

DETERMINACIÓN DE LOS DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL
(*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*) DE REGENERACIÓN NATURAL
EN CACAOTALES Y BANANALES EN LOS TERRITORIOS INDIGENAS BRIBRÍ
Y CABÉCAR DE TALAMANCA, COSTA RICA

ANDERSON MAURICIO BOTINA GARZON
DIEGO FELIPE CHALACA CUASPUD

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL

PASTO – COLOMBIA
2006
DETERMINACIÓN DE LOS DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL
(*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*) DE REGENERACIÓN NATURAL
EN CACAOTALES Y BANANALES EN LOS TERRITORIOS INDIGENAS BRIBRÍ
Y CABÉCAR DE TALAMANCA, COSTA RICA

ANDERSON MAURICIO BOTINA GARZON
DIEGO FELIPE CHALACA CUASPUD

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agroforestal

PRESIDENTE
EDUARDO SOMARRIBA CHÁVEZ Ph. D.

CO-PRESIDENTE
DIEGO MUÑOZ GUERRERO M. Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL

PASTO – COLOMBIA
2006

Nota de aceptación.

FERNANDO NAVIA ESTRADA Ph.D.

GERMÁN CHÁVEZ JURADO

JAVIER LEÓN GUEVARA

San Juan de Pasto, Junio de 2007

Dedico este trabajo a:

A Dios por concederme tantas oportunidades y darme paciencia, calma y fortaleza para poder salir adelante.

A mis padres Franco y Lucia quienes siempre me apoyaron para seguir mis estudios.

A mis hermanos Jhon, Jacke, y Vivi por brindarme siempre su amistad y ser mi apoyo en los momentos difíciles.

A mi esposa e hijo Felipe por que son lo más grande que Dios me brindo.

A mis amigos que de una u otra forma estuvieron allí en el momento y hora indicada.

A todas las personas que conocí en CATIE y fuera de él por que pude entender que todavía hay gente que le gusta ayudar desinteresadamente.

A mis amigos Diego y Jaime por hacerme reír y compartir tantos momentos, espero que esta no sea la ultima vez que nos veamos!!!

ANDERSON MAURICIO

Dedico éste trabajo a:

Dios por brindarme la oportunidad de la vida junto a la gente maravillosa que me rodea y apoya.

Mis Padres por todos sus valores, consejos, esfuerzos y sacrificios que me enseñaron que la vida también esta llena de triunfos.

Los de mi casa por su ejemplo y por estar ahí en los momentos difíciles, pero sobre todo en estos momentos de tanta alegría.

Los de mi otra casa por acogerme como uno más de su hogar, brindarme su apoyo, confianza y hacerme sentir en casa

Mis amigos y amigas de la “U” porque fue con quienes compartí una de las mejores etapas de mí vida y no me dejaron cuando más los necesitaba.

A la gente que conocimos afuera por hacernos sentir bienvenidos en un país extraño, no dejarnos desfallecer y alentarnos para continuar con nuestros sueños, para ellos que Dios los bendiga.

Ander mi compañero, amigo y hermano, “PURA VIDA!!!”

DIEGO FELIPE

AGRADECIMIENTOS

Al Líder del Proyecto de Captura de Carbono, Eduardo Somarriba Chávez Ph.D., Profesor consejero y amigo, por su ayuda para el desarrollo del presente trabajo de grado.

A la Coordinadora del Proyecto Captura de Carbono, Marilyn Villalobos M.Sc., por su amistad, incondicional apoyo y asesoría en la logística para el trabajo de campo.

A Wilson Calero M.Sc., estudiante de maestría en CATIE, compañero del trabajo realizado en campo, por todos sus consejos, amistad y apoyo.

A Vilmar Sánchez y Rene Layan, gracias, no sólo por su valiosa ayuda como guías y apoyo para el trabajo de campo, sino también por sus valiosos consejos y amistad incondicional.

A todos los Productores de la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica, quienes nos acogieron y entregaron su desinteresada colaboración y conocimiento en especial a las directivas de la Asociación de productores UCANEHÜ, por su valiosa amistad y consejos, por acogernos y facilitarnos el trabajo de campo.

A Alfonso Suárez Islas M.Sc., Por su valiosa asesoría y consejos, que a la distancia dieron rumbo al desarrollo del presente trabajo de grado.

A los miembros del comité asesor, Jorge Navia Estrada Ph.D., Javier León Guevara M. Sc. y Germán Chávez Jurado Esp., por sus valiosas sugerencias y comentarios sobre el documento y por los consejos y la amistad desarrollada en el transcurso de la carrera y el trabajo de grado.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 20 |
| 1.2. LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) EN SISTEMAS AGROFORESTALES | 23 |
| 1.3. INDIGENAS BRIBRI Y CABECAR EN TALAMANCA | 24 |
| 1.4. REGENERACION NATURAL DE ESPECIES FORESTALES | 25 |
| 1.5. SISTEMAS AGROFORESTALES FIJADORES DE CARBONO | 26 |
| 1.6. PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA) | 27 |
| 2. DISEÑO METODOLOGICO | 28 |
| 2.1 ZONA DE ESTUDIO | 28 |
| 2.2 ÁREA EXPERIMENTAL | 29 |
| 2.3 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA | 30 |
| 2.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA | 30 |
| 2.4.1 Inventario de árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 31 |
| 2.4.2 Medición de tocones de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 31 |
| 2.4.3 Estimación del rendimiento de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 31 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.4.4 | Percepción sobre el manejo de sombra y regeneración de árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 32 |
| 2.5 | ACERCAMIENTO CON LOS PRODUCTORES | 33 |
| 2.6 | EXISTENCIAS DE MADERA | 33 |
| 2.6.1 | Área basal | 33 |
| 2.6.2 | Existencias de madera de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 34 |
| 2.6.2.1 | Volumen comercial de árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>). | 34 |
| 2.7 | COMPONENTES DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO | 35 |
| 2.7.1 | EXISTENCIAS DE BIOMASA | 35 |
| 2.7.1.1 | Biomasa total en madera de laurel (<i>cordia alliodora</i>) y cedro (<i>cedrela odorata</i>) | 36 |
| 2.7.2 | Estimación de fijación de carbono en biomasa | 37 |
| 2.7.3 | Corta y extracción de madera de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 38 |
| 2.8 | ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO DE LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 38 |
| 2.9 | CARBONO APROVECHABLE | 38 |
| 2.9.1 | Destinos de madera y carbono de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 39 |
| 3. | RESULTADOS Y DISCUSION | 41 |
| 3.1. | CARACTERÍSTICAS Y SUPERFICIE DE LAS PLANTACIONES | 41 |
| 3.2. | ÁREA BASAL DE LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 41 |
| 3.3. | EXISTENCIAS DE MADERA DE LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y | |

| | |
|---|----|
| CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 44 |
| 3.4. CARBONO EN BIOMASA DE LAUREL (<i>cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>cedrela odorata</i>) | 46 |
| 3.5. TASA DE CORTA DE LAUREL (<i>cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>cedrela odorata</i>) | 48 |
| 3.6. RENDIMIENTO DE MADERA DE LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 49 |
| 3.7. DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL (<i>Cordia alliodora</i>) Y CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>) | 51 |
| 3.7.1. Laurel (<i>Cordia alliodora</i>). | 51 |
| 3.7.2. Cedro (<i>Cedrela odorata</i>). | 52 |
| 3.8. Percepción sobre el manejo de la sombra y regeneración natural del laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 53 |
| 4. CONCLUSIONES | 55 |
| 5. RECOMENDACIONES | 56 |
| BIBLIOGRAFÍA | 57 |
| ANEXOS | 63 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Densidad (m^2ha^{-1}) de árboles de Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 43 |
| Cuadro 2. Volumen de madera (m^3ha^{-1}) de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Cedrela odorata</i> en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 46 |
| Cuadro 3. Contenido de carbono (ton C ha^{-1}) en biomasa (ton ha^{-1}) de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 47 |
| Cuadro 4. Contenido de carbono (ton C ha^{-1}) en biomasa (ton ha^{-1}) de cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 47 |
| Cuadro 5. Tasa anual de corta de madera de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica, periodo 2001-2005. | 48 |
| Cuadro 6. Volumen total y rendimiento estimado por clase diamétrica para árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) de Talamanca, Costa Rica. | 50 |
| Cuadro 7. Destinos de madera ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y carbono ($\text{ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 51 |
| Cuadro 8. Destinos de madera ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y carbono ($\text{ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 52 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Localización del área de estudio en Talamanca, Costa Rica. 2006. | 28 |
| Figura 2. Ubicación de las parcelas de muestreo en las Reservas Indígenas de Talamanca, costa Rica. | 29 |
| Figura 3. Área basal (m^2ha^{-1}) de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 42 |
| Figura 4. Área basal (m^2ha^{-1}) de cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 43 |
| Figura 5. Volumen total ($d \geq 5\text{cm.}$) (barras) y volumen comercial ($d \geq 45\text{cm.}$) (zonas punteadas) de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 44 |
| Figura 6. Volumen comercial real de cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 45 |
| Figura 7. Madera útil vs madera de desperdicio de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) de Talamanca, Costa Rica. | 51 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo 1. Base de datos de localización de las plantaciones inventariadas por Suárez, 2001 en Talamanca, Costa Rica. | 64 |
| Anexo 2. Formato de reinventario de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) de regeneración natural en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 66 |
| Anexo 3. Formato inventario de tocones de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en Talamanca, Costa Rica | 67 |
| Anexo 4. Formato de encuesta a sierreros para determinar el rendimiento del laurel (<i>Cordia alliodora</i>) en Talamanca, Costa Rica. | 68 |
| Anexo 5. Formato de cuestionario sobre el manejo de sombra y regeneración natural de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en Talamanca, Costa Rica. | 69 |
| Anexo 6. Parámetros dasométricos y carbono en biomasa de la población total ($d \geq 5\text{cm}$) y de árboles comerciales ($d \geq 45\text{cm}$) de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en los cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 71 |
| Anexo 7. Tasa anual de corta de madera de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) por clase diamétrica en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica, periodo 2001-2005. | 72 |
| Anexo 8. Volumen de madera y de carbono total, aprovechable y de desperdicios, de árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 73 |
| Anexo 9. Destinos más comunes de madera y carbono en árboles de laurel (<i>Cordia alliodora</i>) y cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica. | 74 |

RESUMEN

Este estudio se realizó en los Territorios Indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica localizado entre 9° 21' 38" y 9° 39' 30" Norte y 82° 50' 40" a 83° 50' 40" Oeste, la precipitación media anual es de 2800 m.m., la temperatura media anual es de 25 °C. La formación vegetal corresponde a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T) y muy húmedo Tropical (bmh-T). Las etnias presentes son los Bribri y los Cabécares y las actividades económicas principales son el cultivo de Plátano (*Musa AAB*), Banano (*Musa AAA*) y Cacao (*Theobroma cacao*).

Para esta investigación se retomaron 68 parcelas evaluadas en el año 2001 por el estudio de aprovechamiento sostenible de madera en 20 comunidades de los territorios indígenas Bribri y Cabécar en Talamanca, Costa Rica.

Con el propósito de determinar los destinos de madera y carbono por efecto del aprovechamiento de las especies laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en sistemas agroforestales con cacao (cacaotales) y banano (bananales), se realizó un inventario de árboles en pie y tocones de árboles aprovechados para calcular las existencias de madera y tasa de aprovechamiento encontrando existencias de madera de 30,35 m³ ha⁻¹ para los cacaotales y 27,34 m³ ha⁻¹ para los bananales, mientras que el aprovechamiento fue de 1,46 m³ha⁻¹ año⁻¹ en cacaotales y 0,49 m³ha⁻¹año⁻¹ en bananales.

Conjuntamente se calculó el contenido de biomasa y carbono encontrando para laurel (*Cordia alliodora*) 24,56 ton ha⁻¹ de biomasa (11,39 ton C ha⁻¹) en cacaotales y 20,01 ton ha⁻¹ de biomasa (9,28 ton C ha⁻¹) en bananales; para cedro (*Cedrela odorata*), se obtuvieron contenidos de biomasa de 2,45 ton ha⁻¹ (1,22 ton C ha⁻¹) y 2,84 ton ha⁻¹ (4,34 ton C ha⁻¹) en cacaotales y bananales.

Se estimó el rendimiento de madera por medio de una entrevista realizada a los operadores de motosierra de la misma zona obteniendo un rendimiento de 0.8 m³ árbol⁻¹, el cual representa la madera útil (20% del árbol), el resto de la madera (80%) son desperdicios de aprovechamiento y aserrío.

Para precisar los destinos de madera que parte de la madera útil (20% del árbol) se recurrió a las Asociaciones de Desarrollo Integral Indígena Bribri y Cabécar que otorgan los permisos de aprovechamiento determinando que el 80% de los permisos de aprovechamiento pertenecen a las especies laurel (*Cordia alliodora*) y

cedro (*Cedrela odorata*). De estos grupos, para laurel (*Cordia alliodora*), el 31,5% ($0,105 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,014 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de los permisos para aserrar madera son para uso personal, el 23% ($0,076 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0103 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) son para proyectos de vivienda y el 16% restante ($0,053 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0072 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) es adquirido por la misma asociación en la ebanistería para su posterior transformación en muebles, mesas, sillas, estantes, camas.

Por otro lado para cedro (*cedrela odorata*), el 4,4% ($0,001 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0002 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de la madera es para uso personal, el 3,2% ($0,0007 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0002 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) es para proyectos de vivienda y el 2,2% restante ($0,0005 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,001 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) es transformado por la ebanistería para su posterior transformación en muebles, ventanas, mesas, sillas, estantes, camas.

Por ultimo se realizó una encuesta semiestructurada con respecto a la percepción sobre el manejo de la sombra y la regeneración natural encontrando un alto grado de conocimiento sobre las especies laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) y su manejo en los sistemas agroforestales en que se encuentran.

ABSTRACT

Keywords: sustainable management, processes of forest, environmental services, agroforestry systems, wood yield, carbon capture.

This study was realized in the Bribri and Cabécar indigenous land of Talamanca, Costa Rica, localized between 9°21'38" and 9°39'30" North and 82°50'40" and 83°50'40" west, yearly average precipitation is 2800 m.m., the yearly average temperature is 25 °C. The vegetal conventions correspond to the humid tropical forest life zone and very humid tropical forest life zone. The ethnies presents are Bribri and Cabécar and the principals economics activities are the crops of plantain (*Musa AAB*), Banana (*Musa AAA*) and Cocoa (*Theobroma cacao*).

This study take 68 plot that was assessed in 2001, wood sustainable used in 20 communities of Talamanca, Costa Rica.

With the purpose was a determinate wood and carbon destiny by the effect of the utilization of laurel (*Cordia alliodora*) and cedro (*Cedrela odorata*) in the agroforestry systems with cocoa and banana, Was realized an inventory of the trees and stump of the processes of forest to calculate the existents volumes and the cut rate, were finding wood stocks of 30.35 m³ ha⁻¹ to the cocoa plantations and 27.34 m³ ha⁻¹ to banana plantations, meanwhile to the wood utilization was 1,46 m³ ha⁻¹year⁻¹ in cocoa plantations and 0.49 m³ ha⁻¹year⁻¹ in banana plantations.

