones muestreadas.	19
Figura 2.	Distribución diamétrica (línea), de volumen (barras) y de volumen comercial (barras punteadas) de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.	25
Figura 3.	Distribuciones diamétricas de las poblaciones de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica ajustadas con el modelo de Weibull. Valores de los parámetros en el cuadro 2.	26
Figura 4.	Diámetros de los árboles de laurel aprovechados en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	42
Figura 5.	Diámetros a diferentes edades en árboles de laurel en el valle y la ladera ajustados con el modelo de crecimiento de Chapman-Richards, Talamanca, Costa Rica.	44
Figura 6.	Sostenibilidad del aprovechamiento de madera de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica, periodo 2002-2006. Análisis basado en el incremento periódico anual en volumen comercial (ipa_{vc}). CV y CL : cacaotales del valle y ladera, respectivamente. BV y BL : bananales del valle y la ladera, respectivamente.	46

Lista de anexos

Anexo 1.	Base de datos de localización de las plantaciones inventariadas.	54
Anexo 2.	Base de datos de características biofísicas de las plantaciones muestreadas.	56
Anexo 3.	Base de datos de la distribución diamétrica de laurel por plantación (número de árboles).	58
Anexo 4.	Base de datos de existencias de madera de laurel por categoría diamétrica por plantación (m ³).	60
Anexo 5.	Base de datos de la distribución diamétrica de cedro amargo por plantación (número de árboles).	62
Anexo 6.	Base de datos de existencias de madera de cedro amargo por categoría diamétrica por plantación (m ³).	64
Anexo 7.	Información base para el cálculo de los coeficientes de la matriz de transición del modelo de predicción del rendimiento de laurel en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.	66
Anexo 8.	Proyección del rendimiento e incremento para cinco años en volumen comercial ($d \geq 45$ cm) de madera de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.	67
Anexo 9.	Formato de inventario forestal	69
Anexo 10.	Formato de cuestionario sobre aprovechamiento de madera y conocimiento local sobre el laurel.	71
Anexo 11.	Laurel en cacaotales. Esta especie es un importante recurso de las fincas indígenas de Talamanca.	73
Anexo 12.	Cedro amargo en los límites de una plantación de banano. A pesar de su escasez, aún se encuentran árboles de buenas características fenotípicas para árboles semilleros en los territorios indígenas de Talamanca.	74

APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE MADERA DE *Cordia alliodora* Y *Cedrela odorata* DE REGENERACIÓN NATURAL EN CACAOTALES Y BANANALES DE INDÍGENAS DE TALAMANCA, COSTA RICA

I. Introducción general

Las fincas de los indígenas Bribri y Cabecar de Talamanca, Costa Rica incluyen cacao orgánico (*Theobroma cacao* Linn.), áreas agrícolas en barbecho, banano orgánico (*Musa* AAA), plátano (*Musa* AAB), huerto casero y potreros (Somarriba, 2000). Los cacaotales y bananales son manejados como sistemas agroforestales (SAF) multiestratos con un dosel de sombra que incluye especies frutales, medicinales, maderables y no maderables (Guiracocha, 2000; Trujillo, 2001), lo cual favorece la conservación de la biodiversidad en las fincas (Parrish *et al.*, 1999; Guiracocha, 2000). Debido a que el territorio indígena forma parte del Parque Nacional La Amistad y se encuentra rodeado de otras áreas protegidas, estas fincas son zonas de amortiguamiento (Borge y Villalobos, 1995). Por otra parte para la economía familiar indígena, el banano y el cacao son los cultivos más importantes (Gómez, 2001).

El laurel (*Cordia alliodora* [Ruiz y Pavón] Oken) y el cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) son las principales especies maderables en las fincas indígenas de Talamanca. El laurel representa el 40% del área basal total del dosel de sombra en los cacaotales y el 54% en los bananales (Guiracocha, 2000). No se conoce la densidad del cedro amargo en estas fincas. Laurel y cedro son ideales en sistemas agroforestales con cultivos perennes porque la madera es de alta calidad, son de rápido crecimiento y se regeneran naturalmente en forma profusa, tienen una copa rala y en el caso del laurel buena autopoda (Fuentes, 1979; Greaves y McCarter, 1990). El manejo de las poblaciones del laurel y cedro amargo para la producción de madera, es una oportunidad para mejorar los beneficios económicos y ecológicos de las fincas orgánicas de cacao y de banano. El potencial de los SAF con maderables ha sido poco documentado (Beer *et al.*, 2000); pocos trabajos han abordado el estudio de la abundancia y manejo sostenible de recursos maderables en agroecosistemas de pueblos indígenas (Lawrence *et al.*, 1995; Pastrana *et al.*, 1999).

La madera del laurel y del cedro amargo son empleadas para la construcción de viviendas, botes, bateas y muebles y son las más apreciadas por los indígenas (Borge y Castillo, 1997). La venta de madera complementa el ingreso económico del cacaotal en épocas de bajos precios, como cuando la

moniliasis [*Moniliophthora rorei* (Cif. & Par)] llegó a Costa Rica en 1979 y disminuyó la producción de cacao drásticamente (Beer, 1980; Combe *et al.*, 1981). Los registros de autorizaciones de aprovechamiento forestal en la Reserva Indígena Bribri, indican que en los últimos dos años y medio, el laurel y el cedro amargo representaron respectivamente el 77% y 18% de un volumen total autorizado de 681 m³. Un 82% de las autorizaciones de aprovechamiento de laurel y el 64% de las de cedro, se dan en los cacaotales y bananales orgánicos. Se desconoce si el aprovechamiento de madera bajo las tasas actuales de extracción es sostenible.

El aprovechamiento y manejo sostenible del recurso maderable es una de las prioridades en la agenda forestal y ambiental de las autoridades indígenas encargadas de formular políticas forestales y ambientales sostenibles. Los territorios Bribri y Cabécar cubren una superficie de 66 419 ha. Sin embargo, la mayor parte de la población, unas 6500 personas, se encuentran concentradas en 17 000 ha (26% del territorio) del valle y piedemonte (Borge y Castillo, 1997). El incremento y concentración de la población están aumentando la presión sobre la madera de los cacaotales y bananales (Borge y Castillo, 1997; Carlos Sevilla, asesor Proyecto Namasöl, com. pers. marzo 2001). Información sobre la densidad, existencias de madera, estructura de las poblaciones, crecimiento y tasa de aprovechamiento es fundamental para conocer la base de recurso disponible y determinar las estrategias de manejo.

En este trabajo se busca responder a las siguientes preguntas: ¿Qué volumen de madera de laurel y cedro amargo contienen los cacaotales y bananales?, ¿Cómo es la estructura diamétrica de las poblaciones de laurel y cedro amargo en los cacaotales y bananales?, ¿Cuál es la tasa de aprovechamiento de laurel?, ¿Cuál es la tasa de crecimiento del laurel?, ¿Cómo maneja el finquero indígena el laurel en sus fincas?, ¿Es sostenible el aprovechamiento de laurel en los cacaotales y bananales?, ¿Cómo manejar el laurel que regenera naturalmente en cacaotales y bananales para asegurar un rendimiento sostenible y económicamente atractivo?.

II. Objetivos

Objetivo general:

Determinar si el aprovechamiento actual de madera del laurel en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca es sostenible.

Objetivos específicos:

- Determinar el rendimiento de madera del laurel y cedro amargo.
- Determinar la tasa de aprovechamiento actual del laurel.
- Determinar el conocimiento local sobre el manejo de laurel.

III. Hipótesis

- El crecimiento del laurel en las fincas indígenas es mayor que las tasas actuales de extracción. ✓
- Los finqueros indígenas tienen un amplio conocimiento del manejo del laurel en sus cacaotales y bananales orgánicos. ✓

IV. Revisión de literatura

1. Laurel (*C. alliodora* [Ruiz y Pavón] Oken)

1.1. Botánica y ecología del laurel

El laurel es un árbol deciduo, de tamaño mediano a grande, con contrafuertes poco desarrollados, fuste circular o angular con corteza fisurada o agrietada, las ramas comienzan a un 60% de la altura total (Jiménez, 1967). Puede alcanzar hasta 40 m de altura y 1 m en diámetro en condiciones óptimas (Opler y Janzen, 1983; Somarriba y Beer, 1987). La copa es redonda a subpiramidal, con diámetro reducido y con ramificación verticilada (CATIE, 1994). Las hojas son simples, alternas en espiral al final de las ramas, (Johnson y Morales, 1972). En la unión entre las ramas y los ejes de las inflorescencias se presentan abultamientos habitados por hormigas (CATIE, 1994). Las flores son hermafroditas, blancas, pequeñas y dispuestas en racimos, predomina la polinización cruzada, efectuada principalmente por insectos; los pétalos de las flores son persistente y funcionan como alas para la dispersión de las semillas por el viento (Opler y Janzen, 1983; Boshier *et al.*, 1995). Alcanza la madurez sexual aproximadamente a los cinco años, siendo la producción de semilla muy variable entre árboles y diferentes años (Boshier *et al.*, 1995). Por su carácter deciduo presenta un crecimiento diamétrico estacional que origina anillos anuales distinguibles, con los que se puede estimar la edad del árbol (Tschinkel, 1966)

La especie es nativa de América tropical, se distribuye desde los 25° de latitud N en la costa del Pacífico en México, hasta los 25° Sur en Argentina (Johnson y Morales, 1972). Sin embargo, es más frecuente desde el Sur de México, Centroamérica, el norte de Sudamérica y también en las Antillas (CATIE, 1994). En la vertiente Atlántica de América Central crece desde el nivel del mar hasta 800 m de altitud, mientras que en la vertiente del Pacífico se le ha encontrado hasta los 1200 m de altitud (Boshier y Mesén, 1989). El laurel alcanza su máximo desarrollo en el bosque húmedo tropical y muy húmedo tropical (Pérez, 1954), con precipitaciones mayores de 2000 mm anuales, aunque puede crecer en zonas secas con alrededor de 1000 mm; la temperatura debe mantenerse entre 18 y 32° C, con una media anual de 25° C (CATIE, 1994). Exige suelos bien drenados, de textura franca y hasta franco arcillosa, relativamente fértiles (Salas y Franco, 1978).

1.2. El laurel en sistemas agroforestales (SAF) y silvopastoriles (SSP)

El laurel se encuentra en muchos de los SAF y SSP que se practican en el área de distribución de esta especie, debido a que es compatible con pastos, cacao, café y caña, así como por su buena calidad de madera (Current *et al.*, 1998). Los agricultores permiten la regeneración del laurel en sus parcelas y regulan las poblaciones de este árbol, constituyendo un componente ecológico y económico importante dentro de la finca (Somarriba, 1999). Debido a que es una especie pionera que requiere de iluminación plena (aunque puede sobrevivir bajo una sombra leve), el laurel coloniza áreas abiertas tanto en bosques como en terrenos agrícolas abandonados, llegando a formar rodales coetáneos monoespecíficos. Los árboles presentan una dominancia apical definida, de fuste recto, con buena autopoda natural y una copa reducida que permite la transmisión de un alto porcentaje de radiación solar al estrato inferior de cultivos y pastos. (Pérez, 1954; Bronstein, 1984; Geilfus, 1989; Greaves y McCarter, 1990).

El laurel en cacaotales es un árbol de sombra productiva y de fácil manejo (Martínez y Enríquez, 1984). En comparación al sombrío de leguminosas arbóreas como: *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* e *Inga edulis*, los rendimientos y las pérdidas en el cultivo por enfermedades como *M. rorei* y *Phytophthora palmivora* son similares en asocio con laurel (Somarriba y Beer, 1999), pero desde el punto de vista financiero, el laurel es superior a éstas leguminosas por la producción de madera de alto valor comercial (Trejos y Platen, 1995). Sin embargo, algunos productores consideran que el laurel no es la especie más apta como sombra de cacao debido a que su sistema radical compite con el cultivo (Combe *et al.*, 1983).

El laurel es uno de los árboles más abundantes en los potreros de Costa Rica. Los ganaderos los mantienen porque no afectan negativamente la productividad y calidad de las pasturas, además, la madera ayuda a reducir el riesgo de la fluctuación de precios de la carne y la leche (Bronstein, 1984; Pezo *et al.*, 1999). Sin embargo la especie presenta limitantes, como la reducción de su crecimiento en potreros con suelos compactados (CATIE, 1994), y por otra parte el efecto alelopático del pasto *Melinis minutiflorum* sobre los brinzales (Marinero, 1964).

1.3. Regeneración del laurel en SAF

La capacidad de regeneración del laurel en campos agrícolas y potreros es alta, gracias a que produce una gran cantidad de semillas con una buena capacidad de germinación cuando están

frescas. Un árbol adulto de laurel produce en promedio 1.3 kg año de semillas (40000 a 100000 semillas/kg), la cual es dispersada en un radio de aproximadamente 20 m (Boshier y Lamb, 1997). Con estos datos y suponiendo una germinación del 50%, Somarriba (1999) estimó que un árbol reproductor potencialmente puede producir anualmente 145 plantas por m² en su vecindad inmediata. Factores como la condición de humedad del suelo, depredación de las semillas por aves y preparación del terreno determinan el éxito en la germinación de las semillas. La supervivencia de los brinzales depende en gran medida de la competencia con las malezas (Tschinkel, 1965).

Bajo el dosel de un bosque secundario la germinación de las semillas de laurel es alta (75%), pero la longevidad de las semillas cae rápidamente en tres meses y la supervivencia y crecimiento son bajas (Guariguata, 1999). Para la siembra directa del laurel se recomienda: el tratamiento de las semillas con repelentes contra aves, la preparación del terreno con quema, labranza y enterrado ligero de las semillas al inicio de la estación lluviosa y después de la germinación, el control de la vegetación competidora (Tschinkel, 1965).

1.4. Crecimiento y rendimiento del laurel

El laurel crece mejor en asocio agroforestal que en plantaciones puras, aunque existen algunas excepciones en sitios con condiciones muy buenas (CONIF, 1988a; CATIE, 1994). El sistema Taungya con laurel ensayado en Baja Talamanca, mostró que en asocio con maíz y jengibre durante la fase inicial de la plantación, alcanzó mayor crecimiento y supervivencia en comparación a plantaciones puras, además los ingresos por los cultivos anuales amortizaron los costos de plantación (Kapp y Beer, 1995; Platen, 1996). El crecimiento diamétrico del laurel asociado en sistemas agroforestales y silvopastoriles se incrementa en el orden: pasto, caña de azúcar, café y cacao (Somarriba y Beer, 1987). Estos autores estimaron que las plantaciones en asocio agroforestal con una densidad de 68 a 290 árboles ha⁻¹ pueden rendir un volumen total de 298 a 690 m³ ha⁻¹, a los 34 años de edad.

2. Cedro amargo (*Cedrela odorata* L.)

2.1. Botánica y ecología

El cedro amargo es un árbol decíduo, de hasta 40 m de altura, con copa amplia, follaje ralo, raíces extendidas y superficiales y base del fuste con contrafuertes. El fuste es cilíndrico, la corteza muerta es agrietada, de color gris y la corteza viva es fibrosa y rosada. Las hojas son alternas paripinadas, sin estípulas, agrupadas al final de la rama, con 5 a 11 pares de folíolos opuestos. Inflorescencia terminal en panícula, flores perfectas de 6 a 9 mm de longitud, blancas. El fruto es una cápsula oblongo-elipsoidal de 4 a 7 cm de longitud, con dehiscencia septicida, dividida en 5 lóculos que contienen de 30 a 40 semillas fértiles. La semilla es achatada, ovalada, de 0.5 cm de largo y alada (Lamb, 1969; Osorio, 1982).

El cedro amargo es originario de la América tropical, desde los 24° de latitud Norte en México, hasta los 27° de latitud Sur en el norte de Argentina, incluyendo las islas del Caribe (Jiménez, 1970). Se le encuentra en los bosques pluviales decíduos y bastante secos de las regiones tropicales calientes; sin embargo su desarrollo óptimo ocurre en las selvas semidecíduas por debajo de los 1000 m de altitud, con una precipitación entre 1200 y 2000 mm al año (Bascopé, *et al.* 1957). Una estación seca bien marcada de unos 4 a 5 meses es fundamental para la defoliación y producción de frutos y semillas (Lamb, 1969). Debido su carácter decíduo, algunos autores proponen que se puede estimar la edad de los árboles mediante el conteo de sus anillos de crecimiento (Rosero, 1976; Castaing, 1982). Es una especie que aparece en el estado sucesional avanzado del bosque secundario en suelos poco deteriorados (Budowski, 1965). Para su mejor desarrollo requiere de suelos fértiles, profundos, bien drenados, aireados, con buena disponibilidad de elementos mayores y bases intercambiables (CONIF, 1988b). En regiones con alta precipitación, el buen drenaje del suelo es el factor físico más importante para el desarrollo del cedro amargo, en tales condiciones prefiere los suelos arcillosos calizos de las colinas y laderas (Marshall, 1939; Beard, 1942).

2.2. El cedro amargo en sistemas agroforestales (SAF)

El cultivo del cedro amargo bajo condiciones de plantación pura ha tenido poco éxito debido al ataque del barrenador del brote apical (*Hypsipyla gradella* Zeller), cuyos daños en las plantas jóvenes no permiten que alcancen un desarrollo aceptable (Ford, 1979). El asocio del cedro con diversos cultivos, seleccionado de la regeneración natural o plantado, permite obtener árboles

comerciales (Sabogal, 1983). En Costa Rica el cedro amargo se le puede encontrar asociado con café, pastos y caña de azúcar, siendo la combinación con café la más común e importante (Sabogal, 1983).

En los cafetales, las labores de manejo como fertilización y deshierbe, así como el continuo aporte de materia orgánica producto de la poda del café y del manejo de la sombra benefician indirectamente al cedro (Sabogal, 1983). El ataque del barrenador del brote, probablemente se vea disminuido debido a que el cafetal proporciona un medio óptimo para un vigoroso y rápido crecimiento apical, que le permite tener una mayor tolerancia al ataque (Budowski, 1981). Por otra parte, las densidades relativamente bajas en comparación con las plantaciones puras, probablemente ayuden a disminuir la incidencia del insecto (Beer, 1978; Ford, 1979).

En el Andén Pacífico Colombiano, el cedro amargo se regenera de manera muy abundante en los campos agrícolas, lo que ha motivado a proponer un plan de manejo preliminar (CONIF, 1988b). Se ha propuesto mantener durante el primer año una densidad aproximada de 400 árboles ha^{-1} asociado a cultivos como el maíz o yuca, del segundo al cuarto año se asocia con arroz en rotación con maíz y yuca, del cuarto al séptimo año se deja en rastrojo y se ralea un 50% de los árboles. Del séptimo año en adelante se establecen cultivos perennes como caña, plátano o cacao, en el año doce se hace el segundo raleo dejando unos 126 árboles ha^{-1} . La corta final se hace a los 16 años, cuando se espera un área basal de 21 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, un diámetro medio de 46 cm y un volumen comercial de 189 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (CONIF, 1988b).

2.3. Regeneración natural

El cedro produce una gran cantidad de semillas aladas, característica de muchos árboles invasores (Holdridge, 1976). Las semillas germinan bien, aún sobre las hojas del mantillo, pero las plántulas están sujetas a disturbios dentro del bosque como las lluvias intensas que saturan de humedad las hojas del mantillo, ocasionando mortalidad sobre las plantas recién germinadas (Marshall, 1939). Para poder regenerarse, aprovecha pequeños claros dentro del bosque primario, formados por el efecto de la caída de otros árboles. El desarrollo posterior de la regeneración establecida, depende considerablemente de la competencia de la regeneración secundaria más agresiva que tiende a suprimirla, permitiendo solo la supervivencia de los individuos más vigorosos con un crecimiento vertical continuo; además, el ataque de *H. grandella* disminuye aún más la probabilidad de supervivencia (Shultz, 1960). Una buena regeneración puede ocurrir después de un incendio forestal

y la aparición oportuna de lluvias, por las condiciones adecuadas de luminosidad, la desecación del suelo y la hojarasca, el aporte de nutrientes y la disminución de la competencia radicular (Marshall, 1939).

3. Predicción del rendimiento en masas forestales

El manejo forestal, mediante la aplicación de sistemas silviculturales tiene como meta maximizar la cosecha permanente de madera, sin reducir el potencial de crecimiento futuro de la masa forestal. La toma de decisiones racionales sobre la intensidad y oportunidad de las prácticas silviculturales, requieren que la respuesta de la masa forestal a estas operaciones sea cuantificada adecuadamente. Los estudios de crecimiento y rendimiento son los medios para este fin (Alder, 1980).

Un modelo de crecimiento de un bosque es una abstracción de la dinámica natural de un rodal y puede abarcar crecimiento, mortalidad y otros cambios en la composición y estructura. Un modelo se expresa como un sistema de ecuaciones para predecir el crecimiento y rendimiento de un rodal bajo una amplia variedad de condiciones. Los modelos de crecimiento de bosques se pueden agrupar en tres niveles (Vanclay, 1994). 1) *Modelos a nivel de rodal*: los cuales emplean como unidad básica de modelación las existencias volumétricas, área basal, volumen del rodal y parámetros que caracterizan la distribución diamétrica; adecuados para rodales coetáneos y plantaciones, las técnicas más comunes son las tablas y ecuaciones de rendimiento. 2) *Modelos de árboles individuales*: emplean al árbol individual como unidad básica de modelación, requieren mucho detalle sobre el tamaño de cada árbol en el rodal, posición espacial, altura y tamaño de copa, vecindario y micrositios; pueden ser tan complejos como aquellos que modelan ramas y características internas del fuste. 3) *Modelos por clase de tamaño*: los cuales por ser de interés de este trabajo se describe con mayor detalle a continuación.

3.1. Modelos por clase de tamaño

Este tipo de modelos emplean como unidad básica de modelación una clasificación de árboles, la cual puede ser por tamaño (el más común), especies, edad, etc. Esta aproximación es una transición entre los modelos de rodal y los de árboles individuales. Varias técnicas han sido propuestas, aunque muchas de ellas se originan del método clásico de la tabla de proyección del rodal. La tabla de proyección del rodal es una de las técnicas más viejas para determinar la composición futura en bosques disetáneos. El método predice la distribución diamétrica del rodal futuro a partir de la

distribución diamétrica presente, sus incrementos diamétricos y mortalidad; para esto, el rodal es dividido en clases diamétricas o en cohortes (Vanclay, 1994). Sin embargo, estos modelos no permiten evaluar los efectos de la densidad del rodal o las consecuencias de la heterogeneidad espacial (Alder, 1995).

Como una extensión lógica del método de la tabla de proyección del rodal, se desarrolló el modelo de matrices de transición (Vanclay, 1994). El modelo de matrices de transición inicialmente fue usada por Leslie (1945 y 1948) con poblaciones animales agrupadas por edades. Lefkovitch (1965) la adaptó posteriormente para estudios con insectos clasificados en etapas de desarrollo. Existen tres variaciones de esta aproximación: las cadenas de Markov, las matrices de Usher y sus generalizaciones. Las cadenas de Markov asumen que la probabilidad de movimiento de un árbol en una clase diamétrica dependerá solamente del estado actual y no de eventos históricos en el sistema. Entre un año y otro, un árbol en una clase diamétrica puede permanecer en la clase, crecer y pasar a la siguiente clase, ser cosechado o morir. Las probabilidades de paso son expresadas como una matriz (M) y son usadas para predecir cambios en la distribución diamétrica en un intervalo de tiempo: $n_t = M n_0$, o sobre varios intervalos de tiempo: $n_t = M^t v_0$; donde M es la matriz de Markov que contiene las probabilidad de movimiento, n_0 y n_t son los vectores que describen los estados inicial y final respectivamente, t es el número de intervalos (Vanclay, 1994).

3.2. El modelo matricial de Usher

En este modelo se elige un intervalo de clase tal que los árboles no puedan crecer más de una clase durante un año, los valores de fecundidad reflejan la cantidad de reclutamiento, que varía con la presencia de árboles en diferentes clases (Usher, 1966). Así, la matriz se reduce a cuatro vectores: crecimiento, fecundidad, aprovechamiento y mortalidad (Vanclay, 1994). Dado que la matriz M es constante, cualquier vector de distribución de edad inicial tenderá a una distribución constante (población estacionaria), donde cada clase permanece proporcionalmente constante en el tiempo con respecto a las demás, pero la población total puede incrementarse, permanecer constante o decrecer. Alcanzado este punto, $M n = \lambda n$, donde λ es un escalar denominado "raíz latente de la matriz M ". Entonces, después de que la población se hace constante, λ toma el lugar de M , esto es: $n_t = \lambda^t n_0$ (Vandermer, 1981).

Para árboles en sistemas agroforestales y silvopastoriles se han propuesto algunas aplicaciones basadas en el modelo de Usher. Somarriba (1990) desarrolló un modelo para estimar la producción

sostenible de madera en poblaciones disetáneas de *Cordia alliodora* en cafetales, usando coeficientes de transición derivados de las ecuaciones de crecimiento desarrolladas previamente por Somarriba y Beer (1987). Así, con diferentes distribuciones diamétricas iniciales, se simuló el comportamiento transitorio de la población hasta alcanzar un estado estacionario, logrando estimar el tiempo en que las poblaciones estabilizan la cosecha de árboles de un determinado diámetro de corta

Con algunas modificaciones al modelo de Usher, Somarriba (2001) modeló la dinámica poblacional de *Acacia pennatula* en las Mesas de Moropotenté, Nicaragua. Los coeficientes de transición de la matriz M , fueron calculados con base a las tasas anuales de paso y de permanencia, ajustadas por un factor de supervivencia por clase diamétrica. Empleando las combinaciones resultantes de diferentes tasas de reclutamiento, supervivencia y crecimiento de brinzales y estableciendo un diámetro mínimo de corta, se simuló el comportamiento de la población iterando la ecuación hasta obtener una población estacionaria. Los diferentes escenarios resultantes permitieron dilucidar el efecto de prácticas de manejo sobre la dinámica poblacional.

4. Literatura citada

- Alder D (1980) Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos; vol. 2 Predicción del rendimiento. Estudio FAO Montes 22/2. FAO, Roma, Italia. 198 p.
- Alder D (1995) Growth modelling for mixed tropical forest. Oxford Forestry papers no. 30. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. Oxford, UK. 231 p.
- Bascopé F, Bernardi AL, Lamprecht H (1957) Descripciones de árboles forestales II, El género *Cedrela* en América. Boletín Informativo Divulgativo. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela, 25 p.
- Beard JS (1942) Summary of silvicultural experience with Cedar, *Cedrela mexicana* MJ Roem. (*C. odorata* L.) in Trinidad. Caribbean Forester 3(3): 91-102.
- Beer J (1978) *Cedrela odorata* as a cash crop from coffee plantation. Reserach proposal. CATIE Turrialba, Costa Rica 15 p. (mimeogr.)
- Beer J (1980) *Cordia alliodora* con *Theobroma cacao*: una combinación tradicional agroforestal en el trópico húmedo. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Mim. sp.
- Beer J, Ibrahim M, Schlönvoigt A (2000) Timber production in tropical agroforestry systems of Central America. In: Proceedings XXI IUFRO World Congress Vol. 1, 7-12 August 2000, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 777-786.
- Borge C, Villalobos V (1995) Talamanca en la encrucijada. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 121 p.

- Borge C, Castillo R (1997) Cultura y conservación en la Talamanca indígena., Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 259 p.
- Boshier DH, Mesén F (1989) Breeding population of *Cordia alliodora* in Costa Rica. In Conference on Breeding Tropical Trees: Population Structure and Genetic Improvement Strategies in Clonal and Seedling Forestry (1988, Pattaya, Tailandia). Proceedings IUFRO Conference. Arlington, E.U. Winrock International. p. 406-407.
- Boshier DH, Chase MR, Bawa KS (1995) Population genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae) a neotropical tree. 3. Gene, flow, neighborhood, and population substructure. American Journal of Botany 82(4): 484-490.
- Boshier DH, Lamb AT (1997) *Cordia alliodora*: genética y mejoramiento de árboles. Tropical Forestry Papers No. 36. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, UK. 100 p.
- Bronstein GE (1984) Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyum* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica 110 p.
- Budowski G (1965) Distribution of tropical American trees in the light of successional processes. Turrialba 15: 40-42.
- Budowski G (1981) Cuantificación de las prácticas agroforestales tradicionales y de las parcelas de investigación controlada en Costa Rica. Trabajo presentado a la reunión consultativa sobre la investigación en plantas y agroforestería, ICRAF, Nairobi, Kenya, Abril, 1981. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 26 p.
- Castaing RA (1982) Algunos factores edáficos y dasométricos relacionados con el crecimiento y comportamiento de *Cedrela odorata* L. Tesis Mg. Sc., UCR-CATIE. Turrialba, CR 123 p
- CATIE (1994) Laurel (*Cordia alliodora*): especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No. 239. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 41 p.
- Combe J, Espinoza L, Kastl R, Vetter R (1983) Crecimiento del laurel en cacaotales y potreros de la zona Atlántica de Costa Rica. In: Agroforestería, Actas del Seminario realizado en el CATIE (1981, Turrialba, CR). CATIE-GTZ-DSE. p 83-87.
- CONIF (1988a) *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken: experiencias en Colombia. Poel, P van der comp. Serie Documentación No. 21. Convenio CONIF-Holanda, Bogotá, Colombia. 38 p.
- CONIF (1988b) Experiencias colombianas con cedro (*Cedrela odorata* L.). Guevara MG comp. Serie Documentación No. 12, Convenio CONIF-Holanda, Bogotá, Colombia. 85 p.
- Current D, Rossi LMB, Sabogal C, Nalvarte W (1998) Comparación del potencial de manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: estudios de caso en Brasi, Perú y Costa Rica. Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile. sp.
- Fuentes FR (1979) Coffee production farming systems in Mexico. In: G de las Salas (ed.) Proceedings of a Work-shop agroforestry systems in Latin America, Turrialba, Costa Rica, March, 1979. p. 60-72. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Ford L (1979) An estimate a of a yield of *Cedrela odorata* L. (Syn. *C. mexicana* Roem) grown in association with coffee. In: G de las Salas (ed.) Proceedings of a Work-shop agroforestry systems in Latin America, Turrialba, Costa Rica, March, 1979. p. 177-183. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies. Santo Domingo, RD, ENDA-CARIBE.
- Greaves A, McCarter PS (1990) *Cordia alliodora*, a promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No. 22. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. Oxford, UK 37 p.
- Gómez VVF (2001) Análisis de selección de mejoras en producción sostenible y conservación de la biodiversidad en fincas indígenas de cacao en Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 87 p.
- Guariguata MR (1999) Biología de semillas y plántulas de nueve especies arbóreas comunes en bosques secundarios de bajura en Costa Rica; Implicaciones para el manejo forestal basado en la regeneración natural. Serie Técnica, Informa Técnico No. 239. CATIE, Turrialba, CR. 17 p.
- Guiracocha G (2000) Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 128 p.
- Holdridge LR (1976) Ecología de las meliáceas latinoamericanas. In: Whitmore JL (ed.) Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep. Pyralidae) Vol. III. Misc. Publ. No. 101. IICA. Turrialba, Costa Rica. p. 7.
- Jiménez SH (1967) La identificación de los árboles tropicales por medio de las características del tronco y corteza. Tesis Mag. Sc. IICA. Turrialba, CR 138 p.
- Jiménez, SH (1970) Los árboles más importantes de la serranía de San Lucas, Colombia. Manual de identificación en el campo. INDERENA, División Forestal, Bogotá, Colombia. 240 p.
- Johnson P, Morales R (1972) A review of *Cordia alliodora* [(Ruiz y Pavón) Oken]. Turrialba 22:210-220.
- Kapp GB, Beer J (1995) A comparison of agrisilvicultural system with plantation forestry in the Atlantic lowlands of Costa Rica: Part I. Tree survival and growth. *Agroforestry Systems* (1995)32:207-223.
- Lamb A (1969) Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical: *Cedrela odorata*. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) 30-31: 15-19.
- Lawrence DC, Leighton M, Peart DR (1995) Availability and extraction of forest products in managed and primary forest around a Dayak village in West Kalimantan, Indonesia. *Conservation Biology* 9(1): 76-88.
- Leftkovich LP (1965) A study of population growth in organisms grouped, by stages. *Biometrics* 21:1-18.
- Leslie PH (1945) On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika* 35:183-212.
- Leslie HP (1948) Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika* 35:213-245.
- Marinero R (1964) Influencia de *Melinis minutiflora* en el crecimiento de *Cordia alliodora*. Turrialba 22(4):449-453.
- Marshall RC (1939). *Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago*. Oxford Univ. Press, London. 247 p.
- Martínez A, Enríquez G (1984) La sombra para el cacao; revisión de literatura y bibliografía anotada. Serie Técnica, Boletín Técnico No. 5. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 58 p.

- Opler PA, Janzen DH (1983) *Cordia alliodora* (laurel). In: Janzen D (ed.) Costa Rica Natural History. p. 219-221. University of Chicago Press, Chicago, US.
- Osorio RE (1982) El género *Cedrela* en América. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín, Colombia. 144 p.
- Parrish JD, Reitsma R, Greenberg R, Skerl K, McLarny W, Mack R, Lynch J (1999) El cacao como cultivo y herramienta de conservación en América Latina: frente a las necesidades del agricultor y de la biodiversidad forestal. Documento de trabajo América Verde No. 3b. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia, US 44 p.
- Pastrana A, Lok R, Ibrahim M, Viquez E (1999) El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales de los indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(23):69-71.
- Pérez FCA (1954) Estudio forestal del laurel *Cordia alliodora* (R&P) Cham, en Costa Rica. Tesis Mg. Sc. IICA, Turrialba, Costa Rica 182 p.
- Pezo D, Ibrahim M, Beer J, Camero LA (1999) Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica 47 p.
- Platen H von (1996) Alternativas de reforestación: Taungya y sistemas agrosilviculturales permanentes vs plantaciones puras: la economía. Serie técnica, Informe técnico no. 250. CATIE, Turrialba, CR, 55 p.
- Rosero P (1976) Zonificación y cultivo de meliaceas. In: Whitmore JL (ed.) Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep. Pyralidae) Vol. III. Misc. Publ. No. 101. IICA. Turrialba, Costa Rica. p. 21-25.
- Sabogal C (1983) Observaciones sobre la combinación de *Cedrela odorata* con café en Tabarcia-Palmichal (Cantón Puriscal). In El componente arbóreo en Acosta y Puriscal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 90-101.
- Salas G de las, Franco M (1978) Influencia del factor edáfico sobre el crecimiento inicial del laurel (*Cordia alliodora*), en las terrazas del Río Mira, Nariño, Colombia., CONIF, Bogotá, Colombia. 34 p.
- Schulz JP (1960) Ecological studies on rain forest in Northern Surinam. The vegetation of Suriname. Verhand Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk. Ser. 2(53):1
- Somarriba E (1990) Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry Systems* 10: 253-263.
- Somarriba E (1999) Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. *Agroforestería en las Américas* 6(24):31-34.
- Somarriba, E (2000) Biodiversity conservation and sustainable production in indigenous organic cacao farms of Talamanca, Costa Rica. Medium-sized project. Global Environmental Facility / CATIE. Turrialba, CR. 56 p.
- Somarriba E (2001) *Acacia pennatula* en los potreros de la reserva natural Mesas de Moropotenté, Estelí, Nicaragua. En prensa.
- Somarriba E, Beer J (1987) Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 18(2):113-126.
- Somarriba E, Beer J (1999) Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(22):7-11.

- Trejos S, Platen H von (1995) Sombras maderables para cacaotales, aspectos económicos. Serie Técnica, Informe Técnico No. 266. CATIE, Turrialba, Costa Rica 47 pp.
- Tschinkel HM (1965) Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Cham. Turrialba 15(4):317-324.
- Tschinkel HM (1966) Annual growth rings in *Cordia alliodora*. Turrialba 16(1):73-80.
- Usher MB (1966) A matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests. J. Appl. Ecol. 3:355-367.
- Vanclay JK (1994) Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forest. CAB International, Oxford, UK. 312 p.
- Vandermeer JH (1981) Elementary mathematical ecology. John Wiley & Sons. New York. 291 p.

V. Artículo 1

Cordia alliodora y *Cedrela odorata* en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica

Palabras clave: Bribri, Cabécar, cacao orgánico, banano orgánico, inventario forestal, existencias maderables, distribución diamétrica

1. Introducción

Los indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica cultivan cacao (*Theobroma cacao* L.) y banano (*Musa* sp. AAA) orgánico como una de sus estrategias de supervivencia (Borge y Castillo, 1997). Estos cultivos se manejan como sistemas agroforestales (SAF) multiestratos con un dosel de sombra que incluye especies frutales, medicinales, maderables y no maderables (Guiracocha, 2000; Trujillo, 2001). Los cacaotales y bananales orgánicos de Talamanca favorecen además la conservación de la biodiversidad en las fincas (Parrish *et al.*, 1999; Guiracocha, 2000) y dan servicio como áreas de amortiguamiento al Parque Nacional La Amistad y otras áreas protegidas que rodean el territorio indígena, las cuales resguardan gran parte de la biodiversidad de Costa Rica (Villalobos y Borge, 1995).

El laurel [*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken] y el cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) son las principales especies maderables en las fincas indígenas de Talamanca, sus maderas son de buena calidad, crecen rápido y se regeneran abundantemente. En los cacaotales de Talamanca, el laurel representa el 40% del área basal total del dosel de sombra; el 60% restante lo comparten otras especies como *Bactris gasipaes*, *Inga oerstediana*, *Cordia* sp., *Persea schiedeana*, *Inga edulis*, *Cupania cinerea*, *Theobroma bicolor*, *Citrus* sp., *Anona muricata*, etc. En los bananales el laurel representa el 54% del área basal total, compartiendo el área restante con *Terminalia oblonga*, *Cordia* sp., *Theobroma cacao*, *Artocarpus communis*, entre otras (Guiracocha, 2000). Se desconoce la densidad del cedro amargo en estas fincas.

Las maderas del laurel y del cedro amargo son las más apreciadas por los Bribris y Cabécares para la construcción de viviendas, botes, bateas y muebles (Borge y Castillo, 1997). En los últimos dos

años y medio el laurel y el cedro amargo representaron respectivamente, el 77% y 18% de un volumen total autorizado de 681 m³ en la Reserva Indígena Bribri. El 82 % de la madera de laurel y el 64% de la de cedro se extrae de los cacaotales y bananales orgánicos. Sin embargo, se desconoce si es sostenible el aprovechamiento de madera bajo las tasas actuales de extracción.

El aprovechamiento y manejo sostenible del recurso maderable es una de las prioridades en la agenda forestal y ambiental de las autoridades indígenas. Las reservas Bribri y Cabécar tienen una superficie de 66 419 ha, sin embargo la mayor parte de la población se encuentran concentradas en el valle y piedemonte, una cuarta parte del territorio (Borge y Castillo, 1997). El incremento y concentración de la población están aumentando la presión sobre la madera de los cacaotales y bananales (Borge y Castillo, 1997; Carlos Sevilla, asesor Proyecto Namasöl, com. pers. marzo 2001). Información dasométrica de las poblaciones del laurel y cedro amargo, es fundamental para conocer la base de recurso disponible para el aprovechamiento y determinar las estrategias de manejo.

En esta investigación se determinó la abundancia, densidad, estructura diamétrica, existencias de madera, calidad del fuste y estado fitosanitario de los árboles de laurel y cedro amargo, además del conocimiento tradicional sobre el manejo del laurel en los cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica.

2. Métodos y Materiales

2.1. Zona de estudio

Las reservas indígenas Bribri y Cabécar se localizan en el cantón de Talamanca, Limón, Costa Rica, entre los 9° 21' 38'' y 9° 39' 30'' Norte y entre los 82° 50' 40'' y 83°50'40'' Oeste (Figura 1). La altitud sobre el nivel del mar varía entre 40 y 150 m en la planicie del valle y de 150 a 400 m en el piedemonte de la cordillera. El valle esta constituido por la coalescencia de los abanicos aluviales de los ríos Telire, Coen, Larí, Urén y Yorkín. El piedemonte está constituido de materiales sedimentarios del terciario y rocas intrusivas, con pendientes que varían entre 13% y 60%. Los suelos en el valle se clasifican como Typic Troporthent y en el piedemonte como Oxic Palehumults y Aeríc Tropaquepts. El clima es tropical húmedo, con una precipitación anual de 2800 mm en el valle y aumenta hasta los 6400 mm en las partes medias (500-1000 ms.n.m.). La temperatura media

anual en el valle es de 25.6° C, con máximas de 30.5° C y mínimas de 20.4° C. Las principales zonas de vida presentes son: el Bosque muy húmedo transición a premontano (31.5%) y el Bosque húmedo tropical (13.6%) en el valle; y el Bosque muy húmedo premontano transición a basal (24%) en el valle y piedemonte de la cordillera (Kapp, 1989; Borge y Castillo, 1997).

La población de las reservas indígenas de Talamanca en 1994 era aproximadamente de 6500 habitantes, donde la etnia Bribri representaba el 80%, los Cabécares un 15%, los afrobribris un 3% y el resto de la población tiene diversos orígenes culturales y nacionales. El sector más habitado de las reservas lo constituye el valle y en menor medida el piedemonte (alrededor de 17 000 ha). Las actividades económicas principales son el cultivo de plátano (*Musa AAB*), banano, cacao, mano de obra asalariada eventual y la crianza de cerdos (Kapp, 1989; Borge y Castillo, 1997).