In the same time was calculate the account of biomass and carbon, were found to *C. alliodora* 24,56 ton ha⁻¹ of biomass (11.39 ton C ha⁻¹) in cocoa plantations and 20.01 ton ha⁻¹ of biomass (9.28 ton C ha⁻¹) in banana plantations; in *C. odorata*, were average found of 2,45 ton ha⁻¹ of biomass (1.22 ton C ha⁻¹) and 2,84 ton ha⁻¹ of biomass (1.42 ton C ha⁻¹) cocoa and banana plantations both.

Was estimated the wood yield by means of a interview realized it to the sawers expert of the region in where was found a yield of 0.8 m³ tree⁻¹, it represent the use full wood (20% of the tree) the remains of the wood (80%) are residues of process of forest.

To determinate the wood sawed destinies in Talamanca, to appealed to the indigenous integral associations Bribri and Cabécar of Talamanca, what is the responsible of to give the permissions for the wood utilization determining that 80% of the permissions belong to the specie laurel (*Cordia alliodora*) and cedro

(*Cedrela odorata*). Of this groups, for the laurel (*Cordia alliodora*), 31,5% ($0,105 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,014 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) are to personal use, 23% ($0,076 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,0103 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) are to housing projects and 16% remaining ($0,053 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,0072 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) is acquired by the same association in the wood – work to its transformation in tables, chairs, beds.

In the other hand to cedro (*Cedrela odorata*), 4,4% ($0,001 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,0002 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) of the wood is to the personal use, 3,2% ($0,0007 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,0002 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) are to housing projects and 2,2% remaining ($0,0005 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$ ó $0,001 \text{ ton C ha}^{-1}\text{year}^{-1}$) is acquired by the same association in the wood – work to its transformation in tables, chairs, beds.

Finally was made a interview with the respect to the perception of the shade management and regeneration natural of the 2 species in study obtained like result a mayor knowledge of the trees management as well as of the mixed crops the which have a long interaction, reach optimal yield in the plot studied.

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO DE CARBONO: Capacidad de las plantas para acumular carbono atmosférico.

ASOCIO: Donde se combinan dos o más componentes en un sistema en el mismo espacio y tiempo.

BIOMASA: Cantidad de materia orgánica que una planta puede producir.

CAPTURA DE CARBONO: Capacidad de las plantas para captar carbono atmosférico.

DAP: (Diámetro a la Altura del Pecho) Medida del diámetro del árbol en pie a 1.30 cm. del suelo.

DENSIDAD: Relación entre la masa y el volumen, No de habitantes por unidad de superficie.

FIJACIÓN DE CARBONO: Cantidad de carbono almacenado por un periodo de tiempo.

FUGAS: Incremento o una disminución, no anticipada, de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

LADERA: Declive de un monte.

PERENNE: Permanente, que vive más de un año.

REGENERACIÓN NATURAL: Reproducción de árboles donde la siguiente descendencia se origina por medios o agentes naturales.

RENDIMIENTO: Utilidad neta de un producto.

RESIDUOS: Desperdicios provenientes del aprovechamiento.

TOCÓN: Parte del tronco o raíz de un árbol que queda después que lo cortan.

VALLE: Planicie, llanura de tierras entre montes y alturas.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas ya sean naturales, modificados o establecidos por el hombre son los proveedores más importantes de sus servicios al planeta y su importancia radica en que representan la supervivencia de los seres humanos¹.

Es así que la producción eficiente de éstos recursos es posible con el establecimiento de sistemas agroforestales (SAF's), que combinan la producción de cultivos y/o animales con árboles y/o arbustos dentro de un mismo espacio creando nuevas opciones de ingresos para los productores por la venta de madera, además de los beneficios ambientales generados con la presencia de los árboles dentro del sistema².

Además los SAF's, constituyen una estrategia de producción fundamentada en el aprovechamiento diversificado y sostenible de los recursos naturales (servicios productivos) que también pueden brindar servicios adicionales (servicios ambientales) como una alternativa para el productor³.

Entre las principales funciones de los SAF's se encuentra el almacenamiento de CO₂, que al ser absorbido del aire es incorporado con el proceso de fotosíntesis a las estructuras aéreas y radiculares de las plantas durante las fases de crecimiento; es así como desempeñan el papel más importante dentro del ciclo del carbono⁴.

Cuando se aprovecha el componente maderable del sistema este toma varios rumbos, ya sea como productos de larga duración (muebles, mesas, armarios...),

¹NASI, R.; WUNDER, S.; CAMPOS, J. Servicios de los ecosistemas forestales: Podrían ellos pagar para detener la deforestación?. Serie técnica. Informe técnico No. 331. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales No. 28. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2002. p. 1- 5.

²SOMARRIBA, E. y HARVEY, C. Cómo integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas. En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 10, no. 37-38, 2003; 12-17.

³SUÁREZ, A. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 2001. 74p.

⁴BABBAR, L. Pago por servicios ambientales en los sistemas agroforestales, Costa Rica. P. 6. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/forest/manejo.html>.

o en productos de corta duración (papel, cartón...) además la madera que se queda en el área de extracción⁵.

Es por ello que éste estudio se basa en la hipótesis de que la madera al aprovecharse toma diferentes direcciones que dificultan el proceso de determinar con exactitud el carbono almacenado, carbono muerto y los destinos de carbono que existen en el proceso de extracción – transformación y que se deben tener en cuenta en futuros estudios de servicios ambientales.

Éste trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los destinos de carbono por efecto de la extracción de madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) de regeneración natural en 68 cacaotales y bananales de los Territorios Indígenas Bribí y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. Para esto se determinaron las existencias de madera, se estimó la tasa de aprovechamiento de madera y carbono respectivamente y se cuantificaron los destinos de madera y carbono para las dos especies.

⁵www.ciefap.org.ar/novedades/SMDL/documentos/OAMD/ComputoCO2-Productos_madera.PDF

1. MARCO TEORICO

1.1 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

LAUREL

Familia: Boraginaceae

Nombre científico: *Cordia alliodora*

Nombres comunes: Laurel, Nogal cafetero, solera, pardillo, moho.

El género cordia comprende cerca de 300 especies ampliamente dispersas en las regiones tropicales y subtropicales⁶.

Cordia alliodora es un árbol de tamaño mediano a grande, con gambas o aletones pobremente desarrollados, fuste circular o angular de color gris blanquecino con corteza fisurada o agrietada, las ramas comienzan a un 60% de la altura total⁷.

Puede alcanzar hasta 40 metros de altura y 1 metro en diámetro en condiciones óptimas⁸. La copa es redonda a subpiramidal, con diámetro reducido y con ramificación verticilada, las hojas son simples, pecioladas y alternas más o menos puntiagudas en la base y hasta 5 centímetros de ancho y 18 centímetros de longitud⁹.

Las flores son hermafroditas no especializadas de aproximadamente 1 centímetro de longitud, de color blanco, pequeñas en inflorescencias axiláres o terminales, generalmente se desarrolla solo un embrión por fruto, produce gran cantidad de semillas con buena capacidad de germinación; un árbol adulto *C. alliodora*

⁶BOSHIER, H.; LAMB, A. *Cordia alliodora*: Genética y mejoramiento de árboles. Tropical forestry papers No 36. Oxford Forestry Institute. Department of plant sciences. University of Oxford, Oxford. 1997. 99p.

⁷JÍMENEZ, Q., ESTRADA, A., RODRIGUEZ, A., ARROYO, P. Manual dendrológico de Costa Rica. 3ra edición. Cartago. 2001. 152 p.

⁸SOMARRIBA, E. y BEER, J. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. Forestry Ecology and Management (Netherlands) 18 (2), 1987. p. 113 – 126..

⁹CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Laurel (*Cordia alliodora*). Especie de uso múltiple en América Central. Programa Manejo Integrado de recursos naturales. Serie Técnica No 239. Turrialba, Costa Rica 1994. 52p.

produce en promedio 1,3 kg. Año⁻¹ de semillas (40 a 100 mil semillas kg.⁻¹), la cual es dispersada en un radio de aproximadamente 20 metros¹⁰.

En la unión entre las ramas y los ejes de las inflorescencias se presentan abultamientos habitados por hormigas¹¹. Alcanza su madurez sexual aproximadamente a los cuatro o cinco años de edad¹². Presentan abundante regeneración natural y se autopodan, aun en campo abierto¹³.

Esta especie se encuentra desde los 25° de latitud Norte hasta los 25° Sur, o aproximadamente desde el sur de México, a través de América Central, América del Sur hasta Paraguay, Brasil y el norte de Argentina¹⁴.

C. alliodora alcanza su máximo desarrollo en el bosque húmedo tropical (Bh-T) y muy húmedo tropical (Bmh-T), con precipitaciones de 1000 a 2000 m.m. anuales, la temperatura debe mantenerse entre 18 y 32 °C, exige suelos bien drenados, de textura franca y hasta franco arcillosa, relativamente fértiles¹⁵.

La madera es de textura media, fácil de trabajar y liviana a moderadamente pesada, apta para la ebanistería en la fabricación de muebles, gabinetes, embalaje, marcos para puertas y ventanas, molduras, artesanías, productos torneados y construcción liviana exterior e interior¹⁶.

CEDRO

Familia: Meliaceae

Nombre científico: *Cedrela odorata* L.

Nombres comunes: Cedro colorado, Cedro real, Cedro amargo, Cedro blanco.

Las especies del género *cedrela* se consideran como las maderas comerciales y preciosas más importantes de América Latina, en especial el cedro (*Cedrela odorata*), que se caracteriza por ser una especie de difícil consecución, pues la

¹⁰BOSHIER, H.; LAMB, A. Op. cit., p. 99.

¹¹CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Op. cit., p. 52.

¹²BOSHIER, H.; LAMB, A. Op. cit., p. 99.

¹³CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Op. cit., p. 52.

¹⁴GREAVES, A. y McCARTER, P. S. *Cordia alliodora* a promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No 22. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK. 1990. 37p.

¹⁵CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Op. cit., p. 52.

¹⁶CORDOBA, R.; SERRANO, R.; CANESSA, E. Estudio tecnológico de dos especies forestales de plantación: Melina (*Gmelina arborea*) y laurel (*Cordia alliodora*). Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Dpto. de Ingeniería Forestal. 1990. 42 p.

mayoría se encuentra en los Parques Nacionales, en donde se ha restringido su corta¹⁷.

Cedrela odorata es un árbol que puede alcanzar de 12 a 60 metros de altura, con diámetros que van de 1 a 2.5 metros.¹⁸; son árboles de copa ancha y redonda, ramificaciones gruesas, fuste recto, bien formado y cilíndrico¹⁹; corteza externa amarga y de color rojizo, profundamente fisurada²⁰, la corteza interna es color rosada, cambiando a pardo amarillenta; sus hojas son compuestas, alternas paripinnadas y grandes; flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia, colocadas en panículas terminales o axilares²¹.

Frutos en cápsulas, leñosos, color café oscuro y que se desprende una vez liberadas las semillas; en estado inmaduro, los frutos poseen un color verde y al madurar se tornan café oscuro; las semillas son aladas, color pardo, elípticas, la testa es de color castaño rojizo, el embrión es recto, comprimido, color blanco o crema y ocupa gran parte de la cavidad de la semilla, tiene dos cotiledones grandes, ligeramente ovoides y la radícula es corta e inferior²².

Esta especie se distribuye desde el Norte de México hasta el Norte de Argentina, incluidas las islas del Caribe, en las zonas de vida del Bosque seco subtropical (Bs-T), Bosque húmedo subtropical (Bh-ST), Bosque muy húmedo subtropical (Bmh-ST)²³ y desde los 1200 m.s.n.m., a temperaturas entre 20 y 32 °C, con precipitaciones entre los 1200 y 3000 m.m. anuales²⁴; se adapta a una gran variedad de suelos, principalmente bien drenados, de textura arenosa, franco arenosa y arcillosa²⁵.

¹⁷AGUILAR, J. y AGUILAR, M. Árboles de la Biosfera Maya Petén, Guía para las especies del Parque Nacional Tikal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). 1992. 272 p.

¹⁸GONZÁLEZ, D. Descripción anatómica de once especies forestales de uso industrial en Panamá. Costa Rica, CATIE. Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEA). 1991. 61 p.

¹⁹SALAS, J. B. Árboles de Nicaragua. Nicaragua, Managua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del ambiente, IRENA. 1993. 390 P.

²⁰AGUILAR, J y AGUILAR, M. Op. cit., p. 272.

²¹SALAS, J. B. Op. cit., p. 390.

²²CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR), Nota técnica No. 24 sobre manejo de semillas forestales. *Cedrela odorata*. Costa Rica, 1997. p 2.

²³AGUILAR, J y AGUILAR, M. Op. cit., p. 272.

²⁴CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR). Op. cit., p. 2.

²⁵CLAVO, M. Regeneración natural de especies arbóreas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. Revista Investigaciones Veterinarias del Perú. 1999; 10(1): 71-81.

La madera es moderadamente liviana y su uso primario es la fabricación de productos en ebanistería. Tiene una alta demanda en el mercado por ser adecuada para las construcciones exteriores por su alta resistencia a las termitas y a la pudrición al contacto con el suelo. También es un árbol de sombra en sistemas agroforestales con café y cacao²⁶.

1.2 LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*) EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Según Montagnini *et al.*²⁷, éste tipo de sistemas agroforestales, se clasifican como sistemas agroforestales simultáneos, donde especies arbóreas (laurel y/o cedro), se encuentran asociadas a cultivos perennes (cacao y/o banano).

Es así como encontramos el laurel (*Cordia alliodora*) en muchos de los sistemas agroforestales y silvopastoriles que se practican en la zona de distribución natural de esta especie, debido a que es compatible en el asocio de cultivos como café, cacao y caña²⁸.

Según Somarriba, “los agricultores permiten la regeneración del laurel (*Cordia alliodora*) en sus parcelas y regulan las poblaciones de este árbol, constituyéndose así en un componente ecológico y económico importante dentro de la finca”²⁹.

En asocio con cacao (*Theobroma cacao*), el laurel (*Cordia alliodora*) es un árbol de sombra productiva y de fácil manejo³⁰, que ha generado resultados positivos; además su madera desde el punto de vista financiero, es de alto valor comercial³¹.

²⁶MALIMBWI, R. E. Cedrela species international provenance trial (CFI at Kwamsambia, Tanzania). in: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 1978. 910 p.

²⁷MONTAGNINI, F. *et al.* Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales ET, *et al.*, 1992. 622p.

²⁸CURRENT, D.; ROSSI, L.; SABOGAL, C.; NALVARTE, W. Comparación del potencial de manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: estudios de caso en Brasil, Perú y Costa Rica. Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile. 1998. 82 p..

²⁹SOMARRIBA, E. Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. Agroforestería en las Américas 6(24). 1999. p.31-34.