2.2. Población de estudio y muestreo

La población de estudio fueron los cacaotales y bananales de indígenas Bribri y Cabécar afiliados a la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA), que agrupa al 90% de los productores de cacao orgánico de Talamanca, de los cuales el 80% son indígenas (Walter Rodríguez, gerente APPTA com. pers., dic. 2000). La unidad de muestreo fue la plantación de cacao o banano en la finca, por lo que las unidades muestrales fueron de superficie variable. El atributo descriptivo de la población fue el volumen de madera en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Se utilizó un diseño de Muestreo Aleatorio Simple, la muestra se seleccionó de la base de datos de productores indígenas de APPTA (1240 plantaciones pertenecientes a 761 productores).

Se realizó un premuestreo en 27 plantaciones, con lo que se obtuvo el promedio y la varianza para el cálculo del tamaño de muestra. Para el laurel, dado la alta variabilidad obtenida en las existencias volumétricas de madera ($\text{CV} = 90.2\%$) se fijó una precisión de 1/5 del promedio ($\pm 8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$). El tamaño de muestra resultante fue de 68 plantaciones de cacao y banano (5.5% de intensidad de muestreo), pertenecientes a 57 finqueros Bribri y 6 Cabécar (Figura 1). En el caso del cedro amargo, no se fijó precisión y la muestra estuvo constituida por 54 plantaciones.

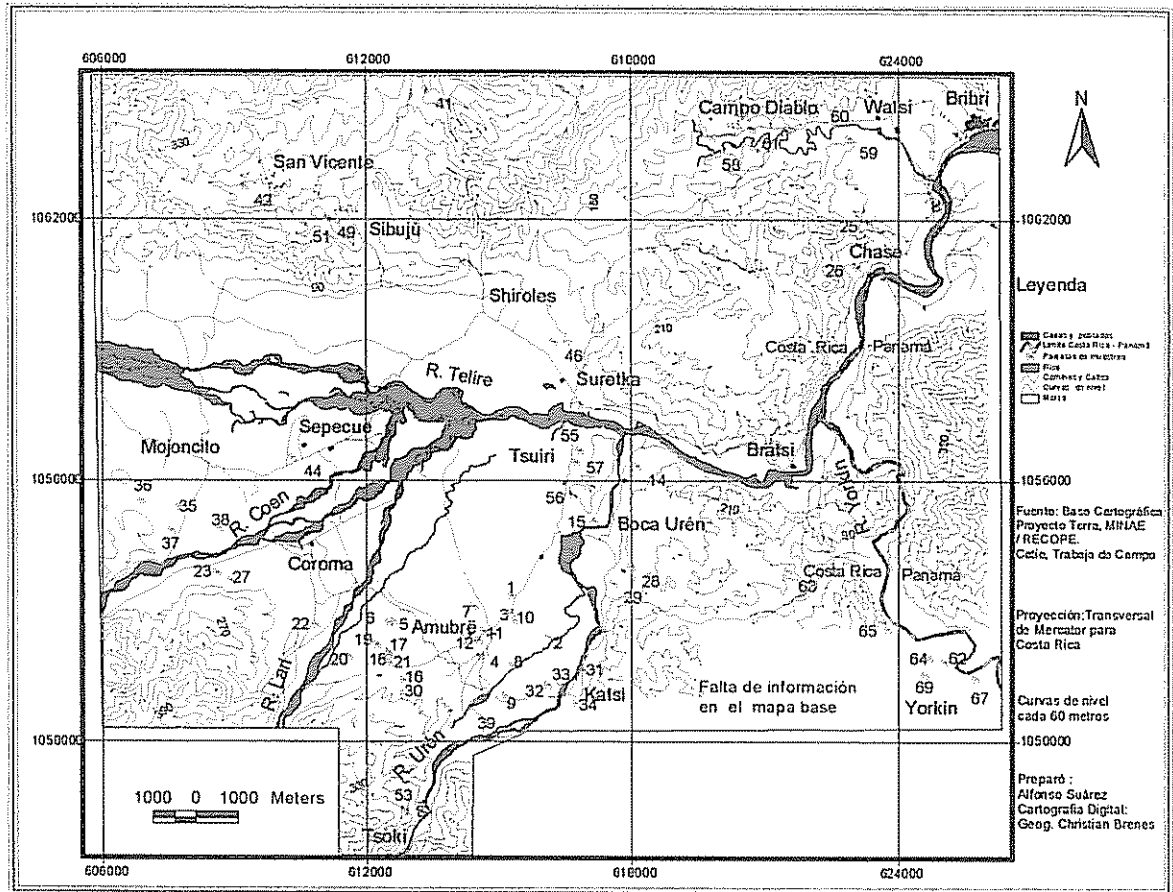


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de las plantaciones muestreadas.

2.3. Inventario

Se determinó la superficie de cada plantación mediante levantamiento topográfico por el método de rumbos y distancias, empleándose brújula, cinta métrica y clinómetro. Se midieron con cinta diamétrica todos los árboles de laurel y cedro ≥ 5 cm de diámetro a la altura de pecho (d) presentes en la plantación, la precisión fue al cm. Los árboles con estos diámetros se consideraron como regeneración establecida debido a que a este tamaño los finqueros ya han decidido cuales árboles permanecerán en la parcela; árboles de $d < 5$ cm están sujetos a una mayor mortalidad por chapias. Se evaluó la forma del fuste (sección del tronco desde la base hasta el comienzo de la copa) de todos los laureles y cedros, calificándose en 6 clases: R = recto P = poco sinuoso Rb = recto bifurcado, Pb = poco sinuoso bifurcado, M = muy sinuoso y Mb = muy sinuoso bifurcado. El estado fitosanitario de cada árbol se calificó en 6 clases: S = sano, Cr = copa rota, Pd = pudrición del duramen, Ma = matapalo en laurel (*Phoradendrum* sp.), Ch = chancro en laurel (*Puccinia cordiae* Arthur) y Hg = daño reciente por barrenador del tallo en cedro amargo (*Hypsipyla grandella* Zeller).

En cada plantación se evaluó la pendiente, unidad de paisaje (*valle*: pendiente $\leq 7\%$ y *ladera*: pendiente $>$ del 7%), textura del suelo al tacto, pedregosidad superficial, origen de la regeneración y uso anterior del suelo. Se clasificaron cualitativamente las plantaciones de cacao y banano con base en la dominancia de estos cultivos, designándose como cacaotal (**C**) las plantaciones puras de cacao y las que tenían cacao combinado con banano; se designaron como banales (**B**) únicamente a las plantaciones puras de banano. Estos dos tipos de plantaciones se consideraron como SAF diferentes. La base de datos del inventario se elaboró en Excel 97 (Anexos 1, 2 y 7).

2.4. Estructura de la población y estimación de las existencias de madera

Se construyeron las distribuciones diamétricas del laurel y cedro amargo por sistema agroforestal, obteniendo las frecuencias de árboles ha^{-1} en clases diamétricas de 5 cm de amplitud (5-9, 10-14, 15-19, etc.), identificadas con el límite inferior (5, 10, 15, etc.), el área basal y volumen se calcularon con las marcas de clase (7, 9, 12, etc.) (Anexos 3, 4, 5, y 6). Los cálculos, clasificación y agrupación de los datos se efectuaron en el programa estadístico SAS V 8. Para describir las distribuciones diamétricas de laurel se ajustó el modelo de Weibull (Ecuación 1), utilizando el paquete de computo Sigma Plot V5, el cual estima los parámetros de regresión por el método de cuadrados mínimos.

$$y = a \cdot f^{\left(\frac{1-c}{c}\right)} \cdot g^{c-1} \cdot e^{-g^c + f} \quad [1]$$

$$f = \left(\frac{c-1}{c}\right) ; \quad g = \left| \frac{x-x_0}{b} + f^{\frac{1}{c}} \right|$$

Donde y es la frecuencia en número de árboles ha^{-1} , x es la marca de clase, x_0 es una constante, a es el parámetro de localización, b es el parámetro de escala, c es el parámetro de forma y e es la base de los logaritmos naturales.

Las existencias totales de madera de laurel y cedro amargo por plantación se calcularon sumando las existencias por clase diamétrica, las cuales se obtuvieron multiplicando el número de árboles ha^{-1} presentes en la clase, multiplicada por el volumen del árbol con un diámetro igual a la marca de clase. El volumen de árboles individuales de laurel fue estimado con la ecuación desarrollada por Somarriba y Beer (1987) (Ecuación 2).

$$V = e^{-9.62+2.697 \ln(d)} \quad [2]$$

En donde V es volumen del fuste con corteza en m^3 , e es la base de los logaritmos naturales y el d esta dado en cm. Para el cedro amargo, se estimo el volumen comercial con la ecuación de Ford (1979) (Ecuación 3).

$$Vc = 0.21245d^2 - 77.02212 \quad [3]$$

En donde Vc es el volumen comercial por árbol en "pulgadas madereras ticas" (pmt), 1 pmt= 0.0028 m^3 , y el d esta dado en cm.

Se realizaron comparaciones entre cacaotales y bananales con respecto a la localización de las distribuciones de sus parámetros dasométricos con la prueba de Mann-Whitney (Steel y Torrie, 1988), debido a que todos estos parámetros no presentaron distribuciones normales (prueba de normalidad de Shapiro-Wilk).

2.5. Conocimiento tradicional sobre manejo del laurel

El conocimiento local sobre el laurel se determinó mediante entrevistas semiestructuradas a 15 finqueros y 10 finqueras Bribris y 4 finqueros y 1 finquera Cabécar, propietarios y/o encargados del manejo de las parcelas muestreadas en el inventario. Se indagó sobre el conocimiento de los entrevistados sobre: ventajas y desventajas del laurel como árbol de sombra para cacao y banano, manejo de la regeneración natural, condiciones de crecimiento, control de plagas, criterios para el aprovechamiento y raleo (Anexo 8).

3. Resultados

3.1. Características biofísicas de las plantaciones

Los cacaotales (C) representaron el 74% y los bananales (B) el 26% del total de plantaciones inventariadas. La localización de los C y B fue principalmente en el valle (67 y 64%, respectivamente), el 33% de los C y el 36% de los B se localizaron en la ladera. En el Valle los suelos fueron de texturas franco-arenosa y arenosa, con pendiente promedio del 4%. En la ladera predominaron suelos franco-arcillosos y arcillosos, la pendiente promedio fue del 21%. El drenaje del suelo en los C y B fue rápido en el 66% y medio en el 34% de las plantaciones. La pedregosidad en la mayor parte de los C y B fue poca (71%), media en el 23 % y alta en el 6%.

El origen de la regeneración del laurel fue natural en el 80% de los C y en el 94% de los B, regeneración natural y de plantación hubo en el 20% de los C y el 6% de los B. Los usos del suelo más frecuentes anteriores a los C y B actuales, fueron respectivamente: el charral (31 y 44%) y el tacotal (32 y 25%); otros usos fueron: cacaotal viejo (11 y 25%) y bosque primario (6 y 6%); los C también fueron platanares (11%), bananales (6%) y huerto casero (3%). La edad de las plantaciones de cacao en los C en promedio fue de 18.6 años ($s = 13.1$ años), mientras que la edad de las plantas de banano en B fue de 3.8 años ($s = 2.2$ años).

3.2. Superficie, densidad y abundancia

La superficie de las plantaciones en general fue pequeña, desde 0.09 ha hasta 2.6 ha, sin embargo la superficie promedio de los C (0.81 ha) fue mayor que la de los B (0.52 ha) (Cuadro 1).

Laurel: la densidad promedio en los C fue mayor ($3.55 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) que en los B ($2.17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). Este parámetro fue muy variable, $G=0$ en el 2% de los C y en el 17% de los B, baja ($0 < G < 3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en el 44% de los C y el 50% de los B, media ($3 \leq G < 6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en el 34% de los C y el 33% de los B, alta ($6 \leq G < 9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en el 20% de los C. La abundancia de árboles con diámetros aprovechables ($d \geq 45 \text{ cm}$) fue de 6.5 árboles ha^{-1} en los C y de 4.4 árboles ha^{-1} en los B (Cuadro 1 y Figura 2). La distribución de los árboles dentro de las plantaciones fue irregular, presentando en ocasiones sectores muy densos y otros con ausencia de árboles.

Cedro amargo: la densidad y abundancia de esta especie fue más baja que la del laurel. La densidad promedio en los **C** fue de $0.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y en los **B** de $0.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La densidad fue variable, $G=0$ en el 63% de los **C** y en el 62% de los **B**, una baja densidad ($0 < G < 3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) tuvieron el 37% de los **C** y el 38% de los **B**. La abundancia de árboles con diámetros aprovechables ($d \geq 45 \text{ cm}$) fue de $0.48 \text{ árboles ha}^{-1}$ en los **C** y de $0.09 \text{ árboles ha}^{-1}$ en los **B** (Cuadro 1 y Figura 2).

3.3. Existencias de madera

Laurel: el volumen total ($Vt_{d \geq 5 \text{ cm}}$) de madera de laurel en los cacaotales fue mayor ($41.14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) que en los bananales ($23.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). El volumen comercial promedio ($Vc_{d \geq 45 \text{ cm}}$) en los **C** fue de $22.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y en los **B** de $12.3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, siendo muy variable: $Vc=0$ en 26% de los **C** y en el 55% de los **B**, bajo ($0 < Vc < 40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en el 52% de los **C** y en el 39% de los **B**, medio ($40 \leq Vc < 80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en el 14% de los **C** y en el 5% de los **B**, alto ($80 \leq Vc < 120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en el 8% de los **C**. El Vc con respecto al Vt representó el 55% en **C** y el 52% en los **B** (Cuadro 1 y Figura 2).

Cedro amargo: el volumen comercial real (Vcr) de madera de esta especie fue bastante menor que el del laurel, en los **C** fue de $1.09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y en los **B** de $0.18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. El 82% de los **C** y el 94% de los **B** no tuvieron árboles comerciales, sólo un 18% de los **C** y un 6% de los **B** tuvieron $Vcr > 0$, siendo el máximo de $13.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los **C** y de $2.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los **B** (Cuadro 1 y Figura 2).

Cuadro 1. Superficie promedio y parámetros dasométricos de la población total ($d \geq 5$ cm) y de árboles comerciales ($d \geq 45$ cm) de laurel y cedro amargo en los cacaotales (C) y bananales (B) de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Especie	Parámetro	C	B
	Superficie (m ²) ^t	0.8139 ± 0.148 a	0.5257 ± 0.120 b
Laurel	$G_{d \geq 5 \text{ cm}}$ (m ² ha ⁻¹)	3.55 ± 0.67 a	2.17 ± 1.01 b
	$G_{d \geq 45 \text{ cm}}$ (m ² ha ⁻¹)	1.57 ± 0.53 a	0.92 ± 0.59 a
	Árboles ha ⁻¹ $d \geq 5 \text{ cm}$	44.93 ± 7.82a	35.1 ± 15.98 a
	Árboles ha ⁻¹ $d \geq 45 \text{ cm}$	6.48 ± 2.13 a	4.4 ± 2.89 a
	$Vt_{d \geq 5 \text{ cm}}$ (m ³ ha ⁻¹)	41.14 ± 8.99 a	23.40 ± 11.56 b
	$Vc_{d \geq 45 \text{ cm}}$ (m ³ ha ⁻¹)	22.65 ± 7.89 a	12.26 ± 7.87 a
	Vcr (pmt [@] ha ⁻¹)	5178 ± 1803 a	2802 ± 1799 a
Cedro amargo	$G_{d \geq 5 \text{ cm}}$ (m ² ha ⁻¹)	0.20 ± 0.15 a	0.1 ± 0.09 a
	$G_{d \geq 45 \text{ cm}}$ (m ² ha ⁻¹)	0.16 ± 0.14 a	0.03 ± 0.05 a
	Árboles ha ⁻¹ $d \geq 5 \text{ cm}$	1.62 ± 1.1 a	3.0 ± 2.76 a
	Árboles ha ⁻¹ $d \geq 45 \text{ cm}$	0.48 ± 0.88 a	0.09 ± 0.17 a
	$Vt_{d \geq 45 \text{ cm}}$ (m ³ ha ⁻¹)	1.09 ± 0.99 a	0.18 ± 0.35 a
	Vcr (pmt [@] ha ⁻¹)	390 ± 356 a	65 ± 127 a

Cifras con la misma letra en un renglón no son estadísticamente diferentes en la localización de sus distribuciones (Mann Whitney, $P < 0.05$). Ancho del intervalo de confianza con $\alpha = 0.05$. Vt : Volumen total con corteza. Vc : Volumen comercial con corteza. Vcr : Volumen comercial real sin corteza, $Vcr = 0.64 (Vc)$ (Somarriba y Beer, 1987), [@] pulgada maderera tica: pmt = 0.0028 m³ (Ford, 1979).

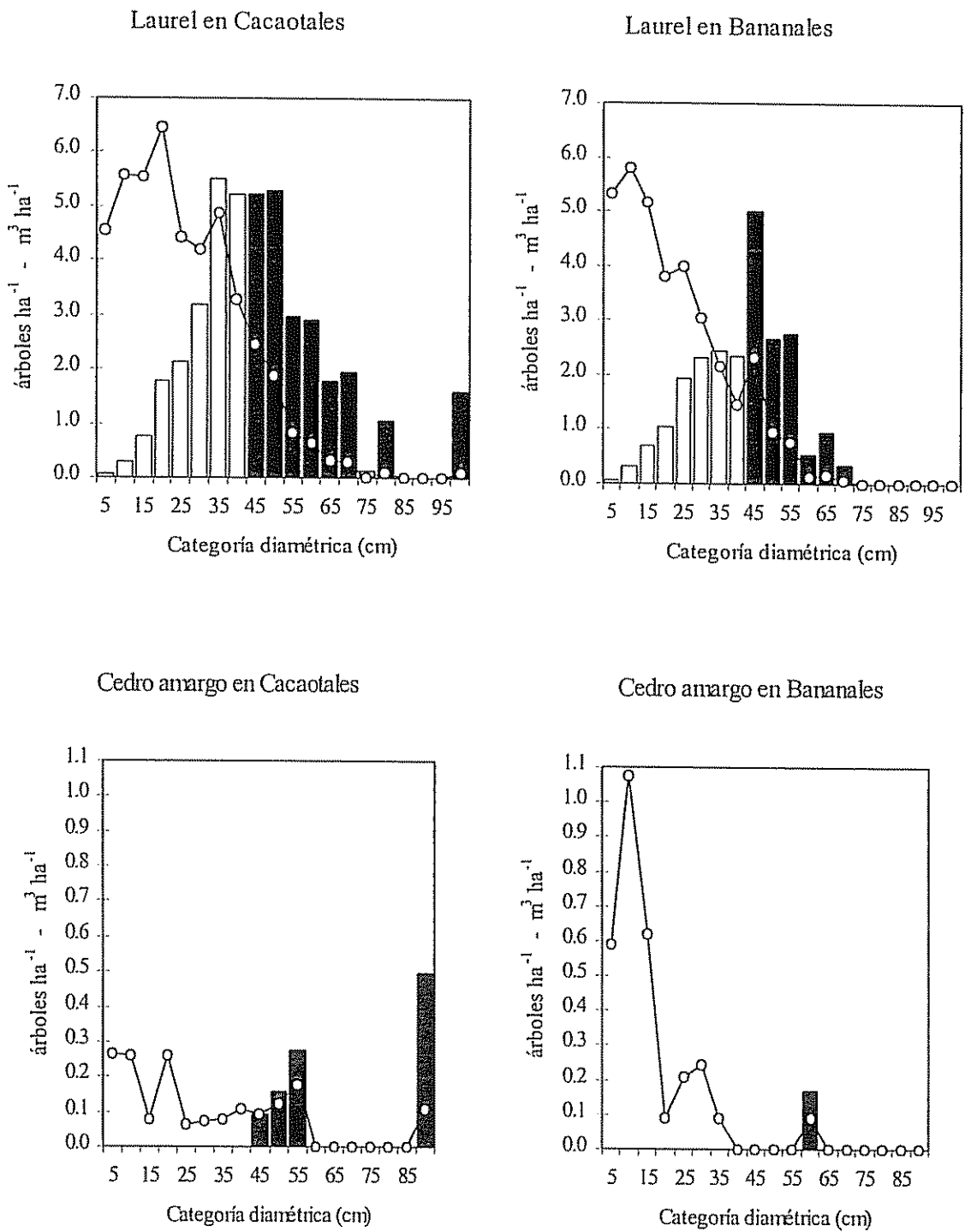


Figura 2. Distribución diamétrica (línea), de volumen (barras) y de volumen comercial (barras punteadas) de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

3.4. Estructura de las poblaciones

La estructura de las poblaciones de laurel y cedro amargo en los en los C y B fue disetánea. Las distribuciones diamétrica de laurel en los C tuvieron una forma similar con moda en 20 cm, en comparación a la distribución diamétrica en B con moda en la clase de 10 cm. Estos dos tipos de poblaciones fueron ajustados con la función de densidad de probabilidad de Weibull. La distribución diamétrica del cedro amargo fue casi uniforme en los C y en los B fue unimodal en 10 cm. Fue notable la baja regeneración de cedro amargo en los C en comparación a los B, por otra parte no se encontraron árboles en las clases diamétricas de 65 a 85 cm (Cuadro 2 y Figuras 2 y 3).

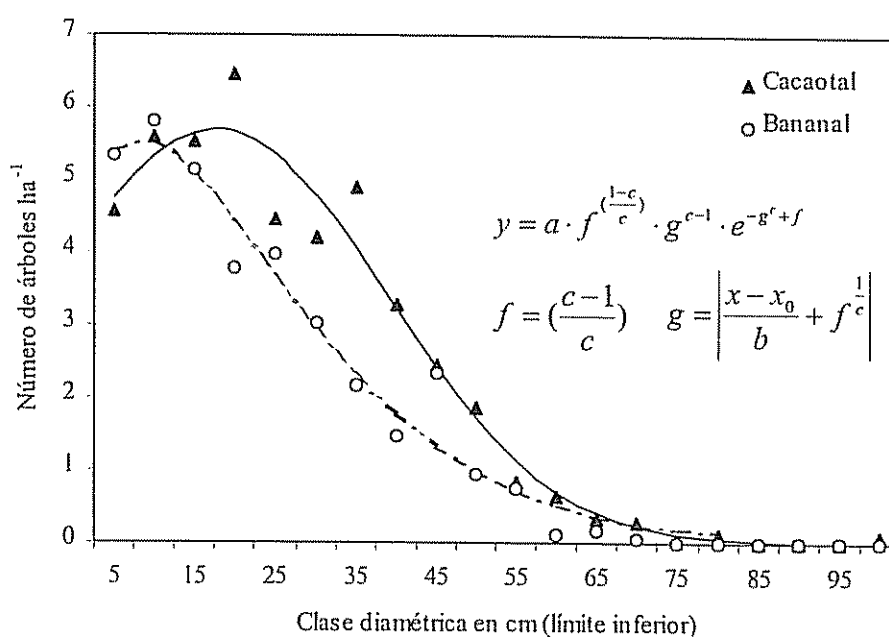


Figura 3. Distribuciones diamétricas de las poblaciones de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica ajustadas con el modelo de Weibull. Valores de los parámetros en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros del modelo Weibull para las dos poblaciones de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

SAF	R ²	EEE ¹	a	b	c	x ₀
Cacaotal	0.9221	0.6654	5.6942 **	55.4185 *	2.8086 *	17.5358 **
Bananal	0.9717	0.3885	5.5729 **	26.1414 **	1.3964 **	8.0105 **

¹EEE: error Standar de los estimados * Significativo p<0.05 ** Altamente significativo p<0.01

3.5. Calidad de forma del fuste

La calidad de forma del fuste del laurel fue buena, siendo más frecuentes los fustes poco sinuosos. En el cedro amargo la calidad de forma del fuste fue menor que en el laurel, siendo más frecuentes los fustes poco sinuosos bifurcados. Los fustes con potencial aserrable, es decir los poco sinuosos, rectos, poco sinuosos bifurcados y rectos bifurcados, representaron en promedio el 88% del arbolado de laurel y el 70 % en el cedro amargo (Cuadro 3). Sólo un 1.8 % de los árboles de laurel presentaron 2 o más ejes (ramificación debajo de 1.3 m de altura).

Cuadro 3. Calidad de la forma del fuste de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Especie	<i>d</i> (cm)	Frecuencia (%)					
		<i>R</i>	<i>P</i>	<i>Rb</i>	<i>Pb</i>	<i>M</i>	<i>Mb</i>
Laurel	5-14	5.6	75.3	0.5	2.3	16.1	0.2
	15-44	5.2	69.1	0.5	8.1	16.6	0.5
	45-74	6.3	48.2	0.4	21.1	21.5	2.5
	≥ 75	0.0	33.3	0.0	66.7	0.0	0.0
Cedro amargo	5-14	0.0	55.2	0.0	24.1	20.7	0.0
	15-44	0.0	3.6	0.0	44.0	20.0	0.0
	45-74	10.0	20.0	0.0	60.0	0.0	10.0
	≥ 75	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0

R= recto *P*= poco sinuoso *Rb*= recto bifurcado, *Pb*= poco sinuoso bifurcado, *M*= muy sinuoso y *Mb*= muy sinuoso bifurcado.

3.6. Estado fitosanitario

La mayor parte de los árboles de laurel y cedro amargo no presentaron problemas fitosanitarios. Sin embargo, en el laurel los fustales de $d \geq 45$ cm presentaron una infestación significativa de matapalo (>10%). En el cedro amargo, el principal problema fitosanitario fue el barrenador del tallo en los brinzales y fustales jóvenes, donde una quinta parte de los árboles presentó ataque reciente; en los fustales gruesos, la mitad de los árboles presentó problemas de pudrición del duramen (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estado fitosanitario de laurel y cedro amargo en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Especie	d (cm)	Frecuencia (%)					
		S	Ma	Ch	Cr	Pd	Hg
Laurel	5-14	97.5	2.1	0.0	0.4	0.0	-
	15-44	88.7	10.2	0.2	0.5	0.5	-
	45-74	70.4	26.8	0.7	1.0	1.0	-
	≥ 75	83.3	10.7	0.0	0.0	0.0	-
Cedro amargo	5-14	68.9	-	-	10.3	0.0	20.7
	15-44	100.0	-	-	0.0	0.0	0.0
	45-74	100.0	-	-	0.0	0.0	0.0
	≥ 75	50.0	-	-	0.0	50.0	0.0

S= sano, Ma= matapalo en laurel (*Phoradendrum* sp.), Ch= chancro en laurel (*Puccinia cordiae* Arthur), Cr= copa rota, Pd= pudrición del duramen y Hg= daño reciente por barrenador del tallo en cedro amargo (*Hypsipyla grandella* Zeller).

3.7. Conocimiento tradicional del manejo del laurel

Los finqueros Bribri y Cabécar conocen ampliamente el laurel. Para ellos el laurel es un buen árbol de sombra de cacao y banano porque la copa es alta y rala, aporta materia orgánica cuando se defolia, tiene alta capacidad de regeneración natural y su madera es de buena calidad. Opinan que una desventaja del laurel es que la caída de sus ramas, por su buena autopoda, daña a los cultivos. Los finqueros indígenas manejan la regeneración mediante las chapias que hacen para controlar las malezas, de 0 a 6 veces por año en los cacaotales y de 2 a 12 veces por año en los bananales. Para favorecer la regeneración del laurel, ellos chapean cerca de los árboles semilleros en el mes de abril, para que la semilla alcance el suelo y pueda germinar. Ellos recomiendan para estimular el crecimiento de los brinzales, mantenerlos sin competencia de malezas y durante las chapias, señalarlos con una estaca grande para no dañarlos. Los raleos los efectúan principalmente para disminuir la sombra a los cultivos; árboles de mala forma pocas veces son raleados, sólo si se van a utilizar. El control de plagas, lo limitan al corte de bejucos y del matapalo cuando están al alcance, cortándolos durante la fase de luna nueva ya que así es más efectivo el control.

Los finqueros indígenas saben que las condiciones de sitio más favorables para el crecimiento del laurel son los suelos de textura arenosa, ricos en materia orgánica, de topografía plana, campos abiertos o tacotales con sombra lateral. Sitios menos favorables son los suelos rojos y amarillos de

las laderas, potreros, sitios con mal drenaje o muy sombreados. Se aprovechan árboles de laurel con un diámetro desde 15 cm como postes o vigas, pero para aserrío es desde 45 cm, aunque la mayoría de los finqueros recomiendan cortar de más de 50 cm de diámetro y en fase lunar de cuarto menguante, para que dure más la madera. Ellos estiman que este diámetro lo alcanza un árbol de laurel a la edad de 20 a 25 años.

4. Discusión

4.1. Características dasométricas

Los parámetros dasométricos medidos en este estudio para las dos especies, por lo general presentaron valores más bajos que los reportados en la literatura para diferentes SAF (Cuadro 5). Las existencias maderables de laurel en Talamanca, solamente son superiores a la reportada por Pastrana *et al.* (1999) en fincas cacaoteras y bananeras de indígenas Ngöbe de Panamá. Debe considerarse en estas comparaciones que algunos ejemplos como Beer *et al.* (1981) corresponden a SAF con la más alta densidad de laurel, que el diámetro mínimo inventariado fue variable, además de que los requerimientos de luz de los cultivos y pastos son diferentes.

Para el caso del cedro amargo, los parámetros dasométricos medidos fueron bastante bajos; mientras que en Talamanca el G de esta especie fue de 0.1 a 0.25 m² ha⁻¹, en cafetales de Tabarcia y San Carlos, Costa Rica, Ford (1979) reporta un G de 15.5 y 12.8 m² ha⁻¹, respectivamente. En cafetales de Puriscal, Costa Rica Sabogal (1983), reporta un G de 5.8 a 14.1 m² ha⁻¹, y volúmenes comerciales de 3.2 a 129.8 m³ ha⁻¹. En potreros de Misantla, Veracruz, México se reporta una abundancia promedio de 6.6 árboles ha⁻¹ y un volumen de madera comercial de 15.6 m³ ha⁻¹ (Sánchez, 1984). Las bajas densidades del laurel y cedro amargo en C y B de Talamanca podrían deberse a que los finqueros indígenas manejan un dosel de sombra más diversificado, sobre todo de frutales. Somarriba *et al.* (1996) plantean que los productores con recursos económicos limitados o con mayor dificultad de acceso al mercado, prefieren un dosel de sombra más diversificado.

La mayor densidad del laurel en los C en comparación a los B puede explicarse por los requerimientos de luz de estos cultivos. Para cacao un 50% de sombra garantiza un óptimo desarrollo de las plantas (Enríquez, 1985; Somarriba y Calvo, 1998) y para banano un 30% de sombra, es aceptable en cuanto a rendimiento y tiempo de maduración de las plantas (Torquebiau y

Akyeampong, 1994; Norgrove, 1998). Si se asume, que en Talamanca la densidad de árboles de laurel representa el 40% de G en los **C** y el 54% en los **B** (Guiracocha, 2000), entonces la densidad promedio del dosel de sombra sería de $9.3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en **C** y $4.07 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en **B**. Para cacaotales con sombra monoespecífica de laurel, Lucas *et al.* (1995) recomiendan que G no debe ser mayor de $10 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ($100 \text{ árboles ha}^{-1}$ con un $\bar{d}=35 \text{ cm}$). Somarriba y Calvo (1998) sugieren que con un nivel máximo de sombra del cacaotal del 50% y copas de 11 m de diámetro con un 50% de frondosidad, las poblaciones finales de laurel deberán ser de $100 \text{ árboles ha}^{-1}$. Hacen falta estudios que precisen la densidad óptima del laurel y cedro amargo en asocio con cacao y con banano.

Cuadro 5. Parámetros dasométricos del laurel de regeneración natural en SAF del trópico americano.

Cultivo asociado	Sitio	Autor	Arboles ha^{-1}	Densidad $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$	Volumen $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	d^* (cm)
banano	Talamanca, CR	Este estudio	35.1	2.17	23.4	≥ 5
cacao	Talamanca, CR	Este estudio	44.9	3.5	41.14	≥ 5
banano	Talamanca, CR	Guiracocha (2000)	114	4.0		≥ 10
banano	Changuinola, PA	Pastrana (1998)	10		15.6	≥ 25
cacao	Talamanca, CR	Guiracocha (2000)	78	5.2		≥ 10
cacao	Cahuita, CR	Somarriba y Beer (1987)	68-166			6-48
cacao	Changuinola, PA	Pastrana (1998)	18.3		15.9	≥ 25
cacao	Home Creek, CR	Rosero y Gewald (1979)	100	14.6	257	
cacao	Siquirres, CR	Rosero y Gewald (1979)	167	17.9	322.2	
café	Antioquia, CO	Escobar (1979)	98-357	2.2-56.9	8-222.8	
café	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)	117-275	5.8-13.2	41-128	
café	Turrialba, CR	Rosero y Gewald (1979)	228	16.84	189	
caña	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)	161-204	6.8-12.3	56-159	
pasto	Cahuita, CR	Rosero y Gewald (1979)	150-190	11.4-22.2	38.9-154	
pasto	Esparza, CR	Camargo (1999)	84			≥ 5
pasto	Guapiles, CR	Camargo (1999)	280			≥ 5
pasto	Siquirres, CR	Somarriba y Beer (1987)	175			15-54
pasto	Tabasco, MX	Alavez <i>et al.</i> , 1984	88-304	2-7.9	8.5-46.5	2-31
pasto	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)	67-114	3.7-5.9	42-60	
platano	Nariño, CO	Peck (1977)		19		

* Diámetro mínimo inventariado. Cifras solas indican el promedio, dos cifras entre un guión indican el rango. CO: Colombia, CR: Costa Rica, MX: México, PA: Panamá

La variación en la densidad fue muy variable en las dos especies dentro de los dos SAF estudiados. Aproximadamente la mitad de los **C** y **B** tienen bajas densidades de laurel ($G < 3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y no tienen árboles de cedro amargo, mientras que pocas plantaciones tienen densidades medias y altas. Probablemente existen factores ecológicos y socioeconómicos relacionados con la densidad de la regeneración de estas dos especies en los **C** y **B** de Talamanca; hace falta investigar estos factores.

4.2. Estructura de las poblaciones

La estructuras de las poblaciones de laurel y cedro amargo fueron diferentes en **C** y **B**, esto puede estar asociado a la edad del cacao y del banano, al manejo y a sus requerimientos de luz. Los **C** tienen una edad mayor (18.6 años), el raleo en los charrales, tacotales y bosque primario cuando se plantó el cacao, debió favorecer la regeneración del laurel y el cedro amargo. Se sabe que suelos descubiertos y quemados, son ideales para el establecimiento de estas dos especies en campos agrícolas (Somarriba, 1999b). Con el desarrollo del dosel de sombra y del cacao y el consecuente aumento de la capa de hojarasca en el suelo, la regeneración del laurel y cedro amargo se habría reducido. Así 17 años después, se encuentra relativamente poca regeneración de laurel en las clases diamétricas 5, 10 y 15 cm, y una mayor frecuencia en la de 20 cm. El origen de los **B** es más reciente (3.8 años), la mayoría proceden de cacaotales viejos, charrales y tacotales que fueron raleados para plantar banano; además la densidad es menor pues el banano requiere más luz. En estas condiciones habría mayor reclutamiento en la primera clase diamétrica. En el cedro amargo es notable la ausencia de árboles con d de 65 a 85 cm y escasos árboles de $d \geq 90$ cm, esto puede deberse a un intenso aprovechamiento en el pasado. Esta población de árboles grandes de cedro amargo aún es significativa (1 árbol 10 ha^{-1}), similar a la de laureles de la clase de 100 cm (1 árbol 10 ha^{-1}).

4.3. Recomendaciones de manejo

La masa forestal del laurel en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, podría mejorarse favoreciendo las condiciones de crecimiento de los árboles sanos y de buena forma y liberando competencia en los sitios donde hay una densidad excesiva. En donde no hay regeneración, la reforestación se puede hacer transplantando de áreas con abundante regeneración natural por la técnica de pseudoestacas (Calvo y Meléndez, 1999). Hay una baja densidad de árboles con fustes rectos, sexualmente maduros y productores de semilla con $d \geq 45$ cm (4 árboles por cada 10 ha), los cuales son los más apropiados para árboles semilleros (Boshier y Lamb, 1997). Estos ejemplares deben ser los últimos en aprovecharse, mientras que árboles de baja calidad de

forma del fuste y los infestados por matapalo tienen prioridad para cortarse en los raleos y aprovechamientos. La sinuosidad del fuste en brinzales y fustales jóvenes puede disminuirse eliminando la sombra horizontal producida por malezas y con el control oportuno de bejucos y otras enredaderas.

El manejo silvícola del cedro amargo debe centrar su atención en los brinzales y fustales jóvenes, por la ausencia o muy baja regeneración y por la mala forma del fuste debida al ataque del barrenador del tallo. Manejar la regeneración natural, reforestar con brinzales de vivero o regeneración natural los sitios sin árboles y el mantenimiento de árboles semilleros sanos y con buena forma, son las acciones necesarias para fomentar la repoblación de esta especie. Existe una proporción muy significativa (55%) de árboles de diámetros aprovechables con baja calidad de forma del fuste (*Pb* y *M*), lo que también ha sido observada en cedros asociados con café (Sabogal, 1983). Para el control del barrenador del tallo, hay que seleccionar sitios de alta calidad para que los árboles crezcan vigorosos, proporcionar sombra lateral con cultivos y hacer podas oportunas de rebrotes apicales para seleccionar solo uno (Hilje y Cornelius, 2001). En árboles más grandes y con bifurcaciones bajas aparentemente insalvables, donde las podas de formación ya no son viables, existe la opción de la descumbra como un método para producir madera en menos tiempo (Somarriba, 1999a).

Existe una densidad apreciable de fustales gruesos con $d \geq 75$ cm, los cuales tienen problemas sanitarios de matapalo en laurel y pudrición del duramen en cedro amargo. Se sabe que árboles de laurel infestados con matapalo tienen menor crecimiento diamétrico que árboles sanos (Somarriba y Beer, 1987). Hay que aprovechar estas dos especie antes de que los árboles alcancen más de 75 cm de diámetro, a partir del cual aparentemente disminuye su vigor y aumenta su susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5. Conclusiones y recomendaciones

Existe un amplio potencial para el manejo de la regeneración natural del laurel en los cacaotales y banales de los indígenas de Talamanca, ya que hay una importante densidad y existencias maderables comerciales, la calidad de forma del fuste es buena, el estado fitosanitario es bueno y existe un amplio conocimiento local sobre la especie.

La muy baja densidad del cedro amargo y la regular calidad del fuste, indican la necesidad de limitar el aprovechamiento de esta especie, implementar un programa de reforestación y uno de capacitación en el control del barrenador del brote apical.

6. Literatura citada

- Alavez S, Beer J, Ugalde L. (1984) Establecimiento de parcelas permanentes de investigación. *In*: J Beer y E Somarriba (eds) Investigación de técnicas agroforestales tradicionales: Actas del curso efectuado en Tabasco, Campeche y Quintana Roo, México noviembre 30 a diciembre 10, 1981: ejemplo de organización de cursos cortos.. CATIE Turrialba, Costa Rica Serie Técnica. Boletín Técnico no. 12. p 66-74.
- Beer J, Clarkin K, De las Salas G, Glover N. (1981) A case study of traditional agroforestry practices in a wet tropical zone: the La Suiza project, *In*: Chavarría M (ed) Simposio Internacional sobre las Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de la América Trópica, pp 191-209. San José Costa Rica, CONICIT/Asociación Interciencia/SCITEC
- Boshier DH, Lamb AT (1997) Biología reproductiva. *In*: Boshier DH, Lamb AT (eds.) *Cordia alliodora*: genética y mejoramiento de árboles. Tropical Forestry Papers No. 36. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, UK. pp 13-29.
- Borge C, Castillo R (1997) Cultura y conservación en la Talamanca indígena., Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica 259 p.
- Calvo G, Meléndez L (1999) Pseudoestacas de laurel para el enriquecimiento de cacaotales. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 25-27.
- Camargo García JC (1999) Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 127 p.
- Enríquez GA (1985) Curso sobre el cultivo del cacao. Serie materiales de enseñanza no. 22. CATIE, Turrialba, Costa Rica 239 pp.
- Escobar MML (1979) El crecimiento y el rendimiento del guácimo nogal *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Sham, asociado con el café en el Suroeste de Antioquia. Tesis Ing. For. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 158 pp.
- Ford L (1979) An estimate of a yield of *Cederela odorata* L. (Syn. *C. mexicana* Roem) grown in association with coffee. *In*: G de las Salas (ed.) Proceedings of a Work-shop agroforestry systems in Latin America, Turrialba, Costa Rica, March, 1979. p. 177-183. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Guiracocha G (2000) Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 128 p.
- Hilje L, Cornelius J (2001) ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? Hoja técnica No. 38. Manejo Integrado de Plagas (61): i-iv.
- Kapp GB (1989) Perfil ambiental de la zona baja de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE-GTZ-DGF. Informe Técnico 155. 97 p.