³⁰MARTÍNEZ, A. y ENRÍQUEZ G. La sombra para el cacao, revisión de literatura y bibliografía anotada. Serie Técnica, Boletín Técnico No. 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1984. 58p.

³¹TREJOS, S. y PLATEN, H. Sombras maderables para cacaotales, aspectos económicos. Serie Técnica, Informe Técnico No. 266. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1995. 47 p.

El cedro (*Cedrela odorata*) es una especie que no debe establecerse en plantaciones puras, sino en combinación con otras especies de crecimiento más rápido como leucaena (*Leucaena leucocephala*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), teca (*Tectona grandis*) o samán (*Samanea saman*), para así reducir el ataque del barrenador de los brotes (*Hypsipyla grandella*) y proporcionar sombra a las plantas jóvenes, sobre todo en sus primeras etapa de crecimiento³².

Los raleos se hacen con la finalidad de permitir el desarrollo de los mejores árboles para producción de fustes de óptima calidad. El rodal debe ser manejado como un conjunto, principalmente, si la otra especie también es maderable. Se deben realizar de cuatro a cinco raleos. El ciclo completo (corta final) podría ser de 20 a 30 años³³.

1.3 INDIGENAS BRIBRÍS Y CABECAR EN TALAMANCA

Talamanca es una región al sur de Costa Rica que se extiende desde el Caribe hasta la división continental y limita al sureste con Panamá. Alberga cerca del tres por ciento de todas las especies conocidas de plantas y animales del mundo. Se caracteriza por sus bosques tropicales húmedos, montañas con laderas de mucha pendiente, llanuras aluviales. La cordillera de Talamanca - La amistad posee una extensión de 500.000 hectáreas que incluyen a 7 parques nacionales de la región declarados patrimonio mundial como una reserva de biosfera por la UNESCO en 1982³⁴.

Los Bribri constituyen uno de los grupos étnicos más numerosos de Costa Rica. Habitan en la región sur de Costa Rica principalmente en las Reservas de Salitre y Cabrera, Puntarenas y la Reserva de Talamanca en el Cantón del mismo nombre a lo largo del río Sixaola, limítrofe con Panamá. La actividad más grande es la agricultura principalmente el cacao y el plátano³⁵.

Los Cabécar son otro de los grupos étnicos contrastantes y se localizan en los territorios Alto Chiripó, Bajo Chiripó, Nairi Awari, Cantón de Talamanca, Provincia

³²CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR). Op. cit., p. 4.

³³CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Revista Forestal Centroamericana No. 21. Cedro (*Cedrela odorata*). Costa Rica, 1997. p. 4.

³⁴ LYNCH, D. Asociación ANAI. Banana Public Costa Rica. Serie: Hands on: ideas to go En: www. anaicr.org 2005. 5 p.

³⁵ Ibid., p. 2 -3

de Puntarenas y Provincia de Limón realizan actividades productivas de carácter agrícola y artesanal con respecto al cacao y plátano³⁶

1.4 REGENERACIÓN NATURAL DE ESPECIES FORESTALES

La regeneración natural de árboles se puede definir como la reproducción de especies forestales, donde la siguiente descendencia de árboles se origina por medios naturales; además, ocurre como uno de los procesos o fases de la dinámica de un ecosistema forestal³⁷.

Según Clavo “La regeneración natural de especies arbóreas depende mucho de la cantidad de semillas con buena capacidad de germinación que pueda poseer una especie y son una alternativa para aumentar el componente arbóreo a los sistemas donde se establecen”³⁸. Propiciarla para las especies deseables, es disminuir el daño al bosque remanente y a la vez mantener su integridad³⁹.

Las variables que más contribuyen a la regeneración natural según Camargo son: “las características edáficas, la dependencia económica de la finca y su manejo; las condiciones ambientales, otras especies y sus hábitos de crecimiento afectan la dinámica poblacional en la fase temprana del establecimiento de la regeneración”⁴⁰.

Según Pérez⁴¹, la regeneración del laurel (*Cordia alliodora*) es posible en claros en el bosque, dentro de cultivos agrícolas y pasturas, siempre que existan árboles semilleros, debido a la facilidad de dispersión de su semilla y la cantidad que se produce. De igual forma el cedro (*Cedrela odorata*) es una de las especies

³⁶ Ibid., p. 2-3.

³⁷BEEK, R., SAENZ, G. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca Costa Rica. Colección de manejo y silvicultura de bosque naturales No 6. CATIE – COSUDE. 48 p.

³⁸CLAVO, M. Op. cit., p. 71 – 81.

³⁹BROWN, R. Efectos del aprovechamiento forestal en la riqueza biodiversidad y composición florística de un bosque húmedo en la costa norte de Honduras. CATIE. Costa Rica. 2000. 90p.

⁴⁰CAMARGO, J. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural del laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y sub-húmedo de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1999.

⁴¹PÉREZ, C. A. Estudio forestal del laurel *Cordia alliodora* (R&P) Cham, en Costa Rica. Tesis M. Sc. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1954. 182 p.

oportunistas ya que para poder regenerarse aprovechan claros dentro del bosque formados por el efecto de la caída de otros árboles⁴².

1.5 SISTEMAS AGROFORESTALES FIJADORES DE CARBONO

Según Dixon, “De 500 a 800 millones de hectáreas de uso del suelo en prácticas de manejo forestal y agroforestal sostenibles podrían capturar potencialmente de $0.5 - 1.5 \cdot 10^9$ toneladas de carbono”⁴³. Si se define la Agroforestería en una forma aun más amplia existe la oportunidad de fijar carbono y reducir la presión sobre los productos del bosque, al sustituir las fuentes de carbono por productos que sean generados en forma sostenible en sistemas como plantaciones de árboles para leña, franjas de protección, cortinas rompevientos, parcelas arbóreas. Si estos sistemas tienen un manejo adecuado y sostenible el carbono capturado puede ser almacenado por siglos⁴⁴.

Para Suárez, “el uso del recurso maderable, esta sujeto a las necesidades y preferencias de los finqueros, si hay un bajo nivel de aprovechamiento de la madera, se contribuye al aumento de la masa forestal de los agroecosistemas, lo cual representa una ventaja en el marco de la negociación de los productos de la finca en los “mercados ambientales” que permitan retornar ingresos suficientes para incentivar a lo finqueros indígenas para la permanencia y mejoramiento de estos sistemas”⁴⁵.

Alder⁴⁶ afirma que mediante la aplicación de un manejo silvicultural, se puede maximizar la cosecha permanente de madera, sin reducir el potencial de crecimiento a futuro de las masas maderables, esto depende de la toma de decisiones racionales sobre la intensidad y oportunidad de la practicas silviculturales.

Además, durante el proceso de extracción del recurso maderable, residuos son producidos en las diferentes etapas del aprovechamiento y aserrío; del 100% del

⁴²SCHULZ, J. P. Ecological studies on rain forest in Northern Surinam. The vegetation of Surinam. Verhand. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk. Ser. 2,53:1. 1960.

⁴³DIXON, R. K. Sistemas agroforestales y gases invernadero. En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 2. no. 7, 1995; 22-26.

⁴⁴Ibid., p. 22 - 26

⁴⁵SUÁREZ, A. Op. cit., p. 31-32.

⁴⁶ALDER, D. Estimación de Volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol. 2 Predicción del rendimiento. Estudio de la FAO Montes 22/2. FAO, Italia.1980. 198p.

volumen total de un individuo, solo el 24,4% se convierte en madera lista para su comercialización; el 75,6% restante representa los residuos que en su mayor parte se desperdician, lo que representan emisiones diferidas de carbono o lo que se conoce como fugas de carbono⁴⁷.

Según Bamaca⁴⁸ de las actividades de aprovechamiento y aserrío del bosque en la Reserva Biosfera Maya, Peten, Guatemala se extraen 3.728,91 ton C (9,73% del total de carbono almacenado por el bosque) y solo el 13,5% se mantiene secuestrado en productos de madera, el resto (86,5%) se queda en el proceso de descomposición y por lo tanto, en procesos de liberación y/o fugas.

1.6 PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA)

En los últimos años, el Pago por Servicios Ambientales (PSA) ha permitido promover un uso más eficiente de los recursos naturales, a través del fortalecimiento de la conciencia ambiental y la revaloración del sector forestal en el desarrollo de varios países de América Latina⁴⁹.

Los esquemas vigentes para el PSA, se han adelantado teniendo en cuenta las condiciones naturales, sociales y económicas propias de cada país y las condiciones que se requieren dependiendo de cada mercado. “Algunos de los servicios ambientales que actualmente están en discusión son: La protección de biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la protección de la belleza del paisaje natural y los servicios hidrológicos”⁵⁰.

Para Araya⁵¹ existen diferentes metodologías con las que se pueden valorar económicamente estos servicios, como el costo de oportunidad de la tierra y los costos de producción forestal, pero aún no reflejan su verdadero valor en el mercado internacional.

⁴⁷BÁMACA E. Dinámica del carbono en residuos forestales producidos durante el aprovechamiento y el aserrío en la Reserva Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 2002. 75p.

⁴⁸ Ibid., 75 p.

⁴⁹CAMACHO, M.; SEGURA, O.; REYES, V.; MIRANDA M. Gestión local y participación en torno al pago por servicios ambientales: Estudios de caso en Costa Rica. Costa Rica: FORD-PRISMA, 2002. 111 p.

⁵⁰MAYRAND, M. y PAQUIN, M. Pago de servicios ambientales: estudio y evaluación de esquemas vigentes. Citado por Experiencias de servicios ambientales en países de Centroamérica y del cono sur. 2006. 58p. Disponible en: [www. Conafor.gob.mx/.../PSA_CABSA1.pdf](http://www.Conafor.gob.mx/.../PSA_CABSA1.pdf).

⁵¹ARAYA, V. Algunas experiencias en el pago de servicios ambientales con énfasis en captura de carbono. Proyecto centroamericano PROCAFOR, S.f. 6p. 2005. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/articulo2.htm>.

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 ZONA DE ESTUDIO

Las Territorios Indígenas Bribí y Cabécar del Cantón de Talamanca, Limón, Costa Rica se encuentran localizadas entre 9° 21' 38" y 9° 39' 30" Norte y 82° 50' 40" a 83° 50' 40" Oeste (**Figura 1**). En la zona se distinguen dos unidades de paisaje: el valle, y las laderas. Los suelos son en su mayor parte Inceptisoles derivados de depósitos aluviales y rocas volcánicas. La precipitación promedio anual es de 2800 m.m., la temperatura media anual es de 25 °C. Según La clasificación de Holdridge⁵², la formación vegetal corresponde a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T) y muy húmedo Tropical (bmh-T).

Las etnias presentes son los Bribís (80%), los Cabécares (15%), Afrobribís (3%) y el resto de la población tiene diversos orígenes culturales y nacionales. Las actividades económicas principales son el cultivo de Plátano (*Musa AAB*), Banano (*Musa AAA*) y Cacao (*Theobroma cacao*); mano de obra asalariada eventual y la crianza de cerdos⁵³.



Figura 1. Localización del área de estudio en Talamanca, Costa Rica. 2006⁵⁴.

⁵²HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. San José: IICA, 1982. 216 p.

⁵³BORGE, C.; y CASTILLO, R. Cultura y conservación en la Talamanca indígena., Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 1997. 259 p.

⁵⁴http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Provinces_Costa_Rica.png

2.2 ÁREA EXPERIMENTAL

La base de este proyecto es el estudio “Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica”⁵⁵ realizado por Alfonso Suárez en el año 2001, en el cual se establecieron 68 parcelas de estudio en 20 comunidades en los Territorios Indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica (**Figura 2**). La unidad de muestreo (parcela) fue la plantación de cacao o banano en la finca, por lo que las unidades muestrales son de superficie variable⁵⁶.

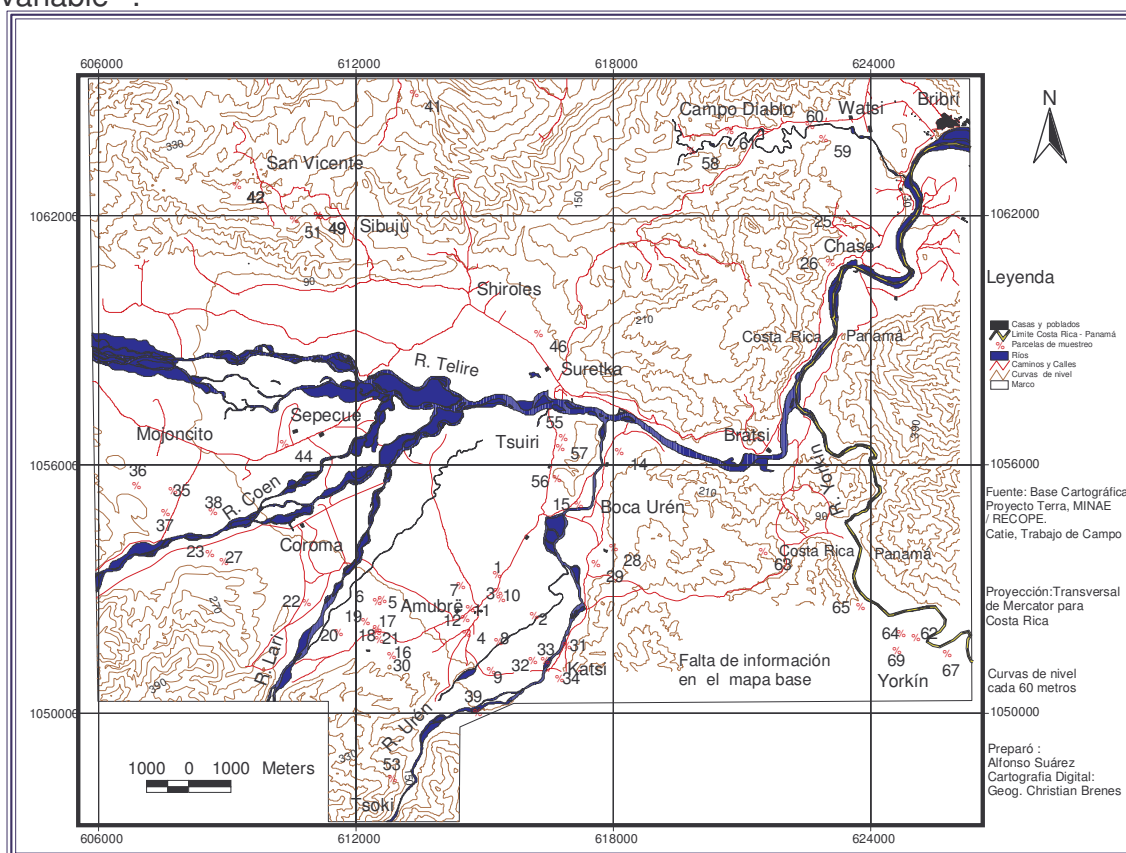


Figura 2. Ubicación de las parcelas de muestreo en las reservas indígenas de Talamanca Costa Rica ⁵⁷

⁵⁵SUÁREZ, A. Op. cit., p. 74.

⁵⁶Ibíd., p. 18.