- Lucas C, Beer J, Kapp G (1995) Reforestación con maderables: Sistemas agrosilviculturales vs plantaciones puras en Talamanca, Costa Rica. Serie técnica. Informe técnico no. 243. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 66 pp
- Norgrove L (1998) *Musa* en sistemas de estratos múltiples, efectos de la sombra. INFOMUSA 7(1):17-22.
- Parrish JD, Reitsma R, Greenberg, R, Skerl K, McLamey W, Mack R, Lynch J (1999) El cacao como cultivo y herramienta de conservación en América Latina: frente a las necesidades del agricultor y de la biodiversidad forestal. Documento de trabajo América Verde No. 3b. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, US. 44 p.
- Pastrana A, Lok R, Ibrahim M, Víquez E (1999) El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales de los indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. Agroforestería en las Américas 6(23):69-71.
- Peck RB (1977) Sistemas agro-silvo-pastoriles como una alternativa para la reforestación en los tropicos americanos. In El bosque natural y artificial. Reunión del consejo consultivo de CONIF 13 al 15 de octubre de 1976 Villa de Leyva. CONIF (Colombia). Serie técnica no.3 pp 73-84
- Rosero P, Gewald N (1979) Growth of laurel (*Cordia alliodora*) in coffe and cacao plantations, and pastures, in the Atlantic region of Costa Rica. In De las Salas G ed. Proceeding of the Workshop Agro-forestry Systems in Latin America. Turrialba, Costa Rica CATIE. pp 205-208
- Sabogal C (1983) Observaciones sobre la combinación de *Cedrela odorata* con café en Tabarcia-Palmichal (Cantón Puriscal). In El camponente arbóreo en Acosta y Puriscal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 90-101.
- Sánchez VLR (1984) Ecología y uso de *Cedrela odorata* L. En Misantla, Veracruz. Revista Ciencia Forestal (México). 48 (9): 23-36.
- Somarriba EJ, Beer JW (1987) Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. Agroforestry Systems 18:113-126
- Somarriba E, Beer J, Bonnemann A (1996) Árboles leguminosos y maderables como sombra para el cacao: el concepto. Serie técnica, Informe técnico no. 274. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 51 pp.
- Somarriba E, Calvo G (1998) Enriquecimiento de cacaotales con especies maderables. Agroforestería en las Américas 5(19):28-31
- Somarriba E (1999a) Descumbra de maderables para regular sombra en cacao y café. Agroforestería en las Américas 6(22): 23-24
- Somarriba E (2000b) Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. Agroforestería en las Américas 6(24):31-34.
- Steel RGD, Torrie JH (1988) Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, México. 622 pp.
- Torquebiau E, Akyeampong (1994) Shedding some light on shade. Agroforestry Today, Oct.-Dec.: 14-15
- Trujillo L (2001) Plantas útiles de las fincas cacaoteras Bribri y Cabécar del Territorio indígena de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 128 p.

VI. Artículo 2

Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica

Palabras clave: Bribri, Cabécar, cacao orgánico, banano orgánico, proyección del rendimiento, matrices de transición

1. Introducción

El laurel [*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken] es un árbol maderable muy común en sistemas agroforestales del neotropico. Los finqueros favorecen su presencia dentro de campos con cacao, café, caña y pastos debido a que produce poca sombra por su copa rala y autopoda (Peck y Bishop, 1992; Somarriba y Beer, 1987). Es una especie de rápido crecimiento y producción prolífica de semillas que germinan fácilmente, se le encuentra en las etapas tempranas de la sucesión secundaria de bosques tropicales húmedos y secos (Greaves y McCarter, 1990; Boshier y Lamb, 1997) y en campos agrícolas (Somarriba, 1999). Produce madera valiosa, de buena calidad en apariencia y propiedades físicas para la construcción y ebanistería (Johnson y Morales, 1972).

El laurel es un elemento importante en los cacaotales y bananales orgánicos de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica, en donde mantiene volúmenes de madera de $41.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en cacaotales y $23.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los bananales (Suárez, 2001). Los indígenas emplean la madera del laurel para la construcción de viviendas, botes, bateas y muebles (Borge y Castillo, 1997). El laurel es la principal fuente de madera en los territorios indígenas, los registros de autorizaciones de aprovechamiento forestal en la Reserva Indígena Bribri indican que en los últimos dos años y medio se autorizaron un volumen de 681 m^3 , de los cuales el laurel representó el 77%. La mayor parte del laurel aprovechado (82 %) proviene de los cacaotales y bananales orgánicos. Se desconoce si la tasa actual de aprovechamiento es sostenible.

El aprovechamiento sostenible de madera implica mantener el potencial de la masa forestal para producir madera comercial, para ello es necesario conservar la fertilidad del suelo y el potencial genético de las especies comerciales (Poore, 1989). Una condición para la regulación del

aprovechamiento por volumen es mantener o mejor, aumentar las existencias de madera aprovechable entre un ciclo de corta y el siguiente (Leuschner, 1990). Para alcanzar esta meta, el volumen de madera posible de aprovechar en un rodal en un ciclo de corta, deberá ser igual al crecimiento en volumen en dicho ciclo (Poore, 1989).

En esta investigación, se analizó la sostenibilidad del aprovechamiento de madera de laurel en los cacaotales y bananales de los indígenas de Talamanca. Para ello se estimó la tasa anual de extracción de madera y se proyectó el rendimiento en volumen comercial para cinco años. El incremento periódico anual en volumen comercial se usó para determinar dicha sostenibilidad.

2. Métodos y Materiales

2.1. Zona de estudio

El estudio se realizó en las reservas indígenas Bribri y Cabécar del cantón de Talamanca, Limón, Costa Rica ($9^{\circ} 21' 38''$ a $9^{\circ} 39' 30''$ Norte y $82^{\circ} 50' 40''$ a $83^{\circ} 50' 40''$ Oeste) (Figura 1). La altitud sobre el nivel del mar varía de 40 a 400 m. En la zona se distinguen dos unidades de paisaje: el valle, constituido por la coalescencia de abanicos aluviales de varios ríos y las laderas, constituidas de materiales sedimentarios y rocas intrusivas. Los suelos en el valle son Typic Troporthent y en la ladera Oxic Palehumults y Aeric Tropaquepts. La precipitación promedio anual es de 2800 mm, la temperatura media anual es de 25.6° C. Las principales zonas de vida presentes son: el Bosque muy húmedo transición a premontano, el Bosque húmedo tropical y el Bosque muy húmedo premontano transición a basal. Las etnias presentes son los Bribris (80%), los Cabécares (15%), afrobribris (3%) y el resto de la población tiene diversos orígenes culturales y nacionales. El sector más habitado es el valle y menor medida las laderas bajas, unas 17 000 ha. Las actividades económicas principales son el cultivo de plátano (*Musa AAB*), banano y cacao, mano de obra asalariada eventual y la crianza de cerdos (Kapp, 1989; Borge y Castillo, 1997).

2.2. Información base

La población de estudio fueron los cacaotales y bananales de indígenas Bribri y Cabécar afiliados a la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA). Se utilizó la información sobre la densidad, existencias maderables y distribución diamétrica del laurel, generada en el inventario

forestal efectuado por Suárez (2001). En dicho inventario la unidad de muestreo fue la plantación de cacao o banano en la finca (unidades muestrales de superficie variable), el diseño de muestreo fue Aleatorio Simple, el marco muestral fueron 1240 plantaciones de cacao y banano de productores indígenas de APPTA, el tamaño de muestra fue de 68 plantaciones (5.5% de intensidad de muestreo). Las distribuciones diamétricas estuvieron expresadas como frecuencias de árboles ha^{-1} en categorías diamétricas de 5 cm de amplitud (5-9, 10-14, 15-19, etc.), las categorías se identificaron con el límite inferior (5, 10, 15, etc.), los cálculos de área basal y volumen se efectuaron con las marcas de clase (7, 9, 12, etc.).

2.3. Estimación de la tasa de corta

Se estimó el volumen cortado en cada plantación con base en mediciones del diámetro y altura de los tocones de árboles cortados en los años de 1999, 2000 y el primer semestre del 2001. Las mediciones se efectuaron durante el inventario levantado por Suárez (2001). El volumen de cada árbol cortado fue estimado con base al diámetro a 1.3 m (d) con la ecuación de Somarriba y Beer, (1987). El calculo para el volumen cortado por unidad de superficie, siguió los mismos procedimientos usados para el volumen en pie (Suárez, 2001). Para estimar el d de cada árbol cortado se ajustó la Ecuación 1, con datos de diámetros (d_h) a diferentes alturas del fuste (h) medidos por Pérez (1954).

$$d = -136.90622 + 37.51902 \ln(d_h) + 8.15199 \ln(h) \quad [1]$$

$$R^2 = 0.8775$$

$$P < 0.0001$$

2.4. Estimación del crecimiento diamétrico

El laurel presenta un crecimiento diamétrico estacional que origina anillos anuales distinguibles, los cuales pueden dar una estimación de la edad del árbol (Tschinkel, 1966). Basándose en esto, se estimó el crecimiento anual en diámetro de mediciones de los anillos de crecimiento anual de 15 discos basales, obtenidos de árboles aprovechados por los finqueros durante el primer semestre del 2001. El estudio discriminó dos condiciones de crecimiento: Valle (9 árboles) y Ladera (6 árboles). Debido a que los discos fueron cortados a diferentes alturas, los diámetros medidos en los anillos se "normalizaron" a 1.3 m de altura mediante el siguiente procedimiento. De los datos de diámetros a diferentes alturas del fuste (Pérez, 1954), se eligieron como "patrones de ahusamiento" cuatro

árboles con diámetro a 1.3 m (d) de 20, 40, 60 y 80 cm; para cada árbol se ajustó una ecuación de regresión que describe el perfil del fuste hasta una altura de 1.8 m (Cuadro 6). Estas ecuaciones se utilizaron para estimar los diámetros de cada anillo i del "árbol modelo" a la altura de corte h (d'_h). Se calcularon los "coeficientes de ahusamiento" como: $f_i = d^{-1} \cdot d'_h$. Para cada rodaja se calculó un f promedio como: $\bar{f} = \sum f_i \cdot na^{-1}$, donde na es el número de anillos medidos en el disco. El d normalizado (con corteza) del anillo i se calculó finalmente como: $d_i = (d'_h \cdot \bar{f}) + (2 \cdot gc)$, donde d'_h es el diámetro medido en el disco basal en cm y gc es el grosor de corteza en cm, estimado con base a mediciones en 27 árboles.

Cuadro 6. Ecuaciones empleadas en la normalización de los diámetros medidos en anillos anuales de crecimiento en discos de laurel, Talamanca, Costa Rica.

Modelo	R ²
$d_{20}'_h = 31.491 - 2.416 \ln(h)$	0.9269
$d_{40}'_h = 72.609 h^{-0.1198}$	0.9847
$d_{60}'_h = 322.19 h^{-0.3426}$	0.9888
$d_{80}'_h = 341.27 h^{-0.2986}$	0.8915
$gc = 0.1359 + 0.0229 d$	0.8785

d : diámetro a 1.3 m, h : altura del tocón en cm y gc : grosor de corteza en cm

La edad del primer anillo de crecimiento en los discos se estimó con base en el conocimiento tradicional y datos de la literatura (Somarriba y Beer, 1987; Somarriba *et al.*, 2001). Con los datos de edad (t) en años y diámetro (d) en cm obtenidos de los discos, se ajustó el modelo de crecimiento de Chapman-Richards para las dos condiciones: valle y ladera (Ecuación 2). En el ajuste de los modelos se restringió el parámetro a a los d máximos medidos en valle y ladera durante el inventario (Suárez, 2001). El parámetro b indica la tasa de declinación del crecimiento y c representa el crecimiento exponencial, e es la base de los logaritmos naturales.

$$d = a(1 - e^{-bt})^c \quad [2]$$

2.5. Proyección del rendimiento de madera

El rendimiento de madera de laurel se proyectó para cada plantación individual (cacaotal y bananal) por condición de crecimiento (valle y ladera); la información base fue el inventario de Suárez

(2001). Se empleó una versión modificada del modelo de “matrices de transición tipo Usher” (Vanclay, 1994; Somarriba 2001). Los detalles del modelo y las modificaciones se muestran a continuación. La estructura poblacional entre años sucesivos se proyecta iterando la Ecuación matricial 3.

$$n_{t+1} = M \cdot n_t \quad [3]$$

Donde, los vectores n_t y n_{t+1} denotan la distribución diamétrica (árboles ha^{-1}) entre los años sucesivos t y $t+1$, en este caso el vector inicial fue la distribución diamétrica observada en cada plantación en el año 2001 (Suárez, 2001). M es la matriz de los coeficientes de transición E_{ij} (de la clase i a la clase j) y de permanencia R_{ii} (en la clase i). Estos coeficientes incorporan los componentes de incremento diamétrico y mortalidad. El cálculo de estos coeficientes se derivó de una tasa anual de paso (p_{ij}) de clase i a clase j ($j > i$) y una tasa anual de permanencia (q_{ii}) en la misma clase i , respectivamente (Ecuaciones 4 a 8) ajustados por un factor de supervivencia anual por clase (S_i), entonces:

$$E_{ij} = p_{ij} \cdot S_i \quad [4]$$

$$R_{ii} = q_{ii} \cdot S_i \quad [5]$$

$$p_{ij} = \frac{i_{di}}{k} \quad [6]$$

$$q_{ii} = 1 - p_{ij} \quad [7]$$

$$i_{di} = a \cdot b \cdot c \cdot e^{-bt} (1 - e^{-bt})^{c-1} \quad [8]$$

Donde, i_{di} denota el incremento corriente anual en diámetro en la clase i estimada con la primera derivada de la ecuación de crecimiento de Chapman-Richards (Ecuación 8), k es la amplitud del intervalo de clase (5 cm); a , b y c son los coeficientes de regresión, e es la base de los logaritmos naturales.

La supervivencia anual por clase: S_i (Ecuación 9), se dedujo asumiendo que la distribución diamétrica representa una curva de supervivencia, la cual incluye el componente de mortalidad, tanto natural como derivada del aprovechamiento (Finegan y Delgado, 2000).

$$S_i = 1 - \frac{n_i - n_j}{n_i \cdot TP_{ij}} \quad [9]$$

Donde, $(n_i - n_j)$ mide la reducción en la abundancia entre dos clases sucesivas de la distribución diamétrica ($n_i \geq n_j$), TP_{ij} es el tiempo de paso o número de años que toma pasar de clase i a j ($TP_{ij} = t_j - t_i$), t_i es la edad a la que un árbol alcanza la categoría diamétrica i (Ecuación 10).

$$t_i = \frac{\ln(1 - (d_i / a)^{1/c})}{-b} \quad [10]$$

Las distribuciones diamétricas utilizadas para derivar la supervivencia, fueron las predichas por el modelo Weibull para las poblaciones de laurel en los cacaotales y bananales de Talamanca (Suárez, 2001) (Ecuación 11).

$$y = a \cdot f^{\left(\frac{1-c}{c}\right)} \cdot g^{c-1} \cdot e^{-g^c + f} \quad [11]$$

$$f = \left(\frac{c-1}{c}\right); \quad g = \left|\frac{x-x_0}{b} + f^{\frac{1}{c}}\right|$$

Donde: y es la frecuencia en número de árboles ha^{-1} , x es la marca de la clase diamétrica, x_0 es una constante, a es el parámetro de localización, b es el parámetro de escala, c es el parámetro de forma y e es la base de los logaritmos naturales. En los cacaotales $a=5.6942$, $b=55.4185$, $c=2.8086$ y $x_0=17.5358$; en los bananales $a=5.5729$, $b=26.1414$, $c=1.3964$ y $x_0=8.0105$.

El cálculo de la tasa de supervivencia mediante la Ecuación 9 implica que la curva de distribución diamétrica debe tener una forma parecida a una "j" invertida. Debido a que las curvas ajustadas por Suárez (2001) tienen esta forma sólo en un sector de ellas, la primera categoría diamétrica se estableció en 20 cm para la población en cacaotales y en 10 cm en los bananales. La clase diamétrica superior correspondió con la clase mayor hasta donde la distribución diamétrica es continua, 85 cm en los cacaotales del valle y 75 cm en las demás poblaciones y condiciones de crecimiento. No se consideraron los árboles con $d \geq 90$ cm debido a que sus densidades son bajas.

Debido a que se desconoce el reclutamiento y supervivencia en las primeras clases diamétricas, la proyección del rendimiento se efectuó simulando que no existían árboles en esas clases. Esto implicó que el número de iteraciones se restringiera a un periodo de 5 años, un periodo

suficientemente corto para que la transición de los árboles de las categorías diamétricas inferiores (20 y 10 cm) no influyera en las proyecciones de la clase de 45 cm (diámetro mínimo de corta). Por otra parte en este tiempo es razonable que no habrán cambios significativos en el manejo de los cacaotales y bananales. Además, debido a que en la última clase se acumulan los árboles que alcanzan esta categoría diamétrica y los que permanecen en ella, el número de iteraciones debe ser menor al TP de esta categoría. Se presenta como ejemplo el arreglo de estos coeficientes en la matriz para la población de laurel en los cacaotales, (Ecuación 12).

$$\begin{array}{c|c|cccccccc|c}
 n_{20} & & R_{20,20} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & n_{20} \\
 n_{25} & & E_{20,25} & R_{25,25} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & n_{25} \\
 n_{30} & & 0 & E_{25,30} & R_{30,30} & 0 & 0 & 0 & 0 & n_{30} \\
 n_{35} & = & 0 & 0 & . & . & 0 & 0 & 0 & n_{35} \\
 . & & 0 & 0 & 0 & . & . & 0 & 0 & . \\
 . & & 0 & 0 & 0 & 0 & E_{75,80} & R_{80,80} & 0 & . \\
 n_{85} & |_{t+1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_{80,85} & 1 & n_{85}
 \end{array} \quad [12]$$

2.5. Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento de madera

El análisis de sostenibilidad se realizó a dos niveles: a) A nivel de plantación individual y b) A nivel de poblaciones (cacaotal y bananal) con los promedios obtenidos por condición de crecimiento (valle y ladera). El aprovechamiento de madera es sostenible si se cumple el supuesto básico de mantener un volumen comercial ($d \geq 45$ cm), equivalente al observado en el 2001 (Suárez, 2001). Debido a que el modelo incorpora un factor de supervivencia o disminución de la población (S_t), en el cual están incluidos la mortalidad natural y las cortas por raleos y aprovechamiento; entonces, si el incremento en volumen en el año t : $i_{Vct} > 0$, el aprovechamiento es sostenible y hay un aumento neto en las existencias de madera aprovechable; si $i_{Vct} = 0$, el aprovechamiento esta en equilibrio con el crecimiento; y si $i_{Vct} < 0$, el aprovechamiento no es sostenible debido a que se está cortando un volumen mayor al de la capacidad de crecimiento de la población.

El análisis para el periodo de la proyección (5 años) se realizó con el incremento anual periódico en volumen comercial (i_{apVc}) (Ecuación 13). Donde: V_{cF} es el volumen al final del periodo y V_{cI} es el volumen al inicio del periodo, P es la duración del periodo. También se calculo el incremento corriente anual en volumen (i_{Vct}) en cada año t , (Ecuación 12), donde: V_{ct} es el rendimiento proyectado en ese año y $V_{c,t-1}$ es el rendimiento proyectado del año anterior.

$$iap_{Vc} = \frac{Vc_F - Vc_I}{P} \quad [13]$$

$$i_{Vc_t} = Vc_t - Vc_{t-1} \quad [14]$$

3. Resultados

3.1. Tasa de corta

La tasa de corta total estimada mediante la medición de tocones fue de $0.8938 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en los cacaotales y $0.1172 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en los bananales. La tasa de corta de los árboles aprovechables para el aserrío ($d \geq 45 \text{ cm}$) representó con respecto a la tasa total, un 96% en los cacaotales y un 61% en los bananales (Cuadro 7). La mayor frecuencia de corta se observó en los fustales jóvenes ($d \leq 14 \text{ cm}$) y en árboles aprovechables para el aserrío (Figura 4). En el primer caso, los árboles son cortados con el fin de regular la sombra sobre los cultivos y tienen un uso limitado, como postes o puntales para banano y plátano. En el segundo caso, los árboles son cortados para aserrío. La corta de árboles de $d < 45 \text{ cm}$ fue más intensa en los bananales que en los cacaotales.