⁵⁷ Ibíd., p. 19

2.3 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se revisaron las bases de datos proporcionadas por el proyecto de aprovechamiento sostenible realizado en el año 2001⁵⁸. La cuales contienen:

- Nombre de los 68 productores (propietarios y/o encargados de las parcelas de estudio) (**Anexo 1**).
- El tipo de sistema que maneja cada productor (Cacaotal y/o Bananal).
- Las comunidades en las que se localizan las parcelas de estudio y su respectiva ubicación geográfica (**Anexo 1**).
- Levantamiento topográfico de las parcelas.
- Inventario de las existencias de madera y las tasas de aprovechamiento de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en el año 2001.

También se revisó la información del proyecto macro de Captura de Carbono y la consultoría “Estimación del Carbono Almacenado y Fijado en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica”⁵⁹, ya que éste documento contiene todo lo referente a la estimación de biomasa y carbono en diferentes sistemas agroforestales, complementando así la información de acuerdo a los fines de éste estudio.

2.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA

Fue importante la presencia del productor o encargado de la parcela durante la recolección de los datos, ya que de acuerdo al inventario realizado por Suárez en el año 2001, se debieron ubicar exactamente las parcelas y sus límites; así se pudo comprobar que la georeferencia y el levantamiento topográfico de cada parcela aún son útiles dentro del estudio.

⁵⁸ SUÁREZ, A. Op. cit., p. 74.

⁵⁹SEGURA, M. Estimación de Carbono Almacenado y Fijado en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en la Zona de Talamanca, Costa Rica. Borrador de informe final de Consultoría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2005. 147p.

2.4.1 INVENTARIO DE ÁRBOLES DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

En cada parcela de estudio, se midieron con cinta diamétrica a la altura del pecho (dap a 1,30 m) todos los árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) \geq a 5 cm. de diámetro; sobre esta medida se marcó con pintura una línea horizontal; se enumeran los árboles del lado contrario a la marca horizontal siguiendo un orden ascendente y empezando la numeración en cada parcela.

Además, en cada árbol se colocaron placas de aluminio con sentido norte, 10 centímetros por debajo del diámetro a la altura del pecho (dap) con los datos:

- Número de parcela (según la base de datos de Suárez en el año 2001).
- Número de árbol.

Los datos de diámetro de árboles en pie, se registraron en formatos de campo (**Anexo 2**).

2.4.2 MEDICION DE TOCONES DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Con la ayuda del propietario se buscaron en la parcela indicios del aprovechamiento (tocones) de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*), en los que se determinó el año en que se realizó la extracción de cada árbol; sobre los tocones encontrados se midió, el diámetro y la altura de corta. Los datos de los tocones se consignaron en los correspondientes registros de campo (**Anexo 3**).

2.4.3 ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

La estimación del rendimiento de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) se realizó por medio del método "Estimación visual por expertos"⁶⁰.

⁶⁰SOMARRIBA, E. Comunicación personal, Diciembre de 2005

Se seleccionaron del inventario total de existencias de madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*), con un 5% de intensidad de muestreo, todos los árboles entre 40 y 80 cm. de dap (Según Suárez⁶¹, estos son los diámetros de cosecha más comunes en Talamanca).

La estimación de la cantidad de madera comercial en metros cúbicos a los árboles seleccionados fue realizada por 3 expertos operadores de motosierra de la zona. Los datos recolectados se registraron en un formato realizado en este estudio (**Anexo 4**).

2.4.4 PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE SOMBRA Y REGENERACIÓN DE ÁRBOLES DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Para determinar la percepción sobre el manejo de la sombra y regeneración natural del laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) se analizaron las entrevistas semiestructuradas que se realizaron a 15 productores del total de 68 propietarios y/o encargados de las parcelas que se visitaron durante el inventario.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para seleccionar las personas clave a entrevistar fueron:

- Los productores más interesados en colaborar en este estudio.
- Las comunidades con mayor concentración de parcelas del estudio.

Los temas de la entrevista hicieron referencia al manejo de las cantidades de sombra proporcionadas por las especies laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*), manejo de la regeneración natural, reclutamiento de árboles y raleos (**Anexo 5**).

⁶¹SUÁREZ, A. Op. cit., p.74.

2.5 ACERCAMIENTO CON LOS PRODUCTORES

Se realizaron reuniones de tipo personal con cada dueño y/o encargado de la parcela en la finca, y se hizo una presentación del proyecto de Captura de Carbono que en el año 2006 se ejecutaba sobre los Territorios Indígenas y un recuento del proyecto realizado por Suárez en el año 2001 donde se explicaron los objetivos y alcances para el presente estudio.

Además, se solicitó autorización para establecer como parcelas permanentes de muestreo (PPM) a las unidades de producción donde se realizaron las mediciones y se solicitó la colaboración del productor para la toma de datos de diámetro de árboles en pie; diámetro y altura de tocones y año de aprovechamiento de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*).

2.6 EXISTENCIAS DE MADERA

Para determinar las existencias de madera se construyeron tablas de distribución diamétrica de árboles por hectárea de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) por sistema agroforestal (bananal y/o cacaotal), distribuidas en clases diamétricas de 5 centímetros de amplitud identificadas con el límite inferior (5, 10, 15...). El cálculo de área basal y volumen se determinó con las marcas de clase o puntos medios entre las clases diamétricas (7, 9, 12...).

2.6.1 ÁREA BASAL

Se utilizó para determinar la densidad de los árboles para las dos especies dentro de la superficie de los sistemas en estudio. Ecuación [1].

$$AB = \pi/4 * dap^2 \quad [1]$$

Donde:

AB : Área basal del árbol (cm²)

dap: diámetro a la altura del pecho en centímetros.

2.6.2 EXISTENCIAS DE MADERA LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Para determinar las existencias totales de madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) se obtuvieron primero los volúmenes de cada marca de clase, los que se multiplicaron por el número de árboles por hectárea correspondiente a cada clase diamétrica; la sumatoria de las existencias equivalen a las existencias totales de madera por especie, por clase diamétrica y por sistema agroforestal.

2.6.2.1. Volumen comercial de árboles de Laurel (*Cordia alliodora*) y Cedro (*Cedrela odorata*)

El volumen de árboles (m.³) de laurel (*Cordia alliodora*) para cada marca de clase se estimó con la ecuación [2] de Somarriba y Beer⁶².

$$V = \exp^{-9,62 + 2,697 * LN(dap)} \quad [2]$$

Donde:

exp: base de los logaritmos

dap: diámetro a la altura del pecho en centímetros

El volumen comercial (m.³) de árboles de cedro (*Cedrela odorata*) se estimó por medio de la ecuación [3] de Ford⁶³.

$$Vc = 0,21245 * d^2 - 77,02212 \quad [3]$$

Donde:

Vc: es el volumen comercial por árbol en “pulgadas madereras ticas” (pmt.)
(1 pmt. = 0,0028 m.³).

d : es el diámetro a la altura del pecho en centímetros

⁶²SOMARRIBA, E. y BEER, J. Op. cit., p. 113 – 126.

⁶³FORD, L. An estimate of a yield of *Cedrela odorata* L. (Syn. *C. mexicana* Roem) grown in association with coffee. In: G de Salas (ed.) Proceedings of a work-shop agroforestry systems in Latin America, CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1979. p. 177 – 183.

2.7 COMPONENTES DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Según Snowdon *et.al.*⁶⁴, “el carbono de ecosistemas usualmente está distribuido a lo largo de cuatro principales componentes: carbono orgánico del suelo, sistemas radiculares, hojarasca y biomasa sobre el suelo”. Diferentes métodos para estimar la biomasa a partir de mediciones simples son comúnmente usados; por ejemplo, la aplicación de una ecuación de regresión específica a especies de árboles individuales y/o la aplicación de una ecuación de regresión genérica; en ambos casos se aplican a medidas como el diámetro, la altura y otras⁶⁵.

2.7.1 EXISTENCIAS DE BIOMASA

La biomasa es un factor importante para los estudios de investigación, ya que mediante la cantidad de biomasa existente en un bosque o plantación, se puede determinar la cantidad de carbono almacenado y/o fijado por el mismo. El contenido de biomasa puede ser medido a través de dos métodos: i) métodos directos o destructivos y ii) métodos indirectos⁶⁶.

Entre los métodos indirectos, se encuentra el uso de modelos específicos de biomasa para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como el diámetro (dap) ó la altura se utilizan para encontrar biomasa. Si estos modelos no existen para cada especie es necesario desarrollarlos⁶⁷.

⁶⁴SNOWDON, P.; RAISON, J.; KEITH, H.; MONTAGU, K.; BI, K.; RITSON, P.; GRIERSON, P.; ADAMS, M.; BURROWS, W.; EAMUS, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report No. 31. Draft-March 2001. Australian Greenhouse Office. 114 p.

⁶⁵ANDRADE, H. e IBRAHIM, M. ¿Cómo monitorear el secuestro de Carbono en los sistemas silvopastoriles?. En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 10, no. 39-40, 2003; 109-116 p.

⁶⁶LAGOS, J. y VANEGAS, S. Impacto del aprovechamiento Forestal en la Biomasa y Carbono de Bosques Naturales de Nueva Quezada, Río San Juan. Managua, Nicaragua. 2003. 108 p.

⁶⁷MACDIKEN, K. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. S./., Winrock International Institute for Agricultural Development. 1997. 87 p.

2.7.1.1. Biomasa total en madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*)

Para determinar el contenido total de biomasa de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) se obtuvieron primero las cantidades de biomasa para cada diámetro del inventario en cada clase diamétrica, los que se promediaron y se extrapolaron a una hectárea; la sumatoria de la biomasa equivalen a la biomasa total por especie, por clase diamétrica y por sistema agroforestal.

El cálculo de la biomasa para cada marca de clase se realizó por medio de las ecuaciones [14] - [15] que se desarrollaron, ajustaron y/o citaron a partir del protocolo de muestreo de la consultoría para la estimación del carbono almacenado y fijado en Talamanca, Costa Rica⁶⁸, del proyecto macro de Captura de Carbono y basado en las recomendaciones del “Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry”⁶⁹.

Ecuación [14] para estimar biomasa total arriba del suelo para *Cordia alliodora*⁷⁰.

$$\text{LogBt} = - 0.51 + 2.08 * \text{Log} (\text{dap}) \quad [14]$$
$$R^2 = 0,92$$

Donde:

Bt : Biomasa total (Kg. árbol⁻¹)

dap: diámetro a la altura del pecho en centímetros

⁶⁸SEGURA, M. Op. cit., p. 147.

⁶⁹INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). National Greenhouse Gas Inventories Programme Intergovernmental. Good Practice Guidance for Land Use, Land – Use Change and Forestry. In: IPCC Good Practice Guidance for LULUCF. Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Panel on Climate Change. 2003. p. 113 – 116.

⁷⁰SEGURA, M. Op. cit., p. 19.

Ecuación [15] para estimar biomasa total arriba del suelo para *Cedrela odorata*⁷¹⁻
⁷².

$$Bt = 21,30 - 6,95 * dap + 0,74 * dap^2 \quad [15]$$
$$R^2 = 0,92$$

Donde:

Bt : Biomasa total (Kg. árbol⁻¹)

dap: diámetro a la altura del pecho en centímetros

2.7.2 ESTIMACIÓN DE FIJACIÓN DE CARBONO EN BIOMASA

Para estimar la fijación de carbono en biomasa de la especie *Cordia alliodora*, se hizo necesario examinar los resultados del análisis de gravedad específica, materia seca y fracción de carbono para las especies leñosas más dominantes en fincas cacaoteras de Talamanca, Costa Rica, el cual determinó que el valor de la fracción en materia seca de ésta especie es 46.4%⁷³; mientras que, para *Cedrela odorata* se asumió el valor de la fracción en 50%⁷⁴, similar al recomendado en las normas establecidas por el IPCC⁷⁵.

Una vez establecidos los valores para la fracción de carbono de cada especie, se determinó el contenido de carbono en biomasa multiplicando el valor de la fracción, por las cantidades de biomasa encontradas en el inventario por especie, por clase diamétrica y por sistema agroforestal.

⁷¹BROWN, S. e IVERSON, L.R. Biomass estimates for tropical forests. World Resource Review 4 (3). p. 366 – 383.

⁷²SEGURA, M. Op. cit., p. 28.

⁷³Ibíd., p.4.

⁷⁴BROWN, S. y LUGO, A. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. En: Interciencia. Vol. 17, no. 1, 1992; 8-18.

⁷⁵INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. México. 1996. p. 11 – 13.

2.7.3 CORTA Y EXTRACCIÓN DE MADERA DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Se estimó el volumen cortado en cada plantación de la zona de estudio para un periodo de 5 años (2001 - 2005) con base en las mediciones de diámetro y altura de tocones de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*).

Se construyeron tablas de distribución diamétrica de tocones para cada especie, con las cuales se determinaron los diámetros más aprovechados y el volumen cortado por hectárea; éste último al ser dividido con el periodo fijado, determinó las tasas anuales de aprovechamiento de cada especie⁷⁶. El cálculo para el volumen cortado por especie, clase diamétrica, año y sistema agroforestal sigue los mismos procedimientos usados para el volumen en pie⁷⁷.

2.8 ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Los datos obtenidos de la estimación realizada por los expertos operadores de motosierra, se catalogaron en clases diamétricas a partir de 45 y hasta ≥ 75 centímetros de diámetro (dap). Se determinaron los volúmenes de madera de los árboles utilizados en la estimación, que luego se promediaron junto con los datos de estimación visual, determinándose la proporción de madera que puede llegar a ser extraída del aprovechamiento y de igual forma la madera que representa los desperdicios que se quedan en el área de extracción.

2.9 CARBONO APROVECHABLE

Para Winjum, *et al.*⁷⁸, la mayor parte de la madera útil es obtenida del aprovechamiento y se utiliza en productos que se clasifican: de larga vida útil (mayor de 5 años) y de corta vida útil (menor de 5 años) como el papel.

⁷⁶SUÁREZ, A. Comunicación personal, 2006

⁷⁷SUÁREZ, A. Op. cit., p. 37.

⁷⁸WINJUM, J.; BROWN, S.; SCHLAMADINGER, B. Forest Harvest and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. Forest science 44 (2) 1999. p. 272 – 284.

Al respecto MacDiken afirma “la efectividad del secuestro de carbono en productos de larga duración depende del uso final de la madera producida. Sin embargo, el carbono guardado en la madera es obviamente no guardado permanentemente, por lo que tarde o temprano se liberara en forma de CO₂”⁷⁹.

En los países tropicales, según Ciesla “menos del 50% de la madera de árboles talados es utilizada, el restante y otras partes son dejadas como residuos de campo”⁸⁰. En los aserraderos la mayor parte de los residuos como el aserrín, levas y orillas, se acumula en los patios de aserrío, donde posteriormente se quema, liberando CO₂ al ambiente⁸¹.

Por otra parte, el carbono que queda en el campo se integra a la materia orgánica, donde dependiendo de las condiciones climáticas puede permanecer por mucho tiempo; el restante se libera como CO₂ a la atmósfera⁸².