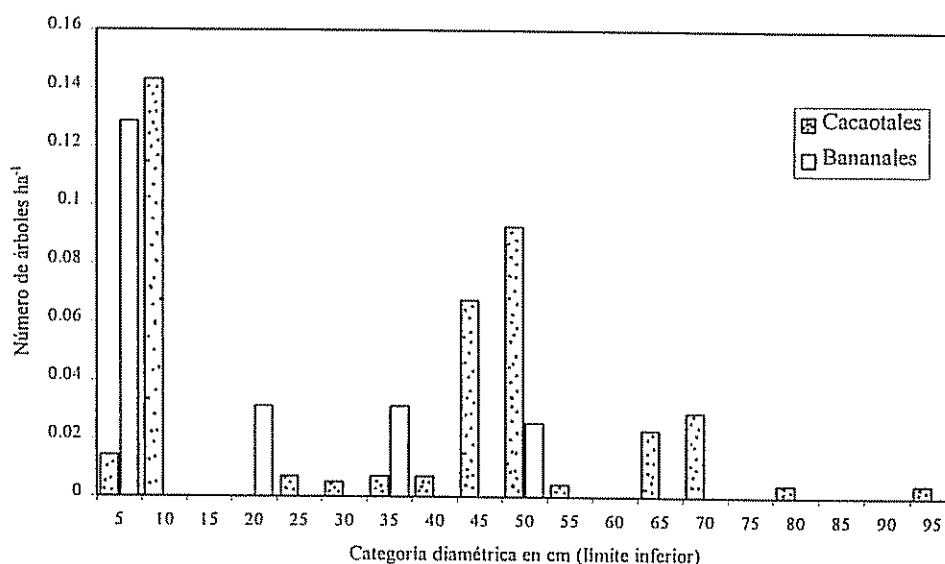


Figura 4. Diámetros de los árboles de laurel aprovechados en los cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Cuadro 7. Tasa anual de corta de madera de laurel por categoría diamétrica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica, periodo 1999-2001.

Clase diamétrica en cm (límite inferior)	Bananales	Cacaotales
5	0.0016	0.0002
10	0.0000	0.0077
15	0.0000	0.0000
20	0.0086	0.0000
25	0.0000	0.0035
30	0.0000	0.0040
35	0.0351	0.0081
40	0.0000	0.0115
45	0.0000	0.1450
50	0.0718	0.2614
55	0.0000	0.0161
60	0.0000	0.0000
65	0.0000	0.1290
70	0.0000	0.1966
75	0.0000	0.0000
80	0.0000	0.0430
95	0.0000	0.0677
Total	0.1172 ± 0.1635	0.8938 ± 0.6257
Total $d \geq 45$ cm	0.0718 ± 0.1396	0.8589 ± 0.6143

Ancho del intervalo de confianza con un $\alpha = 0.05$

3.2. Crecimiento en diámetro

El crecimiento diamétrico fue mayor en el valle que en la ladera (Fig. 5). El diámetro mínimo de corta para aserrío (45 cm) se estima ($\alpha = 0.05$) que en promedio se alcanza a los 17 ± 1 años en el valle ($ima = 2.65 \text{ cm año}^{-1}$) y a los 24 ± 2 años en la ladera ($ima = 1.87 \text{ cm año}^{-1}$). El máximo incremento corriente anual (i), en promedio en el valle ocurre a los 5 años con 2.9 cm año^{-1} y en la ladera a los 7 años con 2.2 cm año^{-1} . El máximo incremento medio anual (ima), en promedio en el valle ocurre a los 9 años con 2.76 cm año^{-1} , mientras que en la ladera es a los 13 años con 2.02 cm año^{-1} .

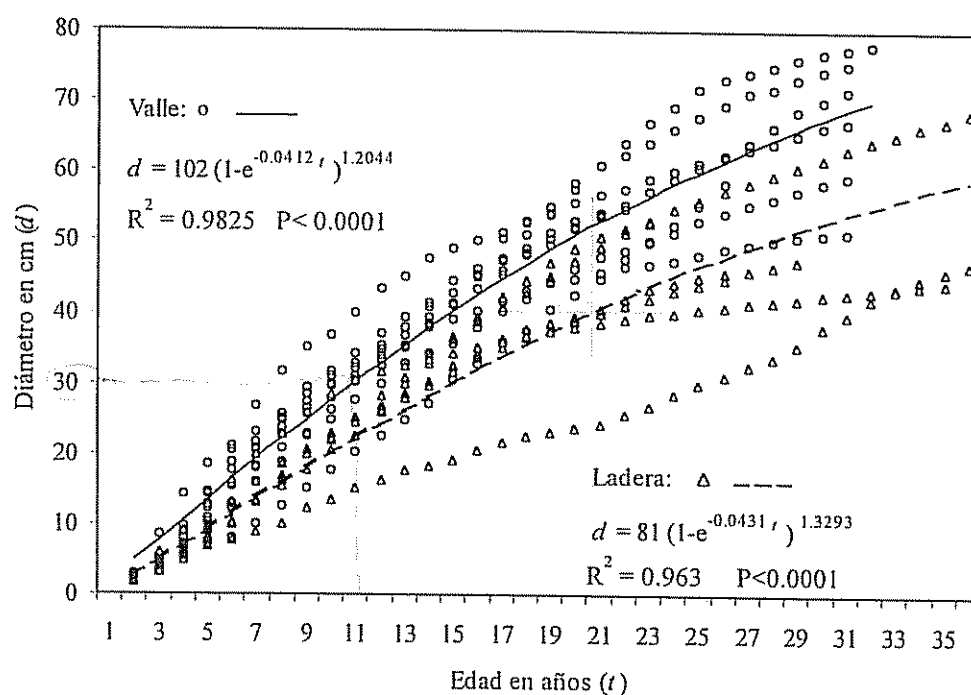


Figura 5. Diámetros a diferentes edades en árboles de laurel en el valle y la ladera, Talamanca, Costa Rica, ajustados con el modelo de crecimiento de Chapman-Richards.

3.3. Proyección del rendimiento e incremento de madera

La metodología de cálculo de los coeficientes de la matriz de transición propuesta en este estudio generó los siguientes resultados (Cuadro 8). Las proyecciones del rendimiento en madera comercial por plantación para los próximos 5 años, bajo las tasas actuales de aprovechamiento y con los incrementos diamétricos predichos por los modelos ajustados, indican que en la mayor parte de las plantaciones de cacao y banano (56 a 86%) se obtendrán incrementos en volumen comercial bajos ($0 > ipavc < 3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Incrementos medios ($3 \geq ipavc < 6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se darán en el 19 y 22% de los cacaotales del valle y la ladera, respectivamente (CV y CL) y en el 8% de los bananales del valle (BV). Incrementos altos ($6 \geq ipavc < 9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) sólo se darán en los CV (9.4%). Se espera un decrecimiento anual bajo ($-0.01 \geq ipavc < -2.99 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en las existencias de madera comercial en el 15.6% de los CV. En el resto de las plantaciones (11 a 25%) no habrá incrementos en las existencias comerciales (Figura 6).

Cuadro 8. Probabilidades de paso (E_{ij}) y permanencia (R_{ii}) en categorías diamétricas para árboles de laurel en diferentes SAF y condiciones de crecimiento, Talamanca, Costa Rica.

Categoría diamétrica (cm)		Valle				Ladera			
<i>i</i>	<i>j</i>	Cacaotales		Bananales		Cacaotales		Bananales	
		E_{ij}	R_{ii}	E_{ij}	R_{ii}	E_{ij}	R_{ii}	E_{ij}	R_{ii}
10	15			0.5575	0.3957			0.4253	0.5394
15	20			0.5340	0.3896			0.4107	0.5320
20	25	0.5452	0.4250	0.5095	0.3972	0.4106	0.5672	0.3909	0.5399
25	30	0.5098	0.4345	0.4844	0.4128	0.3815	0.5779	0.3678	0.5572
30	35	0.4741	0.4485	0.4585	0.4337	0.3503	0.5946	0.3423	0.5810
35	40	0.4389	0.4660	0.4320	0.4586	0.3181	0.6163	0.3147	0.6098
40	45	0.4046	0.4867	0.4047	0.4869	0.2854	0.6426	0.2854	0.6428
45	50	0.3713	0.5104	0.3768	0.5179	0.2523	0.6734	0.2545	0.6793
50	55	0.3389	0.5372	0.3480	0.5516	0.2187	0.7087	0.2219	0.7192
55	60	0.3072	0.5671	0.3183	0.5876	0.1844	0.7486	0.1877	0.7622
60	65	0.2760	0.6003	0.2877	0.6258	0.1492	0.7935	0.1519	0.8080
65	70	0.2449	0.6371	0.2561	0.6662	0.1126	0.8436	0.1144	0.8568
70	75	0.2136	0.6778	0.2292	0.7273	0.0744	0.8995	0.0756	0.9140
75	80	0.1817	0.7225						
80	85	0.1487	0.7709						

A nivel de poblaciones, los rendimientos de madera comercial proyectados para los próximos cinco años para los cacaotales y bananales en las dos condiciones de crecimiento fueron crecientes (Cuadro 9). La tasa promedio de incremento anual en volumen comercial ($iapvc$) en dicho periodo fue mayor en los cacaotales del valle (CV) y menor en los bananales de la ladera (BL) (Cuadro 10). Sin embargo, en los CV los incrementos disminuyen a partir del año 2004.

Cuadro 9. Proyección del rendimiento de madera comercial ($d \geq 45$ cm) de laurel en $m^3 ha^{-1}$ por 5 años en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Condición de crecimiento	Cultivo	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valle	Cacaotales ¹	24.52	26.63	29.16	31.47	33.48	35.27
	Bananales ²	12.02	13.11	14.53	16.17	17.87	19.55
Ladera	Cacaotales ²	13.07	14.48	16.00	17.62	19.28	20.99
	Bananales ²	12.74	13.95	15.05	16.12	17.26	18.54

¹Incluye las categorías diamétricas 45 a 85. ²Incluye las categorías diamétricas 45 a 75.

Cuadro 10. Proyección de los incrementos volumétricos de madera comercial ($d \geq 45$ cm) de laurel por 5 años en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

Condición de crecimiento	Cultivo	i_{vc} ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)					ipa_{vc} ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)
		2002	2003	2004	2005	2006	
Valle	Cacaotales ¹	2.11	2.53	2.31	2.01	1.79	2.15 ± 0.92
	Bananales ²	1.09	1.42	1.64	1.70	1.68	1.51 ± 1.24
Ladera	Cacaotales ²	1.41	1.52	1.62	1.66	1.71	1.58 ± 0.66
	Bananales ²	1.21	1.10	1.07	1.14	1.28	1.16 ± 0.84

¹Incluye las categorías diamétricas de 45 a 85 cm. ²Incluye las categorías diamétricas de 45 a 75 cm. Ancho del intervalo de confianza con un $\alpha = 0.05$

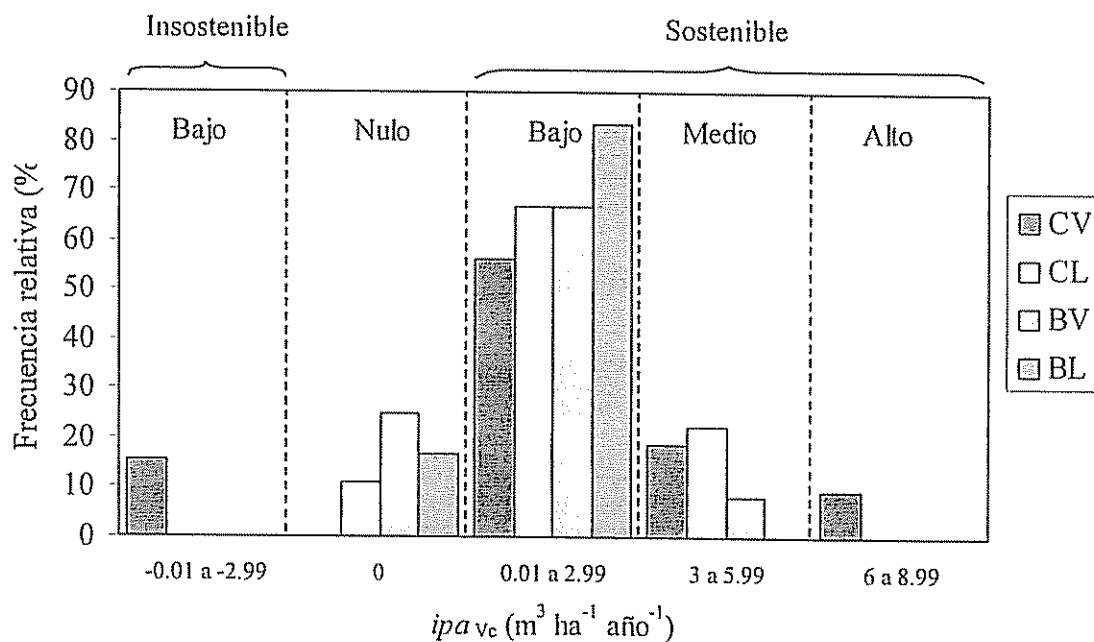


Figura 6. Sostenibilidad del aprovechamiento de madera de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Análisis basado en el incremento periódico anual en volumen comercial (ipa_{vc}). CV y CL: cacaotales del valle y ladera, respectivamente. BV y BL: bananales del valle y la ladera, respectivamente.

3.4 Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento

La proyección del rendimiento de madera comercial ($d \geq 45$ cm) de laurel para el período 2002-2006 a nivel de población, indicó que manteniendo la actual tasa de corta en los cacaotales ($0.8938 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y en los bananales ($0.1172 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), las existencias para las dos condiciones de crecimiento en promedio se incrementarán a razón de $1.86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en los cacaotales y de $1.33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en los bananales (Cuadros 9 y 10). Por lo tanto, bajo estas condiciones a nivel de la población total, es sostenible el aprovechamiento de madera de laurel en los cacaotales y bananales de los indígenas de Talamanca. La posibilidad para incrementar el aprovechamiento sin disminuir las existencias comerciales actuales equivale entonces al incremento periódico anual en volumen comercial (ipa_{vc}).

A nivel de plantaciones individuales, la sostenibilidad del aprovechamiento se cumple en el 84% de los cacaotales del valle, en el 89% de los cacaotales de la ladera, en el 75% de los bananales del valle y en el 83% de los bananales de la ladera. Manteniendo la actual tasa de corta habría una sobreexplotación en el 16% de los cacaotales del valle (Figura6).

4. Discusión

4.1. Tasa de corta y crecimiento diamétrico

Las actuales tasas de corta en volumen comercial, equivalen en número de árboles con $d = 50$ cm por cada 100 ha, a la corta anual de 32 árboles en los cacaotales y de 4 árboles en los bananales. La posibilidad de incremento del aprovechamiento equivale en número de árboles con $d = 50$ cm por cada 100 ha, a la corta anual de 69 árboles en los cacaotales y de 47 árboles en los bananales. Los árboles de laurel se cortan a partir de los 45 cm en adelante, sin embargo la mayor parte de los finqueros entrevistados considera que es mejor aprovechar árboles con $d \geq 50$ cm (Suárez *et al.*, 2002). Con los modelos ajustados en este estudio, se estima ($\alpha = 0.05$) que el laurel alcanza un $d = 50$ cm a los 19.5 ± 1 años en el valle y a los 28 ± 1.5 años en la ladera.

El crecimiento diamétrico del laurel en el valle y la ladera de Talamanca es rápido y es comparable a los ejemplos de la literatura (Cuadro 11). La curva de crecimiento en el valle fue muy similar a la construida por Pérez (1954) para Línea Vieja, Zona Atlántica de Costa Rica; mientras que la de la

ladera fue muy similar a la ajustada por Somarriba y Beer (1987) para un rango de sitios más amplio de dicha zona. El crecimiento diamétrico medido en este estudio en parcelas de regeneración natural con $G= 2.2$ a $3.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Suárez, 2001), fue superior al de las plantaciones de laurel con cacao ($G= 4.8$ a $19.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) establecidas a principios de los 90's en el valle de Talamanca (Sevilla, 2000). Sin embargo, comparado con ensayos de plantaciones puras y agroforestales de laurel en la baja Talamanca y Changuinola, Panamá (Somarriba, *et al.* 2001), son menores a todos los ensayos a una edad de 5 años. El máximo incremento en diámetro (i) en el valle fue similar al observado por Somarriba y Beer (1987) en cacaotales. El rápido crecimiento en diámetro en los sistemas agroforestales evaluados se puede explicar por: i) Las bajas densidades del laurel y otros árboles del dosel de sombra en los cacaotales y bananales (Guiracocha, 2000; Suárez, 2001). Se sabe que el crecimiento diamétrico del laurel esta negativamente relacionado con la densidad (Hummel, 2000). y ii) El manejo de las plantaciones de cacao y banano (control de malezas, raleos, mejoramiento del drenaje, etc.) benefician también al laurel (Beer *et al.*, 2000).

Cuadro 11. Parámetros dasométricos del laurel de regeneración natural en SAF del trópico americano.

Cultivo asociado	Sitio	Autor	ima_d cm año^{-1}	$ipav$ $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$	$imav$ $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$
banano	Talamanca, CR	Este estudio	1.9 - 2.6	1.2 - 1.5 ^c	
cacao	Talamanca, CR	Este estudio	1.9 - 2.6	1.6 - 2.1 ^c	
cacao	Cahuita, CR	Somarriba y Beer (1987)	0.6 - 2.9		
cacao	Matina, CR	Combe <i>et al</i> (1981)			5.8
cacao	Home Creek, CR	Rosero y Gewald (1979)	1.0	14.8	
cacao	Siquirres, CR	Rosero y Gewald (1979)	1.3	20.8	
café	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)			5.9 - 24.6
café	Turrialba, CR	Somarriba (1990)		9 - 24 ^c	
café	Antioquia, CO	Escobar (1979)	0.6 - 0.9	7.3 - 13.5	
café	Turrialba, CR	Rosero y Gewald (1979)	0.9	13.3	
caña	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)			3.7-11.2
pasto	Siquirres, CR	Somarriba y Beer (1987)	0.7		
pasto	Turrialba, CR	Beer <i>et al.</i> (1981)			1.7-8.4
pasto	Cahuita, CR	Rosero y Gewald (1979)	0.55	13.5	

Cifras solas indican el promedio, dos cifras entre un guión indican el rango. CO: Colombia, CR: Costa Rica. ^c: volumen comercial (árboles de $d \geq 45$ cm).

4.2. Proyección del rendimiento e incremento de madera

Los incrementos en volumen comercial de madera predichos fueron menores a los registrados en la literatura para diversas asociaciones agroforestales con laurel (Cuadros 10 y 11). Esto se debe a la menor densidad de laurel presente en las fincas estudiadas (Suárez, 2001), en comparación con lo citado en la literatura. Se debe tomar en cuenta que los ejemplos de la literatura, fueron seleccionados por los investigadores para mostrar situaciones de manejo donde se mantiene la máxima densidad de laurel permitida por el cultivo asociado y no es extraño que sean mayores que los promedios de las fincas escogidas al azar de este estudio.

El modelo presentado es una base para la predicción del rendimiento de laurel en los cacaotales y bananales de la zona, puede ser una herramienta para el diseño de mejoras a estos SAF, mediante la exploración o simulación de escenarios de manejo de las poblaciones de esta especie. Sin embargo, debe considerarse como preliminar y requiere de su validación o recalibración con información de campo, la cual puede ser obtenida de inventarios periódicos o de parcelas permanentes de medición (Vanclay, 1994). Una proyección de más de cinco años requiere la determinación de las tasas de supervivencia en las categorías < 20 cm en los cacaotales y < 10 cm en los bananales y la tasa de reclutamiento en la clase de 5 cm. Este modelo incorpora en la matriz de transición la tasa de corta actual; un aumento en esta tasa, implica la necesidad de actualizar la distribución diamétrica en cada iteración y descontar de los incrementos proyectados, el incremento en la tasa de corta; de otra manera, los coeficientes de la matriz de transición deberán ser recalculados.

4.3. Análisis de la sostenibilidad del aprovechamiento

La sostenibilidad del aprovechamiento de laurel a nivel de las poblaciones totales en cacaotales y bananales no es igual a nivel de plantaciones individuales. La proyección del rendimiento por plantación individual, mostró que la mayor parte de los cacaotales y bananales tienen bajos incrementos de madera comercial y por lo tanto una baja sostenibilidad. Los cacaotales del valle tienen la mayor variación en potencial productivo de madera de laurel: sustentan los mayores incrementos en el 9% de las plantaciones, aunque también hay un decrecimiento en el 16%. El alto potencial productivo de estos SAF se explica debido a que en el valle se dan las mejores condiciones para el crecimiento de laurel y es en los cacaotales donde existe mayores existencias comerciales (Suárez, 2001). Sin embargo, en los cacaotales es donde hay las mayores tasas de aprovechamiento y es en el valle en donde existe mayor presión por madera, debido a la mayor

densidad de población (Borge y Castillo, 1997). Otro factor que puede estar influyendo en la disminución de los incrementos es que los cacaotales son más viejos que los bananales y aparentemente, la regeneración está disminuyendo en estos SAF (Suárez *et al.*, 2001).