2.9.1 DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

Se determinaron los destinos de madera y carbono a partir de los datos de volumen de extracción de madera durante un periodo de 5 años. Por medio de estos se calcularon los volúmenes totales de madera y carbono aprovechados en cada sistema agroforestal.

Con los datos de estimación de rendimiento (estimación visual por expertos), se determinó la cantidad de madera, biomasa y carbono que puede llegar a ser movilizada por efectos del aprovechamiento para su posterior transformación - residencia en forma de carbono muerto y/o las posibles cantidades de carbono en biomasa que se quedan en el campo.

Finalmente se compararon las unidades de carbono totales extraídas de la zona de estudio con las posibles unidades de carbono aprovechables en ese momento en forma de madera y durante el periodo fijado.

⁷⁹MACDIKEN, K. Op. cit., p. 87.

⁸⁰CIESLA, W. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: Una visión de conjunto. Roma, Italia, FAO: (Estudio de la FAO Montes 126). 1996. 146p.

⁸¹SABOGAL, C.; CASTILLO, A.; CARRERA, F.; CASTAÑEDA, A. Aprovechamiento forestal mejorado en bosque de producción: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales No 21. Informe Técnico No 23. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 2001. 23p.

⁸²BUDOWSKY, G. Secuestro de carbono y gestión forestal en América Tropical. Ambient-tico 65: 8-16 1998.

Para hacer un más detallado estudio de los destinos de madera y carbono, se hizo necesario la revisión información secundaria, citar algunas cifras de extracción de madera dentro de los territorios indígenas de Talamanca, por medio de los permisos forestales otorgados por las asociaciones de desarrollo integral Bribri y Cabécar (ADITIBRI, ADITICA) encargados del control sobre el uso y la transformación de la madera dentro de los territorios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Las características de los sistemas agroforestales (SAF's), en cuanto al área, extensión y sistema asociado, no sufrieron cambios con respecto a los encontrados por Suárez en el año 2001 y quien determinó que los cacaotales representaban el 74% y los bananales el 26% del total de plantaciones del inventario⁸³. Así mismo, la superficie de las plantaciones varía entre 0,09 - 2,6 ha. La superficie promedio en los cacaotales (0,81 ha.) es mayor que la de los bananales (0,53 ha.).

3.2 ÁREA BASAL DE LAUREL (*Cordia alliodora*) y CEDRO (*Cedrela odorata*).

Para Laurel (*Cordia alliodora*) la densidad promedio en cacaotales fue $4,63 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, mayor que en bananales que alcanzaron los $3,77 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (**Figura 3**). Resultados que son cercanos o similares a los obtenidos por Guiracocha⁸⁴, quien determinó en Talamanca densidades de laurel de $5,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en cacaotales y de $4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en bananales, pero que se encuentran por encima de los resultados del inventario realizado en el año 2001⁸⁵ (ya que hubo un incremento de más de $1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en cada SAF) y del estudio de Reyes⁸⁶ quien reportó, para un bosque secundario de la Provincia de Alajuela en Costa Rica, un área basal de $2,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

⁸³SUÁREZ, A. Op. Cit., p.22.

⁸⁴GUIRACOCHA, G. Conservación de la diversidad en sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros, Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2000. 125p.

⁸⁵SUÁREZ, A. Op. Cit., p.22.

⁸⁶REYES, C. Estimación del incremento diamétrico en *Cordia alliodora* y *Vochysia ferruginea* a partir de variables del árbol y factores de sitio en un bosque secundario en Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997. 134p.

Según Valdivieso *et al.*⁸⁷, este fenómeno en el crecimiento es mucho más rápido cuando se asocian árboles con cultivos que cuando se establecen plantaciones puras.

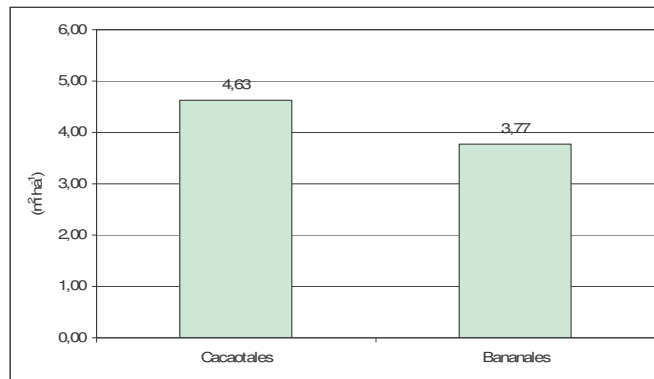


Figura 3. Área basal (m^2ha^{-1}) de laurel (*Cordia alliodora*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

En Cedro (*Cedrela odorata*) la densidad de individuos y abundancia, fueron mucho menores en comparación a la otra especie, la densidad en promedio en los cacaotales fue $0,32 m^2 ha^{-1}$ y $0,37 m^2 ha^{-1}$ en los bananales (**Figura 4**). Los resultados son superiores a los reportados por Suárez⁸⁸ ($0,2$ y $0,1 m^2 ha^{-1}$ en cacaotales y bananales respectivamente); pero aun son bajos si se comparan con los datos reportados por Ford⁸⁹ en cafetales de Costa Rica ($15,55$ y $12,8 m^2 ha^{-1}$ en cacaotales y bananales respectivamente).

⁸⁷VALDIVIESO, R; SOMARRIBA, E; GALLOWAY, G; VÁSQUEZ, W; KASS, D. Crecimiento de laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. En: Agroforestería de las Américas 5 (17-18) p.54.

⁸⁸SUÁREZ, A. Op. Cit., p.23.

⁸⁹FORD, L. Op. Cit., p. 177 – 183.

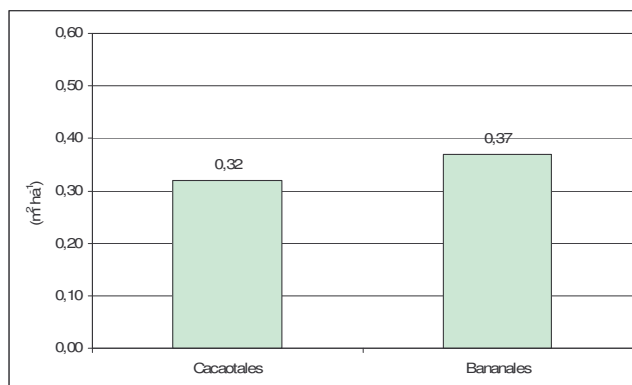


Figura 4. Área basal (m^2ha^{-1}) de cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

La distribución de los árboles dentro de los SAF's fue variable en cuanto a la densidad encontrada para las dos especies maderables y en los sistemas asociados, ya que en algunas parcelas existe una alto porcentaje en la densidad de árboles. Por ejemplo, en *Cordia alliodora* más del 50% de las parcelas tienen media, alta densidad de árboles, mientras que en otros casos es evidente la nula o baja densidad de árboles como fue el caso de *Cedrela odorata* (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Densidad (m^2ha^{-1}) de árboles de Laurel (*Cordia alliodora*) y Cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| DENSIDAD(m^2ha^{-1}) | | CORDIA ALLIODORA | | CEDRELA ODORATA | |
|--|----------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Cacaotal (%) | Bananal (%) | Cacaotal (%) | Bananal (%) |
| 0 | NULA | 6 | 28 | 57 | 50 |
| 0.1 - 3 | BAJA | 28 | 28 | 44 | 50 |
| 0.3 - 6 | MEDIA | 36 | 33 | 2 | - |
| 6.1 - 9 | ALTA | 24 | 11 | - | - |
| ≥ 9 | MUY ALTA | 6 | 11 | - | - |

Fuente: Éste estudio.

Esta alta variabilidad en la densidad y abundancia de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, podría deberse a que los productores manejan un dosel de sombra más diversificado con

dos o tres estratos, sobre todo de frutales, debido a sus limitaciones económicas o por la dificultad de acceso a los mercados⁹⁰.

3.3 EXISTENCIAS DE MADERA DE LAUREL (*Cordia alliodora*) y CEDRO (*Cedrela odorata*).

El volumen promedio ($d \geq 5\text{cm.}$) de laurel (*Cordia alliodora*) encontrado en cacaotales fue $54,46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y en bananales de $44,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. El volumen comercial para aserrío ($d \geq 45\text{cm.}$) promedio para los cacaotales fue $30,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, mientras que para los bananales fue $27,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (**Figura 5**). Estos resultados se muestran normales si se comparan con los volúmenes encontrados en el 2001 en la misma zona ($41,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $23,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en cacaotales y bananales respectivamente)⁹¹, pero son optimistas en relación a los resultados obtenidos por Pastrana *et al.*⁹², en SAF's de indígenas Ngöbe de Panamá ($15,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $15,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en cacaotales y bananales respectivamente).

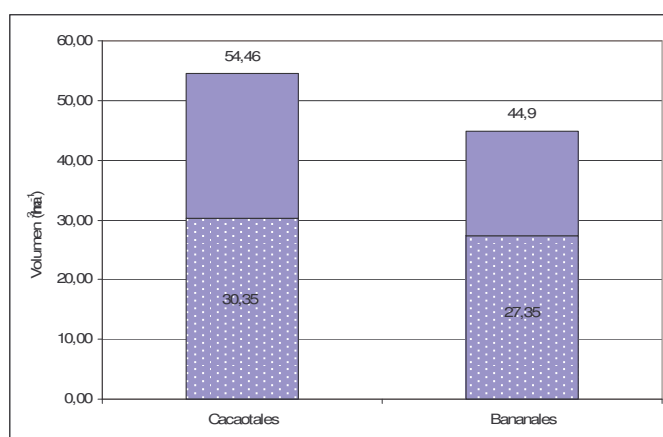


Figura 5. Volumen total ($d \geq 5\text{cm.}$) (barras) y volumen comercial para aserrío ($d \geq 45\text{cm.}$) (zonas punteadas) de laurel (*Cordia alliodora*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

⁹⁰SOMARRIBA, E.; BEER, J.; BONNEMANN, A. Árboles leguminosos y maderables como sombra para el cacao: el concepto. Serie técnica, informe técnico No. 247. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1996. 51p.

⁹¹SUÁREZ, A. Op. Cit., p23

⁹²PASTRANA, A; LOK, R; IBRAHIM, M; VÍQUEZ E. El componente arbóreo en sistemas agroforestales de los indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. En: Agroforestería en las Américas 6 (23), 1999. p.69 – 71.

Según Valdivieso⁹³, Ortíz y Riascos⁹⁴, se puede afirmar que el aumento de volumen encontrado de *C. alliodora* (con relación al inventario 2001) se debe al incremento corriente anual, que es mayormente favorecido por el asocio con cultivos como el cacao (*Theobroma cacao*) y el banano (*Musa AAB*).

Para cedro (*Cedrela odorata*), el volumen comercial real (Vcr) total de madera (1,54 m³ha⁻¹) (**Figura 6**), fue mucho menor en comparación a *C. alliodora*. Pero los resultados son superiores a los encontrados en el 2001 (1,09 m³ha⁻¹ y 0,18 m³ha⁻¹ en cacaotales y bananales respectivamente)⁹⁵ ya que en cacaotales se determinó un promedio en Vcr de 1,51 m³ha⁻¹ y 1,65 m³ha⁻¹ en los bananales.

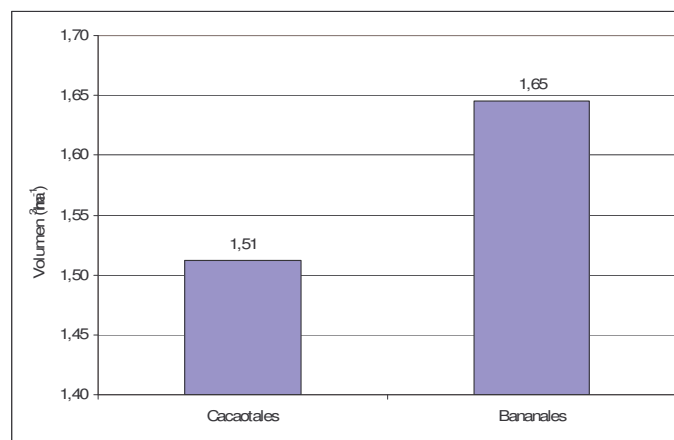


Figura 6. Volumen comercial real de cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

El volumen de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* en los cacaotales y bananales, similar al parámetro de densidad, fue variable:

De acuerdo al inventario de existencias de madera para *Cordia alliodora* en los sistemas asociados, entre 70 – 75% de los SAF's poseen bajo o nulo volumen de madera, y tan solo entre 25 – 30% poseen volúmenes entre 40 y 120 m³ha⁻¹. En el caso de *Cedrela odorata*, en el 70 – 80% de los SAF's existen bajos volúmenes de madera, mientras que en los SAF's restantes no hubo presencia de árboles (**Cuadro 2**).

⁹³VALDIVIESO, R. Crecimiento de laurel *Cordia alliodora* (Ruíz y Pavón) Oken, como componente maderable de sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, 1997. 70 p.

⁹⁴ORTÍZ, A. y RIASCOS, L. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*) (Ruíz & Pavón) Oken, en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Trabajo de grado Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2006.

⁹⁵SUÁREZ, A. Op.Cit., p23

Cuadro 2. Volumen de madera ($m^3 ha^{-1}$) de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| VOLUMEN($m^3 ha^{-1}$) | | CORDIA ALLIODORA | | CEDRELA ODORATA | |
|--------------------------|-------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Cacaotal (%) | Bananal (%) | Cacaotal (%) | Bananal (%) |
| 0 | CERO | 20 | 33 | 80 | 72 |
| 0.1 - 40 | BAJA | 55 | 39 | 20 | 28 |
| 41 - 80 | MEDIA | 15 | 11 | - | - |
| 81 - 120 | ALTA | 10 | 17 | - | - |

Fuente: Éste estudio.

Se puede concluir entonces que el comportamiento de estos parámetros dentro de las dos especies se debe a las diferencias ecológicas entre los sistemas, el manejo de los cultivos con los que se asocian, la acción de la regeneración natural, el manejo silvicultural y las tasas de explotación de la zona⁹⁶. Hecho que explica el aumento de las existencias, en número y en volumen madera, de árboles que al encontrarse asociados con cultivos como cacao o banano, se benefician de la fertilización, disponibilidad de agua y manejo del cultivo, que además disminuyen la competencia por luz, agua y nutrientes del suelo al reducir el número de árboles por unidad de área.⁹⁷

3.4 CARBONO EN BIOMASA DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*).

Debido a la estrecha relación del carbono con la biomasa, en *Cordia alliodora* se determinó que para un promedio de biomasa de $23,51 \text{ ton ha}^{-1}$, el contenido de carbono fue de $10,91 \text{ ton C ha}^{-1}$; de igual manera se encontró que para $24,8$ y $19,92 \text{ ton ha}^{-1}$ de biomasa de *C.alliodora* dentro de los cacaotales y bananales respectivamente, el contenido de carbono fue $11,51$ y de $9,24 \text{ ton C ha}^{-1}$ (**Cuadro 3**).

⁹⁶SOMARRIBA, E. y BEER, J. Op. Cit., p. 17 – 18

⁹⁷ORTÍZ, A; RIASCOS, L. Op.Cit., p 56.

Cuadro 3. Contenido de carbono (ton C ha⁻¹) en biomasa (ton ha⁻¹) de laurel (*Cordia alliodora*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| | CACAOTALES | BANANALES | PROMEDIO |
|----------------|------------|-----------|--------------|
| BIOMASA | 24,8 | 19,92 | 23,51 |
| CARBONO | 11,51 | 9,24 | 10,91 |

Fuente: Éste estudio.

Los resultados se mostraron diferentes al compararse con los obtenidos por Dzib⁹⁸ para *Cordia alliodora* en asocio con cafetales, donde se determinó un contenido de carbono de 38,5 ton C ha⁻¹ en esta especie; por otro lado el contenido de carbono en la especie de éste estudio es similar a los resultados obtenidos por Aristizabal *et al.*⁹⁹, quienes determinaron para la misma especie en asocio con cacao (*Theobroma cacao* L) y plátano (*Musa paradisiaca*) en un periodo de 5 años, un contenido de carbono de 10,59 ton C ha⁻¹.

Para *Cedrela odorata*, el promedio de biomasa encontrado fue de 2,56 ton ha⁻¹ con un contenido de carbono de 1,28 ton C ha⁻¹ (Figura 8), dentro de los sistemas se obtuvieron promedios de biomasa de 2,45 y 2,85 ton ha⁻¹; con un contenido de carbono de 1,23 y 1,42 ton C ha⁻¹ en cacaotales y bananales respectivamente. **(Cuadro 4).**

Cuadro 4. Contenido de carbono (ton C ha⁻¹) en biomasa (ton ha⁻¹) de cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| | CACAOTALES | BANANALES | PROMEDIO |
|----------------|------------|-----------|-------------|
| BIOMASA | 2,45 | 2,85 | 2,56 |
| CARBONO | 1,23 | 1,42 | 1,28 |

Fuente: Éste estudio.

Los resultados obtenidos en ésta especie se muestran muy por debajo de los reportados por la mayoría de estudios de carbono y solo superan a los resultados

⁹⁸DZIB, B. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATE. Turrialba, Costa Rica. 2003. p. 13 – 124.

⁹⁹ARISTIZABAL J; GUERRA A; GUTIERREZ B. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (*cordia alliodora*) – cacao (*theobroma cacao* L) – plátano (*musa paradisiaca*). Trabajo de grado Ing. Forestal. CORPOICA, Casa Luker, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. 2002. p. 94.

obtenidos por Aguilar¹⁰⁰ en brinzales de 17 especies forestales, incluida *C. odorata*, donde el contenido de biomasa y carbono encontrado fue de 0,30 y 0,14 ton ha⁻¹ respectivamente. Por otro lado los estudios a ésta especie son limitados, mientras que la sobreexplotación ilegal en la zona continua.

3.5 TASA DE CORTA DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*).

La tasa de corta estimada de la medición de tocones de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) fue 1,46 m³ha⁻¹año⁻¹ en cacaotales y 0,49 m³ha⁻¹año⁻¹ en bananales. En el caso de los árboles aprovechables para aserrío (d≥45cm.) la tasa de corta con respecto a la tasa total fue de 84% en cacaotales y 90 % en bananales (**Cuadro 5**).

La mayor frecuencia de diámetros aprovechados se presentó en los fustales jóvenes con diámetros entre 10 y 15 cm. de dap. Estos árboles según Suárez¹⁰¹ tienen limitación en su uso y se aprovechan para postes o puntales para banano y/o plátano; en otros casos los árboles de estos diámetros son los más propensos a raleos para mejorar la estructura, el espaciamiento y el manejo de la sombra en los cultivos.

Cuadro 5. Tasa anual de corta de madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) (m³ha⁻¹año⁻¹) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica, periodo 2001-2005.

| Tasa de corta (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹) | CORDIA ALLIODORA | | CEDRELA ODORATA | |
|---|------------------|---------|-----------------|---------|
| | Cacaotal | Bananal | Cacaotal | Bananal |
| Total (d≥5cm.) | 1,46 | 0,49 | - | - |
| Comercial (d≥45cm.) | 1,23 | 0,44 | 0,11 | - |

Fuente: Éste estudio.

Las actuales tasas de corta para *C. alliodora* aumentaron con respecto a las reportadas en el año 2001 en la misma zona donde se obtuvo 0.8 y 0.1 m³ ha⁻¹

¹⁰⁰AGUILAR, S. Estimación de biomasa aérea y carbono almacenado en el área de aprovechamiento anual 2001, Uaxactún, Flores, Petén. Trabajo de grado Ingeniero Forestal Universidad de San Carlos, Guatemala. 2001. p. 45.

¹⁰¹SUÁREZ, A. Op. cit., p. 42.

año⁻¹ en cacaotales y en bananales respectivamente¹⁰². Esto se debe al rápido crecimiento diamétrico, la baja densidad de árboles de la especie en la zona (ya que el crecimiento diamétrico es inversamente proporcional a la densidad¹⁰³) y la diversidad en el dosel de sombra en los cultivos de cacao y/o banano¹⁰⁴.

La tasa anual de corta para cedro (*Cedrela odorata*) fue muy inferior con relación a la especie *C. alliodora* (0,049 m³ha⁻¹año⁻¹) y solo se aprovecharon árboles en cacaotales, mientras que en bananales no se encontraron indicios de aprovechamiento debido a la ausencia de diámetros aprovechables o porque su extracción es restringida. Además en el año 2001 se reportó el indicio 0.02 árboles ha⁻¹ aprovechados lo que indica la poca frecuencia de la especie en los cacaotales y bananales de Talamanca a pesar de ser un árbol de importancia económica para esta zona¹⁰⁵.

Además la poca frecuencia de árboles con diámetros aprovechables (d≥45cm.) de *C. odorata* se debe a que en los años 1955-1958, empresas extranjeras explotaron grandes cantidades de ésta especie. Los ancianos de la zona cuentan que inmensos troncos se sacaron con oruga hasta el río Sixaola y de ahí al mar, donde se transportaban a los barcos. Así se erradicó casi por completo esta especie en el Valle de Talamanca.¹⁰⁶

3.6 RENDIMIENTO DE MADERA DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*).

Para establecer una proporción entre rendimiento y aprovechamiento, primero se determinó que el volumen total de los árboles seleccionados fue 4.47m³ árbol⁻¹ (**Cuadro 6**).

A través de la metodología utilizada para determinar el rendimiento de madera (método visual por expertos), se determinó que el volumen aprovechable estimado por los expertos operadores de motosierra de la zona de Talamanca es de 0.8m³ árbol⁻¹ (**Cuadro 6**).

¹⁰²Ibíd., p. 42.

¹⁰³HUMMEL, S. Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. For. Ecol. Manage. 127: 31-40. 2000.

¹⁰⁴GIRACOCKA, G. Op cit. 128 p.

¹⁰⁵SUÁREZ, A. Op. cit., p. 74.

¹⁰⁶STEINER, W. Informe final de consultoría: Diseño de un plan de desarrollo forestal en los territorios Bribri Cabécar. Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Sistemas Agroforestales Indígenas con cacao, Costa Rica. CATIE. Costa Rica. 2005. 61 p.

Mediante la comparación del volumen total y el rendimiento (**Cuadro 6**) estimado por los expertos operadores de motosierra, se afirma que cuando se procede a la corta de madera para buscar un producto final, en este caso madera para la construcción de casas o muebles, se aprovecha entre el 20 y 25 % del volumen comercial total de un árbol; entre el 75 y 80% restante se desperdicia (**Figura 7**) desde el momento de la extracción, pasando por el aserradero y otros procesos de la madera hasta llegar al producto final.

Resultados similares fueron encontrados por Bámaca¹⁰⁷ para volúmenes de rendimiento estimados en 16 especies forestales en Guatemala donde se afirma que más del 75% de la madera total de un árbol se pierde desde el momento de la extracción, dejando 6% de madera en el tocón, 18% en ramas grandes, 9% en ramas pequeñas y 6.2% en fuste no comercial, lo cual representa más del 50% del total del árbol y que se queda en el campo como residuos, un 25% se desperdicia en el aserradero, obteniendo un producto final con 20 – 25 % de madera útil.

También son aproximados los resultados de Quiros *et al.*¹⁰⁸, quienes analizaron el rendimiento de madera a las especies melina (*Gmelina arborea*), acacia (*Acacia mangium*) y *terminalia* (*Terminalia invorensis*) determinando rendimientos de madera entre 27 – 39%. El 61 – 73% restante corresponde a residuos del procesamiento que en la mayoría de los casos no son aprovechados comercialmente.

Cuadro 6. Volumen total y rendimiento estimado por clase diamétrica para árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) de Talamanca, Costa Rica.

| Volumen (m ³) | CLASE DIAMETRICA | | | | | | | | PROMEDIO |
|---------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | >75 | |
| Total | 1.53 | 2.17 | 2.86 | 3.68 | 4.71 | 5.58 | 6.82 | 8.42 | 4.47 |
| Estimado | 0.47 | 0.54 | 0.58 | 0.85 | 0.77 | 0.97 | 1.14 | 1.05 | 0.8 |

Fuente: Éste estudio.

¹⁰⁷ *Ibíd* p.51

¹⁰⁸ QUIROS, R.; CHINCHILLA, O.; GOMEZ, M. Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de la madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*. Jul-dic. Vol. 29, No 002. Universidad de Costa Rica. 2005. 7 – 15 p.

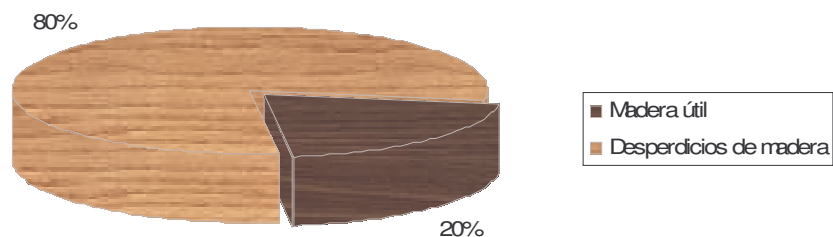


Figura 7. Madera útil vs madera de desperdicio de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) de Talamanca, Costa Rica.

3.7 DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*).

3.7.1 Laurel (*Cordia alliodora*):

La tasa de corta de madera de árboles con diámetros aprovechables ($d \geq 45\text{cm.}$) de laurel (*Cordia alliodora*) fue $1,23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,16 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en cacaotales y $0,44 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,06 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en bananales de Talamanca, de los que se utilizaron como madera aserrada $0,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,03 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en cacaotales y $0,09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,01 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en bananales; los restantes $0,98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,13 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en cacaotales y $0,35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ($0,05 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en bananales se convirtieron en desperdicios (**Cuadro7**).

Cuadro 7. Destinos de madera ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y carbono ($\text{ton C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de laurel (*Cordia alliodora*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| Destinos de madera y carbono | CACAOOTAL | | BANANAL | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Madera (m^3) | Carbono (ton C ha^{-1}) | Madera (m^3) | Carbono (ton C ha^{-1}) |
| Aprovechado | 1,23 | 0,16 | 0,44 | 0,06 |
| Útil | 0,25 | 0,03 | 0,09 | 0,01 |
| Desperdicios | 0,98 | 0,13 | 0,35 | 0,05 |

Fuente: Éste estudio.

3.7.2 Cedro (*Cedrela odorata*):

En cedro (*Cedrela odorata*) el volumen aprovechado fue inferior a *Cordia alliodora*, tan solo $0,11 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ($0,03 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) fueron aprovechados en cacaotales, de los cuales, $0,02 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ($0,01 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) son madera aserrada y el restante $0,09 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ($0,02 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) fueron desperdicios; mientras que en los bananales no se encontraron indicios de aprovechamiento (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Destinos de madera ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y carbono ($\text{ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| Destinos de madera y carbono | CACAOITAL | | BANANAL | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Madera (m^3) | Carbono (ton C ha^{-1}) | Madera (m^3) | Carbono (ton C ha^{-1}) |
| Aprovechado | 0,11 | 0,03 | | |
| Útil | 0,02 | 0,01 | - | - |
| Desperdicios | 0,09 | 0,02 | - | - |

Fuente: Éste estudio.

Las Asociaciones de Desarrollo Integral Bribri y Cabécar (ADITIBRI, ADITICA) son las encargadas del control sobre el uso y transformación de la madera dentro de los territorios; además son propietarias de la microempresa de ebanistería la cual recibe y compra madera para transformarla. Son ellos quienes determinaron que del total de la madera aserrada en Talamanca se pueden identificar tres grupos: madera para uso personal, madera para proyectos de vivienda, y madera adquirida por la ebanistería.

De estos grupos, para laurel (*Cordia alliodora*), el 31,5% ($0,105 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,014 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) de los permisos para aserrar madera son para uso personal, el 23% ($0,076 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0103 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) son para proyectos de vivienda y el 16% restante ($0,053 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ó $0,0072 \text{ ton C ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) es adquirido por la misma asociación en la ebanistería para su posterior transformación en forma de muebles, como ventanas, mesas, sillas, estantes, camas (Anexo 9).

Por otro lado para cedro (*cedrela odorata*), el 4,4% (0,001 m³ha⁻¹año⁻¹ ó 0,0002 ton C ha⁻¹año⁻¹) de la madera es para uso personal, el 3,2% (0,0007 m³ ha⁻¹año⁻¹ ó 0,0002 ton C ha⁻¹año⁻¹) es para proyectos de vivienda y el 2,2% restante (0,0005 m³ha⁻¹año⁻¹ ó 0,001 ton C ha⁻¹año⁻¹) es transformado por la ebanistería (Anexo 9).

La mayoría de productos obtenidos son productos que se consideran por muchos autores como de larga duración (>20 años) y es ahí donde se mantiene el carbono capturado.¹⁰⁹

Según Steiner¹¹⁰, además de la transformación de la madera los productos mas obtenidos de la madera aprovechada son mayormente tablas "preprocesadas" lo cual significa que la madera es lineada, cepillada y en algunos casos machimbrada. La ebanistería vende la madera por un precio bajo dentro del territorio, afuera se vende mayormente a clientes en la costa atlántica o al turismo y también a fabricas de muebles en la capital. Las dimensiones de estas ventas son diferentes:

- 99 – 133 pulgadas de largo
- 4 - 12 pulgadas de ancho
- 1 - 1.5 - 1.75 - 2 pulgadas de grosor.

3.8 PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE SOMBRA Y REGENERACIÓN DE ÁRBOLES DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*)

El conocimiento empleado por los indígenas Bribri y Cabécar de la región de Talamanca acerca del manejo de las especies forestales tanto de sombra como de regeneración natural es amplio¹¹¹. La encuesta semiestructurada se realizó a 15 productores, el 65% en cacaotales y el 35% en bananales los cuales presentaron la mejor disponibilidad para este estudio.