El uso y manejo de este recurso maderable, como el de otros recursos naturales, está sujeto a las necesidades y preferencias de los finqueros. Las cuales están determinadas dentro del contexto cultural de esta sociedad indígena, que establece un complejo código ético, religioso, filosófico y social con respecto a los elementos de la naturaleza (Borge y Castillo, 1997). El bajo nivel de aprovechamiento del laurel, el cual permite el crecimiento de la masa forestal de esta especie maderable, contribuye a la sostenibilidad de los agroecosistemas cacaotero y bananero. En un mundo con tendencia globalizadora, se espera que esto sea una ventaja en el marco de negociación de los productos de la finca en los mercados “ambientales” y “justos”, que permita retornar ingresos suficientes para incentivar a los finqueros indígenas para la permanencia y mejoramiento de estos sistemas.

5. Conclusión y recomendación

El aprovechamiento de madera de laurel a nivel de las poblaciones totales en cacaotales y bananales de los indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica, es sostenible bajo las actuales tasas de aprovechamiento y permite un incremento neto de las existencias de madera comercial. A nivel de plantaciones individuales es sostenible en el 86 % de los cacaotales y en el 78% de los bananales.

El modelo de predicción del rendimiento debe ser validado o en su caso, hacer una recalibración de sus coeficientes de la matriz de transición.

6. Literatura citada

- Beer J, Clarkin K, De las Salas G, Glover N. (1981) A case study of traditional agroforestry practices in a wet tropical zone: the La Suiza project, In: Chavarría M (ed) Simposio Internacional sobre las Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de la América Trópic, pp 191-209. San José Costa Rica, CONICIT/Asociación Interciencia/SCITEC
- Beer J, Ibrahim M, Schlönvoigt A (2000) Timber production in tropical agroforestry systems of Central America. In: XXI IUFRO World Congress 7-12 August 2000, Kuala Lumpur, Malaysia, Vol 1 pp 777-786.

- Borge C, Castillo R (1997) Cultura y conservación en la Talamanca indígena., Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 259 p.
- Boshier, DH; Lamb, AT. 1997. *Cordia alliodora*: genética y mejoramiento de árboles. Tropical Forestry Papers No. 36. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Science, University of Oxford. 100 p.
- Combe J, Espinoza L, Kastl R, Vetter R (1981) Growth of laurel in cocoa plantations and in pastures in the Atlantic zone of Costa Rica. In: Agroforestry, Proceedings of a seminar held in CATIE Turrialba, Costa Rica 23 February-3 March, 1981. CATIE, Turrialba, Costa Rica. P 79-83.
- Escobar MML (1979) El crecimiento y el rendimiento del guácimo nogal *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Sham, asociado con el café en el Suroeste de Antioquia. Tesis Ing. For. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 158 pp.
- Finegan B, Delgado D (1997) Los ambientes forestales tropicales y el ajuste de las especies vegetales. Apuntes del curso Bases ecológicas para el manejo de bosques tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 21 p.
- Greaves, A; McCarter, PS. 1990. *Cordia alliodora*, a promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No. 22. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences University of Oxford. 37 p.
- Guiracocha G (2000) Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 128 p.
- Hummel, S (2000) Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. For. Ecol. Manage. 127: 31-40
- Johnson P, Morales R (1972) A review of *Cordia alliodora* (Ruiz & pav.) Oken. Turrialba 22 (2): 210-220.
- Leuschner, WA (1990) Forest regulation, harvest scheduling and planning techniques. John Wiley & Sons, Inc. USA 281 pp.
- Pérez, CA. (1954) Estudio forestal del laurel *Cordia alliodora* (R&P) Cham, en Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, CR, IICA. 182 p.
- Poore D (1989) The management of natural forest: the issues. In: Poore D, Burgess P, Palmer J, Rietbergen S, Synnott T (eds) No timber without trees: sustainability in the tropical forest, p. 1-27, Earthscan Publications. London.
- Rosero P, Gewald N (1979) Growth of laurel (*Cordia alliodora*) in coffee and cacao plantations, and pastures, in the Atlantic region of Costa Rica. In De las Salas G ed. Proceeding of the Workshop Agro-forestry Systems in Latin America. Turrialba, Costa Rica CATIE. pp 205-208
- Sevilla, C (2000) Evaluación de la calidad y crecimiento de plantaciones y sistemas agroforestales en el Territorio Indígena de Talamanca. Proyecto Namasöl. Talamanca, Costa Rica. 34p.
- Somarriba E (1990) Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. Agroforestry Systems 10:253-263.
- Somarriba E (2001) *Acacia pennatula* en los potreros de la reserva natural Mesas de Moropotente, Estelí, Nicaragua. Sin Publicar. 26 pp.
- Somarriba E, Beer J (1999) Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. Agroforestería en las Américas 6(22):7-11.

- Somarriba EJ, Beer JW (1987) Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 18:113-126
- 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
- Suárez A (2001) *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. In: Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. pp 16-34
- Tschinkel HM (1966) Annual growth rings in *Cordia alliodora*. *Turrialba* 16(1):73-80.
- Vanclay JK (1994) Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forest. CAB International, Oxford, UK. 312 p.

VII. Conclusiones y recomendaciones

El aprovechamiento de madera de laurel en cacaotales y bananales de los indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica es sostenible. Los resultados mostraron que las tasas actuales de extracción son de 0.8938 y 0.1172 m³ ha año⁻¹ en los cacaotales y bananales, respectivamente. La proyección del rendimiento de madera descontando la mortalidad natural y la tasa de aprovechamiento, indicó que hay un crecimiento neto en los árboles comerciales de 1.86 y 1.33 m³ ha año⁻¹ en los cacaotales y bananales, respectivamente. A nivel de plantaciones individuales el aprovechamiento es sostenible en el 86 % de los cacaotales y en el 78% de los bananales.

Los finqueros Bribri y Cabécar tienen un amplio conocimiento del manejo del laurel presente en sus parcelas. Este conocimiento incluye aspectos como: condiciones de sitio favorables y desfavorables, prácticas para favorecer la regeneración natural, manejo de la densidad, crecimiento y turno para aprovechamiento, sincronización con las fases lunares en el control de plagas y tala.

Se recomienda la validación o recalibración del modelo de proyección del rendimiento presentado en este estudio. También se recomienda extender este tipo de estudios a otros sistemas agroforestales como los potreros y huertos caseros presentes en las reservas indígenas, así como la determinación de la superficie total de los sistemas agroforestales donde está presente el laurel y el cedro amargo.

Con respecto al cedro amargo, se recomienda limitar el aprovechamiento de esta especie debido a su muy baja abundancia, realizar un estudio del crecimiento diamétrico para determinar su turno de aprovechamiento, así como implementar un programa de reforestación y otro de capacitación en el control de la plaga del barrenador del brote apical.

VII. Anexos

Anexo 1. Base de datos de localización de las plantaciones inventariadas, año 2001, Talamanca., Costa Rica.

No. de plantación	Nombre del finquero (a)	Cultivo	Comunidad	Latitud			Longitud			Altitud msnm
				g	m	s	g	m	s	
1	Aguirre Blanco Mauricio	C	Amubri I	9	31	39.5	82	56	59	91
2	Blanco Buitrago Wilber	B	Amubri I	9	31	6.9	82	56	30	113
3	Blanco Blanco Elvira	C	Amubri I	9	31	25.6	82	56	58.5	113
4	Blanco Blanco Elvira	C	Amubri I	9	30	53.1	82	57	22.8	94
5	Díaz Díaz Benito	B	Amubri I	9	31	19.6	82	58	28	125
6	Diaz Mayorga Benito	C	Amubri I	9	31	18.9	82	58	31.7	109
7	García Nercis Filomena	B	Amubri I	9	31	31	82	57	27.1	101
8	Jiménez Nelson Ernesto	C	Amubri I	9	30	46.9	82	56	58.3	122
9	Layan Gabb Alexander	C	Amubri I	9	30	24.1	82	57	3.8	99
10	Morales Stewart Carolina	C	Amubri I	9	31	20.2	82	56	55.9	92
11	Nelson Rodríguez Adelaida	C	Amubri I	9	31	12.3	82	57	20.1	109
12	Salazar Salazar Cayetano	C	Amubri I	9	31	5.1	82	57	24.2	114
13	Brown Lyon Eulalia Merida	C	Bambú	9	30	12.3	82	52	26.5	102
14	Almengor R. Miriam	C	Boca Uren	9	33	15.6	82	55	23.7	71
15	Selles Selles Leticia	B	Boca Uren	9	32	34	82	55	55.5	103
16	Hernandez Iglesias Eliceo	C	Cachabri	9	30	36.5	82	58	20.9	141
17	Hernandez Iglesias Eliceo	C	Cachabri	9	30	57.4	82	58	32.3	133
18	López López Dorotea	B	Cachabri	9	30	54.7	82	58	32.9	143
19	López López Genoveva	B	Cachabri	9	31	2.7	82	58	41.1	145
20	López López Josefa	C	Cachabri	9	30	54.2	82	59	1.6	143
21	Morales Morales Silverio	C	Cachabri	9	30	48.5	82	58	30.2	137
22	Kiamble Benito	C	Coroma	9	31	17.7	82	59	26.9	145
23	Mayorga Lopez Roldan	C	Coroma	9	31	56.8	83	0	41.5	145
24	Mayorga Lopez Roldan	C	Coroma	9	31	56.9	83	0	41.6	145
25	Mayorga Sibas Manuel	B	Chasse	9	36	17.6	82	52	31.1	79
26	Morales Morales Manuel	B	Chasse	9	35	43.3	82	52	40.5	153
27	Lupario Lupario Leticia	C	Dururpe	9	31	50.3	82	60	31.1	105
28	Morales Villanueva Rigoberto	C	Dururpe	9	31	59.7	82	55	29	82
29	Valdez Lupario Jorge	C	Dururpe	9	31	47.9	82	55	42.7	92
30	Jiménez Marín Rudiel Mateo	B	Katsi	9	30	26	82	58	21.6	109
31	Morales Stuart Joaquín	B	Katsi	9	30	42.8	82	56	5.4	104
32	Vargas García Rodrigo	B	Katsi	9	30	32.2	82	56	31.6	110
33	Vargas García Rodrigo	C	Katsi	9	30	31.6	82	56	22	109
34	Vargas Marquez Osvaldo	C	Katsi	9	30	17.5	82	56	11.2	126
35	Escalante E. Misael	C	Mojoncito	9	32	45.6	83	1	10.2	140
36	Fernandez Sanchez Benito	C	Mojoncito	9	32	49.8	83	1	37.9	134
37	Morales Escalante Florinda	C	Mojoncito	9	32	28.5	83	1	15.7	129
38	Roig Roig Leonardo	C	Mojoncito	9	32	29.3	83	0	38.9	130
39	Ellis Segura Delfina	C	Namu Wöki	9	29	51.3	82	57	14.6	129
40	García Jiménez Ricardo	C	Namu Wöki	-	-	-	-	-	-	-
41	Uva Uva Anselmo	C	S. M. Cabecar	9	37	57.2	82	58	2.3	330

Anexo 1. Continuación.

No. de plantación	Nombre	Cultivo	Comunidad	Latitud			Longitud			Altitud msnm
				g	m	s	g	m	s	
42	Estrada Ríos Deyda	B	San Vicente	9	36	45.4	83	0	19.9	413
43	Fernández Reyes Ma. Alejandra	C	Sepecue	-	-	-	-	-	-	-
44	Leiva Sánchez Dorcas	C	Sepecue	9	33	22.6	82	59	43.5	109
45	Vargas Vargas Marva	B	Sepecue	-	-	-	-	-	-	-
46	Selles Mora Raymundo	B	Shiroles	9	34	48.4	82	56	26.2	113
47	Smith Smith Adelina	B	Shiroles	-	-	-	-	-	-	-
48	Hernández Hernández Jorge	C	Shuab	9	33	49.8	82	48	12.9	131
49	Estrada Ríos Walter	C	Sibuju	9	36	21.4	82	59	16.8	307
50	Estrada Ríos Walter	C	Sibuju	9	36	21.4	82	59	16.8	307
51	Reyes Mayorga Jorge	C	Sibuju	9	36	18.1	82	59	35.6	325
52	Marín Ellis Faustino	C	Tsoki	-	-	-	-	-	-	-
54	Pereira Pereira Silvestre	C	Tsoki	9	34	27.5	82	59	43.9	230
55	Hernández Torres Aurelia	C	Tsuiri	9	33	26.9	82	56	7.5	80
56	Pereira Buitrago Efrén	C	Tsuiri	9	32	54.5	82	56	13	130
57	Salazar Buitrago Ernestina	C	Tsuiri	9	33	18.7	82	56	9.5	102
58	Hernández Martínez Tello	B	Watsi	9	37	11.8	82	54	27.6	160
59	Jiménez Morales Danilo E.	C	Watsi	9	37	20.6	82	52	45.1	57
60	Jiménez Morales Danilo E.	C	Watsi	9	37	31.2	82	52	55.9	78
61	López López Lidia Graciela	C	Watsi	9	37	27.6	82	53	58.3	88
62	Lupario Lupario Virgilio	C	Yorkin	9	30	49.1	82	51	34.4	140
63	Marín Waisa Otilia	C	Yorkin	9	31	56.6	82	53	32.8	148
64	Morales Rodríguez Prisca	B	Yorkin	9	30	52	82	51	46.1	117
65	Moreno Selles Leonicia	B	Yorkin	9	31	13.1	82	52	17.9	140
66	Selles Mayorga Longino	C	Yorkin	9	30	43.7	82	53	28.8	144
67	Selles Onil Serapio	C	Yorkin	9	30	35.9	82	51	10.4	154
68	Selles Selles Fernando	C	Yorkin	9	33	26.6	82	54	41.6	129
69	Serrut Morales Sonia	C	Yorkin	9	30	38.8	82	51	49.6	144

C: cacaotal, B: bananal

Anexo 2. Base de datos de características biofísicas de las plantaciones inventariadas, año 2001, Talamanca., Costa Rica.

No. de planta ción	Fecha de Invent.	Superf. Parcela (m ²)	Paisaje	Pendiente (%)	Exposici ón	Textura	Drenaje	Pedrego sidad	Edad Cacao	Edad Banano	Uso anterior
1	17-Jul	3792	1	5	z	a		1	12		4
2	23-Mar	7349	1	2	z		2	2			
3	22-Mar	7039	1	2	z	a	1		10		
4	22-Mar	11070	1	2	z	a	2	1	10		
5	28-Mar	8240	1	2	z	fa	1	1		6	
6	28-Mar	13279	1	1	z	fa	1	2			
7	11-Jul	7119	1	5	z		2	2			1
8	31-Jul	9367	1	1	z	a	2	1		4	4
9	21-Mar	7208	1	1	z	fa	1	1		1	
10	11-Jul	4807	1	5	s	a	1	1		4	4
11	11-Jul	18077	1	5	z	a	2	1	50		5
12	17-Jul	5381	1	2	z	a	2	1	13		4
13	10-Ago	3962	2	32	s		1	3	20		1
14	16-Abr	3575	1	2	z	fa	1	1	17		5
15	3-Ago	10740	1	5	z	a	2	1		2	3
16	24-Abr	4435	2	5	z	ar	1	1	13		2
17	24-Abr	3840	1	1	z	fa	1	1	6		
18	10-Jul	2129	1	4	z	a	2	1		2	3
19	10-Jul	5140	1	10	e	a	1	3		2	1
20	24-Abr	5836	1	1	z	fa	1	2	30		
21	23-Abr	17914	1	3	z	fa		2	55		1
22	6-Jun	8159	1	2	z	far		1	12		1
23	5-Jun	3865	1	1	z	fa	1	1		4	2
24	25-Jun	2548	1	1	z	fa	1	1	9	4	2
25	12-Jun	2597	2	15	no	far	1	1		5	1
26	11-Jun	2905	2	25	so	far	1	3		3	1
27	9-Ago	20027	1	15	o		2	1	25		1
28	22-May	8725	2	28	o	far	1				
29	9-Ago	2168	1	15	s	a		2		5	1
30	31-Jul	3556	1	2	o	a	1	2		3	1
31	30-Jul	7114	1	5	z	a	2	1		6	2
32	31-Jul	2987	1	3	z	a		1		5	1
33	31-Jul	3727	1	5	o	a	2			4	3
34	15-Mar	8530	2	50	so	ar	1	1	30		
35	16-May	9601	1	1	z	far	1	1	10	2	2
36	16-May	5520	1	1	z	far	2	2	13		2
37	17-May	6435	1	2	z	fa	1	1		10	2
38	8-Ago	15415	1	10	z	a	2	1	12		1
39	29-Mar	3946	2	32	no	ar	1	2	9		
40	21-Ago	6207	2	25	so		2	2			1
41	13-Mar	6049	2	5	z	ar	1	1	15		
42	19-Jun	2931	2	30	no	far	2	1		2	2
43	15-May	5592	1	2	z	far	1	1	20		2
44	17-May	7897	1	1	z	fa	1	1		6	3
45	7-Ago	6768	1	2	z	a	2	1		4	1
46	15-Jun	6270	2	8	so	far	1			4	3
47	21-Jun	8724	1	4	z	fa	1	1		4	3

Anexo 2. Continuación

No. de planta ción	Fecha de Invent.	Superf. Parcela (m ²)	Paisaje	Pendiente (%)	Exposici ón	Textura	Drenaje	Pedreg osidad	Edad cacao	Edad banano	Uso anterior
48	22-Ago	26192	1	5	z	a	2	1	40		1
49	18-Jun	6201	2	25	n	fa	1	1			
50	18-Jun	2320	2	12	so	fa	1	1	12	.	7
51	14-Mar	18502	2	70	so	ar	2	1	20	.	.
52	27-Mar	3125	2	40	.	ar	1	1	15	.	.
54	20-Ago	7942	2	20	se		1	1	9	.	7
55	14-Jun	10332	1	3	z	far	1	1	12	3	1
56	22-Jun	3091	2	8	no	ar		1	13	.	2
57	14-Jun	7505	2	4	z	far	1	1	7	.	2
58	1-Ago	4883	2	32	no		1	2	.	10	7
59	29-May	4758	2	15	o	far	1	2	13	.	6
60	29-May	926	2	7	z	far	1	1	13	.	.
61	20-Abr	5018	2	20	se	far	1		.	4	2
62	2-May	4292	1	2	z	fa	1	3	20	1	2
63	26-Jul	13184	1	5	z	a	2	1	.	3	3
64	3-May	1721	2	40	ne	ara	1		.	2	2
65	2-May	3452	1	3	z	fa	1	1	.	1	2
66	24-Jul	12605	1	10	so		1	2	14	.	1
67	3-May	11407	1	2	z		2	1	55	.	.
68	25-Jul	9357	1	5	z	a	2	1	.	2	3
69	25-Jul	16181	2	30	se		1	2	.	5	1

Paisaje: 1= valle, 2= ladera; Exposición: z= zenital, n= norte, ne= noreste, e= este, se= sureste, s= sur, so= suroeste, o= oeste, no= noroeste; Textura del suelo: a= arenoso, fa= franco arenoso, ar= arcilloso, far= franco arcilloso, ara= arcilloso arenoso; Drenaje: 1= rápido, 2= medio; Pedregosidad: 1= poca, 2= media, 3= alta; Uso del suelo anterior: 1= charral, 2= tacotal, 3= cacaotal viejo, 4= plátano, 5= banano, 6= huerto casero, 7= bosque primario.

Anexo 4. Base de datos de existencias de madera de laurel por categoría diamétrica por plantación (m³). Inventario año 2001, Talamanca, Costa Rica.