Ellos opinan que la sombra de laurel o cedro es importante para los cultivos en los que se asocian porque aumentan la producción y favorecen el desarrollo de las plantas ya que se controla la temperatura en la parcela que regula el ataque de las enfermedades. Además poseen sus propios criterios de clasificación de árboles con respecto a la densidad de la sombra (sombras frescas y/o malas), con

¹⁰⁹www.ciefap.org.ar/novedades/SMDL/documentos/OAMD/ComputoCO2-Productos_madera.PDF.

¹¹⁰STEINER, W. Op cit. 61 p.

¹¹¹SUÁREZ Op cit. p.53.

respecto al uso, la familiaridad con la especie¹¹², valor económico, calidad de la madera y utilidad como leña¹¹³. Asocian los cultivos de cacao y/o banano con árboles e identifican que hay poca sombra cuando hay debilidad o marchitamiento en las plantas o porque existen claros en el cultivo ya que los rayos del sol se ven penetrar entre los doseles.

Por otro lado los productores pueden determinar excesos de sombra en los cultivos cuando aumenta la susceptibilidad de las plantas a enfermedades que limitan la producción, si esto ocurre proceden a ralearla. En cambio los productores concuerdan que la buena producción en un cultivo depende de una buena cantidad de sombra; y se dan cuenta de éste fenómeno porque la frecuencia con que se hace las deshierbas es menor que si el cultivo tuviera mucha o poca sombra. Al mismo tiempo encuentran varias utilidades en las especies, principalmente a la venta de la madera y en el beneficio ecológico y la sombra¹¹⁴.

Los productores dan manejo a sus cultivos de 3 – 4 veces al año, tiempo durante el cual eligen que especies dejar, trasplantar o ralea. Dentro de las especies que deciden manejar se encuentra las maderables (como laurel o cedro) y los frutales con buenas características en sus arquitecturas; debido a la calidad de sus maderas o porque proporcionan alimento a sus familias.

Cuando hay necesidad de sembrar árboles, preferiblemente de laurel y/o cedro, deben proceder de regeneración natural y si hay necesidad de ralea, los productores recomiendan anillarlos para secarlos o simplemente aprovecharlos con motosierra.

Estos conocimientos están sujetos a sus creencias tanto religiosas, políticas y conservacionistas lo cual hace que el aprovechamiento de estas especies sea bajo, además que la mayoría de estos productores recurre a la corta de árboles por necesidades personales.

¹¹²ORTIZ, M. Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre el diseño y manejo de la sombra en sus cacaotales. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2006. p. 55.

¹¹³MUÑOZ, D. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2003 75p.

¹¹⁴MARTÍNEZ, L. Potencial de los sistemas agropastoriles en el manejo de suelos degradados en Santa Cruz, Bolivia. In: *Sistemas Agropastoriles en Sabanas Tropicales en América Latina*. 1999. p. 72.

4. CONCLUSIONES

Las existencias de madera, biomasa y carbono de las especies (*Cordia alliodora*) y (*Cedrela odorata*) poseen un alto potencial en la implementación de pago por servicios ambientales (PSA) en este caso captura de carbono ya que en los sistemas agroforestales (SAF's) estudiados predominaron las clases diamétricas inferiores (5-20 cm. de dap) para las dos especies en estudio. Estas clases diamétricas poseen la capacidad de absorber altas cantidades de CO₂ ya que se encuentran en sus primeras etapas de crecimiento y los procesos metabólicos son mayores que un árbol adulto (≥ 45 cm.).

Las actuales tasas de aprovechamiento para las especies (*Cordia alliodora*) y (*Cedrela odorata*) en los sistemas agroforestales (SAF's) estudiados son bajas con respecto a las existencias totales de madera. Además los mayores diámetros aprovechados son los inferiores (5-20 cm. de dap) los cuales son los mas propensos a raleos para mejorar la estructura de las poblaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAB*) y plátano (*Musa AAA*).

En cuanto al rendimiento, solo el 20% de la madera del total del árbol llega a ser útil y puede preservar el carbono capturado dependiendo de su uso. El resto se pierde por efecto de procesos de transformación tanto en campo como en aserradero.

Para la determinación y cuantificación de los destinos de madera, biomasa y carbono de las especies (*Cordia alliodora*) y (*Cedrela odorata*) que parte de la madera útil (20% del árbol) las aplicaciones obtenidas para la zona de Talamanca, Costa Rica, son productos de ebanistería y construcción de viviendas, estos retienen el carbono por mas de 20 años impidiendo que este retorne nuevamente a la atmósfera.

La percepción acerca del manejo de la sombra y la regeneración natural recopilada sirve como información básica y localizada y permitirán obtener líneas bases que puedan ser un excelente punto de partida para mayores investigaciones.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda mejorar las técnicas de aprovechamiento de la madera tanto en el campo como en los aserraderos. Así se puede obtener mayor rendimiento carbono y/o madera aprovechable, ya que esto representa un mayor valor en el contexto ambiental y monetario.

Es necesario darle un uso inmediato a los desperdicios de campo y aserrío para poder conservar por un periodo mas largo el carbono que en ellos reside.

Llevar a cabo un programa de manejo de la regeneraron natural y silvicultural con la especie *Cedrela odorata* debido al los pocos individuos de la zona de Talamanca, Costa Rica.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, S. Estimación de biomasa aérea y carbono almacenado en el área de aprovechamiento anual 2001, Uaxactún, Flores, Petén. Trabajo de grado Ingeniero Forestal Universidad de San Carlos, Guatemala. 2001. p. 45.

AGUILAR, J. y AGUILAR, M. Árboles de la Biosfera Maya Petén, Guía para las especies del Parque Nacional Tikal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). 1992. 272 p.

ALDER, D. Estimación de Volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol. 2 Predicción del rendimiento. Estudio de la FAO Montes 22/2. FAO, Italia.1980. 198p.

ANDRADE, H. e IBRAHIM, M. ¿Cómo monitorear el secuestro de Carbono en los sistemas silvopastoriles? En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 10, no. 39-40, 2003; 109-116 p.

ARAYA, V. Algunas experiencias en el pago de servicios ambientales con énfasis en captura de carbono. Proyecto centroamericano PROCAFOR, S.f. 2005. 6p. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/articulo2.htm>.

ARISTIZABAL J; GUERRA A; GUTIERREZ B. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (*cordia alliodora*) – cacao (*theobroma cacao* L) – plátano (*musa paradisiaca*). Trabajo de grado Ing. Forestal. CORPOICA, Casa Luker, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. 2002. p. 94.

BABBAR, L. Pago por servicios ambientales en los sistemas agroforestales, Costa Rica. 6p. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/forest/manejo.html>

BÁMACA, E. Dinámica del carbono en residuos forestales producidos durante el aprovechamiento y el aserrío en la Reserva Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 2002. 75p.

BEEK, R., SAENZ, G. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca Costa Rica. Colección de manejo y silvicultura de bosque naturales No 6. CATIE – COSUDE. 48 p.

BORGE, C.; y CASTILLO, R. Cultura y conservación en la Talamanca indígena., Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 1997. 259 p.

BOSHIER, H.; y LAMB, A. *Cordia alliodora*: Genética y mejoramiento de árboles. Tropical forestry papers No 36. Oxford Forestry Institute. Department of plant sciences. University of Oxford, Oxford. 1997. 99p.

BROWN, R. Efectos del aprovechamiento forestal en la riqueza biodiversidad y composición florística de un bosque húmedo en la costa norte de Honduras. CATIE. Costa Rica. 2000. 90p

_____. y IVERSON, L.R. Biomass estimates for tropical forests. World Resource Review 4 (3). p. 366 – 383.

BROWN, S. y LUGO, A. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. En: Interciencia. Vol. 17, no. 1, 1992; 8-18.

BUDOWSKY, G. Secuestro de carbono y gestión forestal en América Tropical. Ambient-tico 65: 8-16 1998.

CAMACHO, M.; SEGURA, O.; REYES, V.; MIRANDA M. Gestión local y participación en torno al pago por servicios ambientales: Estudios de caso en Costa Rica. Costa Rica: FORD-PRISMA, 2002. 111 p.

CAMARGO, J. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural del laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y sub-húmedo de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1999.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Laurel (*Cordia alliodora*). Especie de uso múltiple en América Central. Programa Manejo Integrado de recursos naturales. Serie Técnica No 239. Turrialba, Costa Rica 1994. 52p.

_____. Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR), Nota técnica No. 24 sobre manejo de semillas forestales. *Cedrela odorata*. Costa Rica, 1997. p 2.

_____. Revista Forestal Centroamericana No. 21. Cedro (*Cedrela odorata*). Costa Rica, 1997. p 4.

CIESLA, W. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: Una visión de conjunto. Roma, Italia, FAO: (Estudio de la FAO Montes 126). 1996. 146p.

CLAVO, M. Regeneración natural de especies arbóreas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. Revista Investigaciones Veterinarias del Perú. 1999; 10(1): 71-81.

CORDOBA, R.; SERRANO, R.; CANESSA, E. Estudio tecnológico de dos especies forestales de plantación: Melina (*Gmelina arborea*) y laurel (*Cordia alliodora*). Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Dpto. de Ingeniería Forestal. 1990. 42 p.

CURRENT, D.; ROSSI, L.; SABOGAL, C.; NALVARTE, W. Comparación del potencial de manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: estudios de caso en Brasil, Perú y Costa Rica. Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, Valdivia, Chile. 1998. 82 p.

DIXON, R. K. Sistemas agroforestales y gases invernadero. En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 2. no. 7, 1995; 22-26.

DZIB, B. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATE. Turrialba, Costa Rica. 2003. p. 13 – 124.

FORD, L. An estimate of a yield of *Cerela odorata* L. (Syn. *C. mexicana* Roem) grown in association with coffee. In: G de Salas (ed.) Proceedings of a work-shop agroforestry systems in Latin America, CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1979. p. 177 – 183.

GONZÁLEZ, D. Descripción anatómica de once especies forestales de uso industrial en Panamá. Costa Rica, CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE). Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEA). 1991. 61 p.

GREAVES, A.; y McCARTER, P. S. *Cordia alliodora* a promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers No 22. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK. 1990. 37p.

GUIRACOCHA, G. Conservación de la diversidad en sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros, Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2000. 125p.

HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. IICA, Costa Rica 1982. 216 p.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Provinces_Costa_Rica.png

HUMMEL, S. Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. For. Ecol. Manage. 127: 31-40. 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). National Greenhouse Gas Inventories Programmer Intergovernmental. Good Practice

Guidance for Land Use, Land – Use Change and Forestry. In: IPCC Good Practice Guidance for LULUCF. Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Panel on Climate Change. 2003. p. 113 – 116.

_____. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. México. 1996. p. 11 – 13.

JÍMENEZ, Q., ESTRADA, A., RODRIGUEZ, A., ARROYO, P. Manual dendrológico de Costa Rica. 3ra edición. Cartago. 2001. 152 p.

LAGOS, J. y VANEGAS, S. Impacto del aprovechamiento Forestal en la Biomasa y Carbono de Bosques Naturales de Nueva Quezada, Río San Juan. Managua, Nicaragua. 2003. 108 p.

LYNCH, D. Asociación ANAI. Banana Public Costa Rica. Serie: Hands on: ideas to go En: [www. anaiicr.org](http://www.anaiicr.org) 2005. 5 p.

MACDICKEN, K. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. S./., Winrock International Institute for Agricultural Development. 1997. 87 p.

MALIMBWI, R. E. Cedrela species internacional provenance trial (CFI at Kwamsambia, Tanzania). En: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 1978. 910 p.

MARTÍNEZ, L. Potencial de los sistemas agropastoriles en el manejo de suelos degradados en Santa Cruz, Bolivia. In: Sistemas Agropastoriles en Sabanas Tropicales en América Latina. 1999. p. 72.

MARTÍNEZ, A. y ENRÍQUEZ G. La sombra para el cacao, revisión de literatura y bibliografía anotada. Serie Técnica, Boletín Técnico No. 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1984. 58p.

MAYRAND, M. y PAQUIN, M. Pago de servicios ambientales: estudio y evaluación de esquemas vigentes. Citado por Experiencias de servicios ambientales en países de Centroamérica y del cono sur. 2006. 58p. Disponible en: [www. Conafor.gob.mx/.../PSA_CABSA1.pdf](http://www.Conafor.gob.mx/.../PSA_CABSA1.pdf).

MONTAGNINI, F. *et al.* Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales ET, *et al.*, 1992. 64p.

MUÑOZ, D. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2003 75p.

NASI, R.; WUNDER, S.; CAMPOS, J.; Servicios de los ecosistemas forestales: Podrían ellos pagar para detener la deforestación?. Serie técnica. Informe técnico No. 331. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales No. 28. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2002. p. 1- 5.

ORTIZ, M. Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre el diseño y manejo de la sombra en sus cacaotales. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2006. 84 p.

ORTÍZ, A. y RIASCOS, L. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*) (Ruíz & Pavón) Oken, en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Trabajo de grado Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2006.

PASTRANA, A; LOK, R; IBRAHIM, M; VÍQUEZ E. El componente arbóreo en sistemas agroforestales de los indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. En: Agroforestería en las Américas 6 (23), 1999. p.69 - 71

PÉREZ, C. A. Estudio forestal del laurel (*Cordia alliodora*) (R&P) Cham, en Costa Rica. Tesis M. Sc. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1954. 182 p.

QUIROS, R.; CHINCHILLA, O.; GOMEZ, M. Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de la madera proveniente de plantaciones forestales. Agronomía Costarricense. Jul-dic. Vol. 29, No 002. Universidad de Costa Rica. 2005. 7 – 15 p.

REYES, C. Estimación del incremento diamétrico en *Cordia alliodora* y *Vochysia ferruginea* a partir de variables del árbol y factores de sitio en un bosque secundario en Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997. 134p.

SABOGAL, C.; CASTILLO, A.; CARRERA, F.; CASTAÑEDA, A. Aprovechamiento forestal mejorado en bosque de producción: Estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales No 21. Informe Técnico No 23 CATIE. Turrialba. Costa Rica. 2001. 23p.

SALAS, J. B. Árboles de Nicaragua. Nicaragua, Managua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del ambientes, IRENA. 1993. 390 P.

SCHULZ, J. P. Ecological studies on rain forest in Northern Surinam. The vegetation of Surinam. Verhand. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk.Ser. 2, 53:1. 1960.

SEGURA, M. Estimación de Carbono Almacenado y Fijado en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en la Zona de Talamanca, Costa Rica. Borrador de informe final de Consultoría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2005. 147p.

SNOWDON, P.; RAISON, J.; KEITH, H.; MONTAGU, K.; BI, K.; RITSON, P.; GRIERSON, P.; ADAMS, M.; BURROWS, W.; EAMUS, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report No. 31. Draft-March 2001. Australian Greenhouse Office. 114 p.

SOMARRIBA, E. Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. *Agroforestería en las Américas* 6(24). 1999. p.31-34.

_____ y BEER, J. Dimensions, volumes and growth of *cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forestry Ecology and Management (Netherlands)* 18 (2), 1987. p. 113 – 126.

_____ ; _____ ; BONNEMANN, A. Árboles leguminosos y maderables como sombra para el cacao: el concepto. Serie técnica, informe técnico No. 247. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1996. 51p.

_____ ; y HARVEY, C. Cómo integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas?. En: *Agroforestería en las Américas*. Turrialba, Vol. 10, no. 37-38, 2003; 12-17.

STEINER, W. Informe final de consultoría: Diseño de un plan de desarrollo forestal en los territorios Bribri Cabécar. Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Sistemas Agroforestales Indígenas con cacao, Costa Rica. CATIE, Costa Rica. 2005. 61 p.

SUÁREZ, A. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 2001. 74p.

TREJOS, S. y PLATEN, H. Sombras maderables para cacaotales, aspectos económicos. Serie Técnica, Informe Técnico No. 266. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1995. 47 pp.

VALDIVIESO, R. Crecimiento de laurel *Cordia alliodora* (Ruíz y Pavón) Oken, como componente maderable de sistemas agroforestales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, 1997. 70 p.

_____ ; SOMARRIBA, E; GALLOWAY, G; VÁSQUEZ, W; KASS, D. Crecimiento de laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. En: *Agroforestería de las Américas* 5 (17-18) p.54.

WINJUM, J.; BROWN, S.; SCHLAMADINGER, B. Forest Harvest and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest science* 44 (2) 1999. p. 272 – 284.

www.ciefap.org.ar/novedades/SMDL/documentos/OAMDL/ComputoCO2-Productos_madera.PDF

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de localización de las plantaciones inventariadas por Suárez 2001 en 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 1 | 9 | 31 | 39.5 | 82 | 56 | 59 | 91 |
| 2 | Blanco Buitrago Wilber | B | Amubri 1 | 9 | 31 | 6.9 | 82 | 56 | 30 | 113 |
| 3 | Blanco Blanco Elvira | C | Amubri 1 | 9 | 31 | 25.6 | 82 | 56 | 58.5 | 113 |
| 4 | Blanco Blanco Elvira | C | Amubri 1 | 9 | 30 | 53.1 | 82 | 57 | 22.8 | 94 |
| 5 | Díaz Díaz Benito | B | Amubri 1 | 9 | 31 | 19.6 | 82 | 58 | 28 | 125 |
| 6 | Diaz Mayorga Benito | C | Amubri 1 | 9 | 31 | 18.9 | 82 | 58 | 31.7 | 109 |
| 7 | García Nercis Filomena | B | Amubri 1 | 9 | 31 | 31 | 82 | 57 | 27.1 | 101 |
| 8 | Jiménez Nelson Ernesto | C | Amubri 1 | 9 | 30 | 46.9 | 82 | 56 | 58.3 | 122 |
| 9 | Layan Gabb Alexander | C | Amubri 1 | 9 | 30 | 24.1 | 82 | 57 | 3.8 | 99 |
| 10 | Morales Stewart Carolina | C | Amubri 1 | 9 | 31 | 20.2 | 82 | 56 | 55.9 | 92 |
| 11 | Nelson Rodríguez Adelaida | C | Amubri 1 | 9 | 31 | 12.3 | 82 | 57 | 20.1 | 109 |
| 12 | Salazar Salazar Cayetano | C | Amubri 1 | 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 | - | - | - | - | - | - | - |

Continuación Anexo 1.

| No. de plantación | Nombre | Cultivo | Comunidad | Latitud | | | Longitud | | | Altitud msnm |
|-------------------|-------------------------------|---------|---------------|---------|----|------|----------|----|------|--------------|
| | | | | g | m | s | g | m | s | |
| 41 | Uva Uva Anselmo | C | S. M. Cabecar | 9 | 37 | 57.2 | 82 | 58 | 23 | 330 |
| 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 Efren | 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 5. Formato de cuestionario sobre el manejo de sombra y regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en Talamanca, Costa Rica.

DETERMINACIÓN DE LOS DESTINOS DE MADERA Y CARBONO DE LAUREL (*Cordia alliodora*) Y CEDRO (*Cedrela odorata*) DE REGENERACIÓN NATURAL EN CACAOTALES Y BANANALES EN LOS TERRITORIOS INDIGENAS BRIBRÍ Y CABÉCAR DE TALAMANCA, COSTA RICA

Entrevista sobre el manejo de sombra y la regeneración natural de laurel(*Cordia alliodora*) y cedro(*Cedrela odorata*) en cacaotales y banales de Talamanca

Productor: _____ No. De
Plantación: _____ Comunidad: _____
Fecha: _____
Cultivo Asociado: _____

1. Manejo de la sombra

1.1 Cómo se da cuenta que su parcela tiene mucha o poca sombra?

1.2 Qué hace cuando hay mucha sombra?

1.3 Que hace cuando hay poca sombra?

1.3.2 Qué especies siembra?

1.4 Qué ideas tiene para mejorar la sombra?

2. Manejo de la regeneración Natural de Laurel (*Cordia alliodora*) y/o cedro (*Cedrela odorata*).

2.1 Hace chapias a su finca?

Si () No ()

2.1.1 Si es si, a qué cultivo?

a) Cacaotal () b) Bananal () c) Otro ()

2.1.2 Cada cuanto realiza las chapias en su parcela?

| | | | |
|------------|----------|---------|------|
| Parcelas → | Cacaotal | Bananal | Otro |
| Tiempo → | | | |

2.2 Actualmente qué especies de árboles existen en su finca en orden de importancia?

Maderables:

Frutales:

Otros:

2.3 Usted permite que crezcan naturalmente árboles de Laurel (*Cordia alliodora*) y/o cedro (*Cedrela odorata*) en su finca?

2.3.1 Cómo usted decide dejar o cortar los árboles que crecen naturalmente en su finca?

2.4 Durante las chapias, también lleva a cabo raleos?

Si () No ()

2.4.1 Qué especies de árboles ralea?

2.4.2 Cada cuanto realiza los raleos?

Anexo 6. Parámetros dasométricos y carbono en biomasa de la población total ($d \geq 5\text{cm}$) y de árboles comerciales ($d \geq 45\text{cm}$) de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en los cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| Especie | Parámetro | Cacaotales | Bananales |
|---------|--|-----------------|-----------------|
| | <i>Superficie</i> (ha) | 0,8138 ± 0,53 a | 0,5257 ± 0,26 b |
| Laurel | <i>Árboles</i> ha ⁻¹ $d \geq 5\text{cm}$ | 50,78 ± 35,69 a | 47,16 ± 44,12 a |
| | <i>Árboles</i> ha ⁻¹ $d \geq 45\text{cm}$ | 8,36 ± 9,63 a | 6,94 ± 10,2 a |
| | <i>G</i> $d \geq 5\text{cm}$ (m ² ha ⁻¹) | 4,63 ± 3,78 a | 3,77 ± 3,44 a |
| | <i>G</i> $d \geq 45\text{cm}$ (m ² ha ⁻¹) | 2,09 ± 2,53 a | 1,84 ± 2,59 a |
| | <i>Vt</i> $d \geq 5\text{cm}$ (m ³ ha ⁻¹) | 54,46 ± 48,12 a | 44,9 ± 46,37 a |
| | <i>Vc</i> $d \geq 45\text{cm}$ (m ³ ha ⁻¹) | 30,35 ± 37,6 a | 27,35 ± 38,6 a |
| | <i>BT</i> $d \geq 5\text{cm}$ (ton ha ⁻¹) | 24,8 ± 20,21 a | 19,92 ± 18,53 a |
| | <i>C</i> $d \geq 5$ (Ton C ha ⁻¹) | 11,51 ± 9,38 a | 9,24 ± 8,59 a |
| Cedro | <i>Árboles</i> ha ⁻¹ $d \geq 5\text{cm}$ | 2,98 ± 7,76 a | 3,66 ± 4,51 a |
| | <i>Árboles</i> ha ⁻¹ $d \geq 45\text{cm}$ | 0,62 ± 1,66 a | 0,5 ± 0,92 a |
| | <i>G</i> $d \geq 5\text{cm}$ (m ² ha ⁻¹) | 0,32 ± 0,71 a | 0,37 ± 0,53 a |
| | <i>G</i> $d \geq 45\text{cm}$ (m ² ha ⁻¹) | 0,21 ± 0,58 a | 0,23 ± 0,45 a |
| | <i>Vcr</i> $d \geq 45\text{cm}$ (m ³ ha ⁻¹) | 1,51 ± 4,06 a | 1,65 ± 3,28 a |
| | <i>BT</i> $d \geq 5\text{cm}$ (ton ha ⁻¹) | 2,45 ± 5,53 a | 2,84 ± 4,34 a |
| | <i>C</i> $d \geq 5$ (Ton C ha ⁻¹) | 1,22 ± 2,76 a | 1,42 ± 2,17 a |

Las cifras con la misma letra en un renglón no son estadísticamente diferentes en sus distribuciones de acuerdo a la localización en cada sistema. (Prueba de Mann Whitney). ±: Desviación estándar. G: Area basal, Vt: Volumen total, Vc: Volumen comercial, BT: Biomasa total, C: Carbono en biomasa.

Fuente: Éste estudio

Anexo 7. Tasa anual de corta de madera de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) ($\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) por clase diamétrica en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica, periodo 2001-2005.

| Clase diamétrica (cm) | Cacaotales | Bananales |
|------------------------------|-------------------|------------------|
| 5 | 0,00034 | 0,00000 |
| 10 | 0,00207 | 0,00337 |
| 15 | 0,01121 | 0,00647 |
| 20 | 0,01271 | 0,00432 |
| 25 | 0,01952 | 0,00751 |
| 30 | 0,00830 | 0,01188 |
| 35 | 0,10231 | 0,00000 |
| 40 | 0,07099 | 0,01639 |
| 45 | 0,09973 | 0,03352 |
| 50 | 0,12906 | 0,21118 |
| 55 | 0,11302 | 0,13813 |
| 60 | 0,09316 | 0,00000 |
| 65 | 0,32742 | 0,05777 |
| 70 | 0,18113 | 0,00000 |
| 75 | 0,00000 | 0,00000 |
| 80 | 0,00000 | 0,00000 |
| 85 | 0,10708 | 0,00000 |
| 90 | 0,00000 | 0,00000 |
| 95 | 0,05474 | 0,00000 |
| 100 | 0,12571 | 0,00000 |
| Total | 1,46 ± 4,35 | 0,49 ± 1 |
| Total d>45cm | 1,23 ± 4,25 | 0,44 ± 0,98 |

±: Desviación Estándar.

Fuente: Éste estudio

Anexo 8. Volumen de madera y de carbono total, aprovechable y de desperdicios, de árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| Sistema | Cd | LAUREL | | | | | | CEDRO | | | | | |
|----------|-----|---|--------|--------|--|--------|--------|---|--------|--------|--|--------|--------|
| | | Volumen (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | Carbono (ton ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | Volumen (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | Carbono (ton ha ⁻¹ año ⁻¹) | | |
| | | Tot | Apr | Des | Tot | Apr | Des | Tot | Apr | Des | Tot | Apr | Des |
| Cacaotal | 45 | 0,0997 | 0,0199 | 0,0798 | 0,0254 | 0,0051 | 0,0203 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 50 | 0,1291 | 0,0258 | 0,1033 | 0,0235 | 0,0047 | 0,0188 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 55 | 0,1130 | 0,0226 | 0,0904 | 0,0127 | 0,0025 | 0,0101 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 60 | 0,0932 | 0,0186 | 0,0745 | 0,0113 | 0,0023 | 0,0090 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 65 | 0,3274 | 0,0655 | 0,2619 | 0,0310 | 0,0062 | 0,0248 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 70 | 0,1811 | 0,0362 | 0,1449 | 0,0206 | 0,0041 | 0,0165 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 75 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0770 | 0,0154 | 0,0616 | 0,0095 | 0,0019 | 0,0076 |
| | 80 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 85 | 0,1071 | 0,0214 | 0,0857 | 0,0152 | 0,0030 | 0,0122 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 90 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 95 | 0,0547 | 0,0109 | 0,0438 | 0,0096 | 0,0019 | 0,0076 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 100 | 0,1257 | 0,0251 | 0,1006 | 0,0106 | 0,0021 | 0,0085 | 0,0371 | 0,0074 | 0,0297 | 0,0172 | 0,0034 | 0,0138 |
| Prom | | 1,23 | 0,25 | 0,98 | 0,16 | 0,03 | 0,13 | 0,11 | 0,02 | 0,09 | 0,03 | 0,01 | 0,02 |
| DE | | 0,0912 | 0,0183 | 0,0732 | 0,0770 | 0,0154 | 0,0616 | 0,0238 | 0,0094 | 0,0143 | 0,0696 | 0,0276 | 0,0419 |
| Banal | 45 | 0,0335 | 0,0067 | 0,0268 | 0,0091 | 0,0018 | 0,0073 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 50 | 0,2112 | 0,0422 | 0,1689 | 0,0225 | 0,0045 | 0,0180 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 55 | 0,1381 | 0,0276 | 0,1105 | 0,0136 | 0,0027 | 0,0109 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 60 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 65 | 0,0578 | 0,0116 | 0,0462 | 0,0190 | 0,0038 | 0,0152 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 70 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 75 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 80 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 85 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 90 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 95 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| | 100 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Prom | | 0,44 | 0,09 | 0,35 | 0,06 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| DE | | 0,0687 | 0,0137 | 0,0550 | 0,0887 | 0,0177 | 0,0710 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

Cd: clase diamétrica; Tot: total; Apr: Aprovechable; Des: Desperdiciado; Prom: promedio; DE: Desviación estándar.

Fuente: Éste estudio.

Anexo 9. Destinos más comunes de madera y carbono en árboles de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*) en cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica.

| Sistema | CD | LAUREL | | | | | | | | CEDRO | | | | | | | |
|----------|-------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|
| | | Madera (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | Carbono (ton ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | Madera (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | | Carbono (ton ha ⁻¹ año ⁻¹) | | | |
| | | MApr. | UP | PV | E | CApr. | UP | PV | E | MApr. | UP | PV | E | CApr. | UP | PV | E |
| Cacaotal | 45 | 0,020 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 50 | 0,026 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 55 | 0,023 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 60 | 0,019 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 65 | 0,065 | 0,021 | 0,015 | 0,010 | 0,006 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 70 | 0,036 | 0,011 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 75 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,015 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 80 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 85 | 0,021 | 0,007 | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 90 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 95 | 0,011 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 100 | 0,025 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| Bananal | 45 | 0,007 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 50 | 0,042 | 0,013 | 0,010 | 0,007 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 55 | 0,028 | 0,009 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 60 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 65 | 0,012 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 70 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 75 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 80 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 85 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 90 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 95 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 100 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| Promedio | | 0,3343 | 0,1053 | 0,0769 | 0,0535 | 0,0448 | 0,0141 | 0,0103 | 0,0072 | 0,0228 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0053 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 |
| D.E. | | 0,0172 | 0,0054 | 0,0040 | 0,0028 | 0,0020 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0034 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0008 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

Cd: clase diamétrica; *MApr*: Madera aprovechable; *UP*: madera de uso personal; *PV*: Madera para proyectos de vivienda; *E*: Madera para la ebanistería; *D.E.*: Desviación estándar.

Fuente: Éste estudio