No.	Categoría diamétrica en cm (límite inferior)																Suma	Suma d>45	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80			100
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.55	0.83	0.48	2.28	2.25	3.17	2.15	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.54	4.97
4	0.11	0.81	2.07	2.49	2.89	3.04	2.25	12.68	4.29	14.10	3.61	0.00	5.58	6.78	8.13	0.00	0.00	68.85	42.49
5	0.23	0.38	0.28	1.11	0.48	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	3.61	4.53	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	17.32	13.73
6	0.30	0.70	1.80	2.22	0.96	1.52	3.38	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.47	0.00
7	0.09	0.16	0.00	0.28	0.00	0.76	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	0.00
8	0.10	0.70	0.83	1.11	0.96	1.52	1.13	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.52	0.00
9	0.01	0.00	0.14	0.28	1.93	0.00	6.76	4.75	4.29	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.77	7.90
10	0.00	0.00	0.14	0.55	0.00	0.00	7.88	6.34	10.73	5.64	7.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.51	23.59
11	0.00	0.11	0.55	1.39	7.22	7.61	13.51	12.68	25.76	22.55	3.61	22.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	117.65	74.58
12	0.00	0.00	0.41	1.39	3.37	4.57	2.25	0.00	2.15	2.82	0.00	0.00	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	22.54	10.55
13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.96	1.52	2.25	3.17	0.00	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.53	3.61
14	0.00	0.16	0.41	0.00	0.48	0.00	1.13	1.58	2.15	0.00	7.22	0.00	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	18.72	14.95
15	0.06	0.54	0.69	0.83	0.48	0.76	3.38	3.17	6.44	0.00	3.61	4.53	11.17	6.78	0.00	0.00	0.00	42.45	32.53
16	0.03	0.00	0.14	0.28	1.44	0.76	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.28	0.48	1.52	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.35	20.76	17.35
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	1.52	4.50	1.58	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.87	4.29
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.14	0.00	0.48	0.76	5.63	3.17	12.88	8.46	7.22	13.59	11.17	6.78	0.00	0.00	0.00	70.28	60.10
21	0.05	0.38	0.83	3.60	6.26	12.94	14.64	4.75	6.44	11.28	25.28	27.18	11.17	20.34	0.00	0.00	0.00	145.14	101.69
22	0.00	0.11	1.24	2.22	3.85	2.28	10.13	4.75	0.00	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.20	3.61
23	0.00	0.00	0.14	1.39	0.48	3.04	3.38	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	15.60	5.58
24	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	1.13	0.00	4.29	8.46	0.00	9.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.08	21.81
25	0.10	0.43	1.52	0.55	1.44	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.18	0.00
26	0.00	0.00	0.14	0.00	0.48	0.00	1.13	1.58	4.29	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.44	7.11
27	0.25	2.65	3.18	3.60	2.89	0.76	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.46	0.00
28	0.00	0.11	0.28	1.39	0.48	0.76	4.50	1.58	10.73	0.00	3.61	4.53	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	33.56	24.46
29	0.00	0.05	0.28	1.39	0.48	3.04	4.50	1.58	0.00	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.15	2.82
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.08	0.65	1.66	2.49	3.37	3.81	1.13	3.17	6.44	5.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.43	12.08
32	0.04	0.05	0.28	1.11	1.93	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00
33	0.21	0.81	0.83	1.66	0.48	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14	2.15
34	0.03	0.11	0.28	1.11	0.48	4.57	7.88	6.34	4.29	25.37	3.61	0.00	11.17	13.56	0.00	9.63	0.00	88.43	67.64
35	0.01	0.00	0.14	0.00	0.96	0.00	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	0.00
36	0.01	0.00	0.14	0.55	3.37	4.57	4.50	1.58	2.15	5.64	0.00	0.00	0.00	13.56	0.00	9.63	0.00	45.71	30.98
37	0.00	0.00	0.14	0.00	0.96	0.76	2.25	3.17	17.17	0.00	3.61	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.60	25.31
38	0.03	0.11	0.69	1.66	1.44	2.28	5.63	7.92	4.29	11.28	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.95	19.18
39	0.01	0.16	0.41	0.55	0.48	2.28	1.13	6.34	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.52	2.15
40	0.00	0.00	0.28	2.22	1.44	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	0.00
41	0.00	0.11	0.14	0.83	0.96	3.04	4.50	7.92	8.59	14.10	10.83	9.06	0.00	0.00	0.00	9.63	0.00	69.72	52.21
42	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
43	0.03	0.27	0.83	2.22	2.41	2.28	7.88	11.09	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.15	2.15
44	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.78	0.00	0.00	0.00	8.36	6.78
45	0.00	0.22	0.14	0.83	0.48	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	0.00
46	0.00	0.11	0.00	0.00	0.48	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00

Anexo 4. Continuación.

No.	Categoría diamétrica en cm (límite inferior)																Suma	Suma d>45	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80			100
47	0.01	0.00	0.14	0.28	0.48	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00
48	0.01	0.32	0.41	1.94	1.44	4.57	7.88	11.09	17.17	11.28	3.61	13.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.33	45.65
49	0.00	0.22	0.41	0.55	1.44	3.04	1.13	1.58	0.00	0.00	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.92	4.53
50	0.00	0.05	0.14	0.55	0.48	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00
51	0.00	0.05	0.14	1.94	1.44	3.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38	0.00
52	0.05	0.22	0.83	3.05	0.48	1.52	1.13	0.00	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.42	2.15
54	0.00	0.11	0.28	0.55	0.00	1.52	5.63	11.09	8.59	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.23	17.04
55	0.13	0.38	0.97	0.83	0.96	2.28	2.25	4.75	2.15	0.00	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.23	6.68
56	0.09	0.11	0.41	1.66	0.00	1.52	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.05	0.00
57	0.38	1.24	1.52	3.60	4.81	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.60	0.00
58	0.00	0.05	0.14	1.11	1.44	0.76	1.13	1.58	4.29	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33	7.11
59	0.00	0.11	0.28	0.28	0.48	1.52	1.13	0.00	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.08	4.29
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	0.09	0.32	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.28	0.48	1.52	0.00	3.17	2.15	8.46	7.22	4.53	0.00	6.78	0.00	0.00	17.35	51.94	46.49
63	0.18	0.76	2.63	4.43	8.18	10.66	23.65	25.36	10.73	11.28	0.00	4.53	0.00	0.00	0.00	0.00	102.38	26.54	26.54
64	0.00	0.05	0.00	0.55	0.96	1.52	0.00	1.58	0.00	2.82	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.11	6.43
65	0.03	0.27	0.55	0.00	0.00	1.52	1.13	3.17	10.73	2.82	7.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.44	20.77
66	0.01	0.27	0.97	2.77	10.11	6.09	11.26	15.85	4.29	5.64	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.87	13.54
67	0.05	0.54	2.35	3.05	2.89	2.28	9.01	12.68	6.44	8.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.74	14.90
68	0.00	0.11	0.14	1.66	2.89	0.00	6.76	7.92	12.88	5.64	10.83	0.00	5.58	0.00	0.00	0.00	0.00	54.41	34.94
69	0.03	0.97	3.59	4.71	10.59	12.18	18.02	14.26	4.29	11.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.92	15.57

Anexo 6. Base de datos de existencias de madera de cedro amargo por categoría diamétrica por plantación (m³). Inventario año 2001, Talamanca., Costa Rica.

No. de plantación	Categoría diamétrica en cm (límite inferior)					Suma
	45	50	55	60	90	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	2.07
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	1.39
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1.10	0.00	1.72	0.00	4.82	7.63
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	4.82
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	1.39
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	1.10	2.79	0.00	0.00	0.00	3.88
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00	1.72
53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 7. Información base para el cálculo de los coeficientes de la matriz de transición del modelo de predicción del rendimiento de laurel en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

Clase diam. en cm	Dist. diam. * árboles ha ⁻¹		Valle				Ladera			
	C	B	<i>t</i>	<i>TP</i>	<i>S_C</i>	<i>S_B</i>	<i>t</i>	<i>TP</i>	<i>S_C</i>	<i>S_B</i>
5	4.7413	5.4148	2.8	1.7			4.0	2.3		
10	5.3343	5.5415	4.5	1.7		0.95	6.3	2.3		0.96
15	5.6515	5.0966	6.2	1.8		0.92	8.6	2.3		0.94
20	5.6544	4.4142	8.0	1.8	0.97	0.91	10.9	2.4	0.98	0.93
25	5.3484	3.6677	9.8	1.9	0.94	0.90	13.4	2.6	0.96	0.92
30	4.7831	2.9519	11.7	2.0	0.92	0.89	16.0	2.8	0.94	0.92
35	4.0418	2.3147	13.7	2.1	0.90	0.89	18.8	3.1	0.93	0.92
40	3.2236	1.7753	15.8	2.3	0.89	0.89	21.9	3.5	0.93	0.93
45	2.4230	1.3354	18.1	2.5	0.88	0.89	25.3	3.9	0.93	0.93
50	1.7134	0.9872	20.6	2.7	0.88	0.90	29.2	4.6	0.93	0.94
55	1.1378	0.7184	23.3	3.0	0.87	0.91	33.9	5.6	0.93	0.95
60	0.7081	0.5153	26.3	3.4	0.88	0.91	39.5	7.3	0.94	0.96
65	0.4121	0.3647	29.7	3.9	0.88	0.92	46.8	10.4	0.96	0.97
70	0.2237	0.2549	33.5	4.6	0.89	0.96	57.3	19.0	0.97	0.99
75	0.1131	0.2045	38.1	5.5	0.90					
80	0.0531		43.6	7.1	0.92					
85	0.0228		50.7	10.0	0.94					

* valores predichos por el modelo de Weibull, ver Figura 3 y Cuadro 2. C: cacaotales; B: bananales; *t*: tiempo para alcanzar la clase diamétrica (años); *TP*: tiempo de paso (años) entre una clase diamétrica y la siguiente; *S_C* y *S_B*: supervivencia de laurel en cacaotales y bananales, respectivamente (%).

Anexo 8. Proyección del rendimiento e incremento para cinco años en volumen comercial ($d \geq 45$ cm) de madera de laurel en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica.

No. Plant.	Cultivo	Paisaje	Superficie (m ²)	Inicio (2001)		Final (2006)		ipa_{vc} m ³	ipa_{vc} m ³ ha ⁻¹
				Núm. de árboles	Volumen (m ³)	Núm. de árboles	Volumen (m ³)		
1	C	1	3792	0	0.00	0.3	0.67	0.13	0.35
3	C	1	7039	2	4.97	4.0	12.00	1.41	2.00
4	C	1	11070	11	42.49	12.9	52.31	1.96	1.77
6	C	1	13279	0	0.00	2.8	7.26	1.45	1.09
8	C	1	9367	0	0.00	2.3	6.32	1.26	1.35
9	C	1	7208	3	7.90	6.2	19.17	2.25	3.13
10	C	1	4807	9	23.59	9.8	33.85	2.05	4.27
11	C	1	18077	26	74.58	27.5	97.18	4.52	2.50
12	C	1	5381	3	10.55	5.1	16.53	1.20	2.22
14	C	1	3575	4	14.95	3.2	14.30	-0.13	-0.37
17	C	1	3840	0	0.00	1.1	2.79	0.56	1.45
20	C	1	5836	17	60.10	12.6	56.15	-0.79	-1.35
21	C	1	17914	25	101.69	27.0	111.12	1.88	1.05
22	C	1	8159	1	3.61	7.9	22.20	3.72	4.56
23	C	1	3865	1	5.58	3.7	12.16	1.32	3.41
24	C	1	2548	7	21.81	4.1	18.32	-0.70	-2.74
27	C	1	20027	0	0.00	1.7	4.03	0.81	0.40
29	C	1	2168	1	2.82	4.1	11.59	1.75	8.09
33	C	1	3727	1	2.15	0.8	2.47	0.06	0.17
35	C	1	9601	0	0.00	1.1	2.81	0.56	0.59
36	C	1	5520	6	30.98	8.3	36.26	1.06	1.91
37	C	1	6435	10	25.31	7.6	27.83	0.50	0.78
38	C	1	15415	7	19.18	9.7	32.21	2.61	1.69
43	C	1	5592	1	2.15	8.8	24.55	4.48	8.01
44	C	1	7897	1	6.78	1.1	6.23	-0.11	-0.14
48	C	1	26192	16	45.65	17.2	60.94	3.06	1.17
55	C	1	10332	2	6.68	4.6	14.83	1.63	1.58
62	C	1	4292	8	29.14	5.9	27.09	-0.41	-0.96
63	C	1	13184	10	26.54	28.8	85.47	11.79	8.94
66	C	1	12605	5	13.54	17.0	49.44	7.18	5.70
67	C	1	11407	6	14.90	12.5	38.28	4.68	4.10
68	C	1	9357	12	34.94	12.3	44.64	1.94	2.08
13	C	2	3962	1	3.61	3.0	8.92	1.06	2.68
16	C	2	4435	0	0.00	0.6	1.50	0.30	0.68

Anexo 8. Continuación.

No. Plant.	Cultivo	Paisaje	Superficie (m ²)	Inicio (2001)		Final (2006)		<i>ipa</i> _{vc} m ³	<i>ipa</i> _{vc} m ³ ha ⁻¹
				Núm. de árboles	Volumen (m ³)	Núm. de árboles	Volumen (m ³)		
28	C	2	8725	8	24.46	8.0	28.45	0.80	0.91
34	C	2	8530	16	58.01	17.6	68.55	2.11	2.47
39	C	2	3946	1	2.15	3.9	10.23	1.62	4.10
40	C	2	6207	0	0.00	0.3	0.71	0.14	0.23
41	C	2	6049	14	42.58	15.0	52.07	1.90	3.14
49	C	2	6201	1	4.53	2.4	8.16	0.73	1.17
50	C	2	2320	0	0.00	0.4	0.98	0.20	0.84
51	C	2	18502	0	0.00	0.9	2.10	0.42	0.23
52	C	2	3125	1	2.15	1.5	3.88	0.35	1.11
54	C	2	7942	7	17.04	11.0	31.98	2.99	3.76
56	C	2	3091	0	0.00	1.1	2.51	0.50	1.62
57	C	2	7505	0	0.00	1.1	2.44	0.49	0.65
59	C	2	4758	2	4.29	2.1	5.88	0.32	0.67
60	C	2	926	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
61	C	2	5018	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
69	C	2	16181	6	15.57	18.6	50.04	6.89	4.26
2	B	1	7349	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
5	B	1	8240	3	13.73	2.7	14.31	0.12	0.14
7	B	1	7119	0	0.00	0.7	1.83	0.37	0.51
15	B	1	10740	8	32.53	8.3	39.09	1.31	1.22
18	B	1	2129	2	4.29	4.2	12.33	1.61	7.55
19	B	1	5140	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
30	B	1	3556	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
31	B	1	7114	5	12.08	6.7	21.49	1.88	2.65
32	B	1	2987	0	0.00	1.6	3.64	0.73	2.44
45	B	1	6768	0	0.00	0.4	1.00	0.20	0.29
47	B	1	8724	0	0.00	0.6	1.43	0.29	0.33
65	B	1	3452	8	20.77	6.9	25.84	1.01	2.94
25	B	2	2597	0	0.00	0.5	1.13	0.23	0.87
26	B	2	2905	3	7.11	3.2	9.81	0.54	1.86
42	B	2	2931	0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
46	B	2	6270	0	0.00	0.2	0.42	0.08	0.13
58	B	2	4883	3	7.11	3.4	10.36	0.65	1.33
64	B	2	1721	2	6.43	2.5	8.82	0.48	2.77

Paisaje: 1= valle, 2= ladera

Anexo 9. Formato de inventario forestal.

Página 1

FORMATO DE INVENTARIO**Datos de identificación**

#	Fecha:	Comunidad:	
Nombre del productor (a):			No. plantación:
Coordenadas:	N	O	Altitud: ms.n.m.

Croquis de localización

Distancia a la población mas cercana:

Descripción del sitio

Textura:	Drenaje: 1. Rápido () 2. Medio () 3. Lento ()
Pedregosidad: 1. Poca (<10%) () 2. Media () 3. Alta (>30%) ()	
Pendiente: %	Exposición:
Paisaje: 1. Valle () 2. Ladera ()	

Descripción del Sistema Agroforestal

Cultivo asociado principal:	Secundario:
Esp. dosel de sombra:	
Edad de la plantación	Uso anterior:
Aprovechamientos:	Chapias:
Observaciones:	

Anexo 10. Formato de Cuestionario sobre aprovechamiento de madera y conocimiento local sobre el laurel.

CUESTIONARIO DE: APROVECHAMIENTO DE MADERA EN LA FINCA

Nombre del productor (a) : _____
 Comunidad: _____ Fecha: _____
 Cultivo asociado: _____

1. ¿Cuales especies maderables hay en su parcela de cacao o banano?

2. ¿Cuales son las especies mas utilizadas para madera?

3. ¿Cuantos árboles de laurel ha cortado en los últimos dos años? _____
4. ¿Cuantas pulgadas madereras ticas rindieron esos árboles? _____
5. ¿Cual es el diámetro mínimo para cortar un laurel? _____
6. ¿En que fase lunar debe cortarse los árboles de laurel? _____
7. ¿Cuales son las especies maderables mas adecuadas para dejar en la parcela de cacao?
8. ¿Que características tienen?

Especie	Características

CONOCIMIENTO TRADICIONAL SOBRE EL CRECIMIENTO DEL LAUREL

1. ¿En que tipo de sitio se desarrolla mejor el laurel?

2. ¿En que tipo de suelo desarrolla menos el laurel?

3. ¿Cuanto tiempo tarda el laurel en alcanzar un diámetro de 5 cm? _____
4. ¿Cuanto tiempo tarda el laurel en alcanzar el diámetro mínimo para aprovechamiento?

5. ¿Hay algún árbol o árboles de los cuales usted sepa su edad? _____
6. ¿Donde están?

7. ¿Son de regeneración natural o son plantados?

CONOCIMIENTO TRADICIONAL SOBRE MANEJO DEL LAUREL

1. ¿Hace alguna practica para favorecer la regeneración del laurel? _____ 2. ¿Cuales?

3. ¿Ha plantado algunos arbolitos de laurel en su parcela? _____ 4. ¿Cuantos? _____
5. ¿El número de laureles en su parcela es adecuado? _____ 6. ¿Hace falta sembrar? _____
7. ¿Hace falta ralear ? _____ 8. ¿Cuantos árboles ? _____
9. ¿Cómo decide cuantos árboles grandes dejar en su parcela?

10. ¿Cómo decide cuales árboles dejar en su parcela?

11. ¿Hace otras prácticas para regular la sombra del laurel sobre su cultivo?

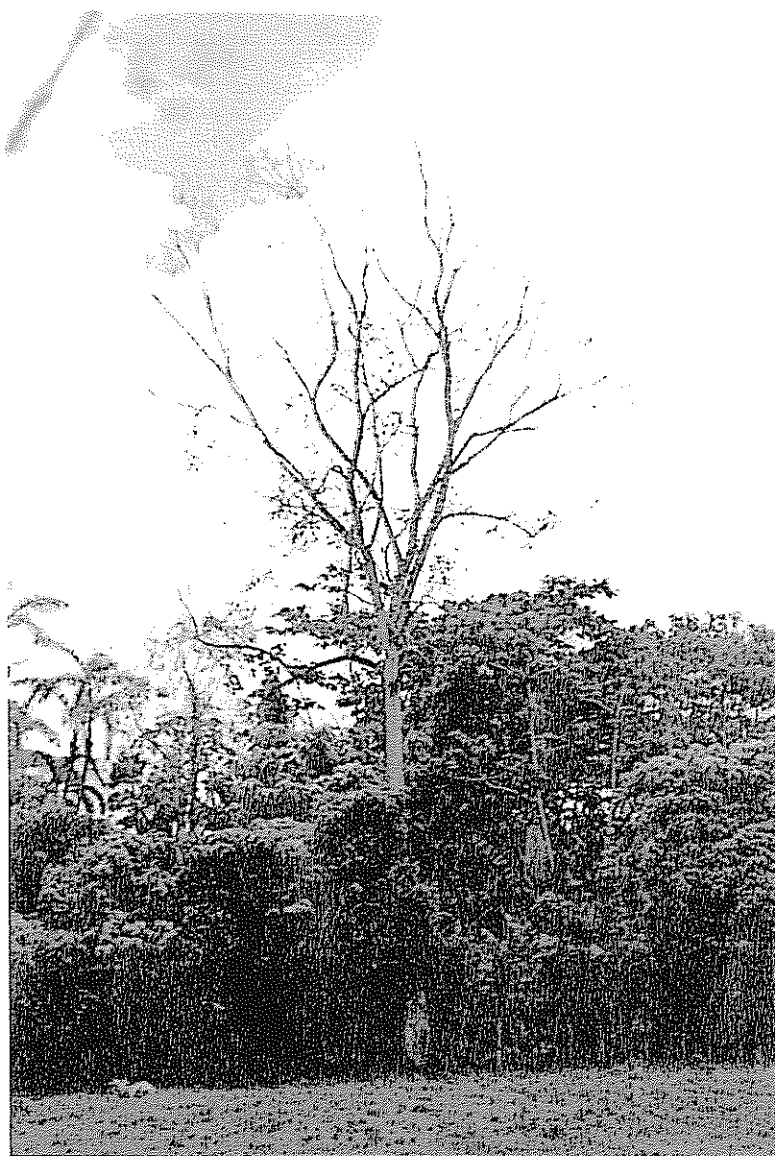
12. ¿Hace algún control de la maleza alrededor de los laureles?

13. ¿Qué tipo de plagas o enfermedades tiene el laurel?

14. ¿Qué hace para controlarlas?



Anexo 11. Laurel en cacaotales. Esta especie es un importante recurso de las fincas indígenas de Talamanca.



Anexo 12. Cedro amargo en los límites de una plantación de banano. A pesar de su escasez, aún se encuentran árboles de buenas características fenotípicas para árboles semilleros en los territorios indígenas de Talamanca.