

Serie Técnica. Informe Técnico N° 240

***MADERABLES COMO
ALTERNATIVA PARA LA
SUBSTITUCION DE SOMBRA EN
CACAOATALES ESTABLECIDOS
MANEJO Y CRECIMIENTO***

**Eduardo Somarriba
Lázaro Domínguez**



Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ

Serie Generación y Transferencia de Tecnología N° 9

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza de postgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

El Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ desarrolla actividades de investigación en el Trópico Húmedo bajo de Costa Rica (Talamanca) y Panamá (Bocas del Toro) desde 1988. El esfuerzo está orientado al establecimiento de sistemas de generación y transferencia de tecnología agroforestal.



© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza 1994.

633.74

S693

Somarriba Chávez, Eduardo

Maderables como alternativa para la sustitución de sombra en
cacaotales establecidos Manejo y crecimiento

Eduardo Somarriba Chávez / Lázaro Domínguez, Turrialba, Costa Rica :
CATIE Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, 1994

96 p ; 21 cm. (Serie técnica Informe técnico / CATIE; N° 240)

ISBN 9977- 57- 187 - 2

1. Arboles - maderables 2. Cacao - sombra - I Domínguez, Lázaro II CATIE
Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ - III Título -IV Serie

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	1
Lista de Cuadros	3
Lista de Anexos	6
1. Introducción	9
2. Descripción de los sitios	10
2.1 Ubicación, topografía y clima	10
2.2 Uso de la tierra en 1988	11
2.2.1 Finca Carmelo Guerra	11
2.2.2 Finca Aquilino Mojica	12
2.2.3 Finca Ernesto Marchena	13
2.2.4 Finca Dionisio Villagra	13
2.2.5 Finca Mario Villagra	14
2.3 El ensayo	14
2.3.1 Fincas, bloques, tratamientos, parcelas	14
2.3.2 Variables y mediciones	16
3. Los cacaotales a transformar y el manejo aplicado	18
3.1 Los cacaotales a transformar	18
3.2 Manejo	20
3.2.1 Preparación del sitio	21
3.2.2 Manejo del cacaotal (cacaoteros y sombras originales)	22
3.2.3 Manejo de los árboles introducidos	23

4. Resultados	25
4.1. La formación del nuevo dosel de sombra	25
4.1.1. Supervivencia	25
4.1.2. Salida encima del dosel del cacao (S)	27
4.1.3. Cobertura de la proyección de copa (P)	28
4.2. Crecimiento maderable	31
4.2.1. Crecimiento diamétrico (dap)	31
4.2.2. Altura total (h)	31
4.2.3. Área basal y volumen total	31
4.3. El éxito de la sustitución de sombra	35
5. Discusión	40
6. Conclusiones y recomendaciones	47
7. Literatura citada	52
Anexo 1	61
Anexo 2	66
Anexo 3	73
Anexo 4	74
Anexo 5	78
Anexo 6	80
Anexo 7	85
Anexo 8	88
Anexo 9	91
Anexo 10	94

RESUMEN

En este documento se presentan los resultados de 4.5 años de mediciones del crecimiento y sobrevivencia de tres especies maderables (laurel, *Cordia alliodora*, roble, *Tabebuia rosea* y terminalia, *Terminalia ivorensis*) y guaba, (*Inga edulis*) una leguminosa arbórea, introducidas en cinco fincas cacaoteras de Changuinola, Panamá para substituir la sombra original. Los datos de crecimiento se utilizaron para evaluar el éxito de las especies en el proceso de substitución de sombra. Se incluyen, además, simulaciones del éxito esperado en diferentes escenarios de preferencias de los finqueros. Estas preferencias reflejan los pesos que diferentes finqueros pueden asignar a variables como: la necesidad de reducir costos del establecimiento, mejorar la producción cacaotera o favorecer la producción maderable.

Terminalia fue la especie más exitosa, roble la segunda y guaba la peor. El éxito de *terminalia* radica en su moderada mortalidad promedio (24%), rápido crecimiento en altura (54% de los árboles sobresalieron el dosel del cacaotal a los 1.5 años de edad), rapidez para proporcionar cobertura a los cacaoteros (70% del suelo cubierto por la proyección de las copas a los 4 años de edad), y rápido crecimiento en volumen total (35 m³/ha a los 4.4 años).

Roble mostró los más bajos niveles de mortalidad entre las especies (4%) y guaba y laurel los más altos (casi 40%). En el caso de laurel los mayores índices de mortalidad se observaron en sitios planos con problemas de drenaje o riesgo de anegamiento, o en zonas de lomas, en cacaotales casi a plena exposición solar. En estos sitios, los ataques del chinche *Dyctyla monothropidia* fueron particularmente

severos. En el caso de guaba, los mayores porcentajes de mortalidad se registraron en cacaotales muy densos o muy sombreados. En terminalia, la mayor fuente de mortalidad (en todos los sitios) la constituyó un complejo de varias especies de hormigas herbívoras.

El porcentaje promedio de árboles de laurel y roble que sobresalieron el dosel de los cacaoteros a los 1.5 años de edad, fue de 35%; guaba solo alcanzó un 16%. Sin embargo, roble y guaba proporcionaron (alrededor del 60%, a los 4 años) una mejor cobertura del suelo que laurel (33%). En términos de la producción maderable laurel y roble respondieron en forma similar (20 m³/ha); guaba no produce madera aserrable.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Promedio del área basal (m²/ha) de cacaoteros (CACAO) y árboles del dosel original de sombra (SOMBRA) por sitio, Changuinola, Panamá. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.
- Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad por sitio y especie, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.
- Cuadro 3. Porcentaje de árboles que sobresalieron el dosel de cacao a la edad de 1.5 años, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.
- Cuadro 4. Porcentaje de cobertura del suelo bajo árboles de 4 años de edad introducidos en seis cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

Cuadro 5. Dap promedio (cm) por especie y sitio (edad = 4.4 años).
LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.
Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

Cuadro 6. Altura total promedio (m) por especie y sitio, Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

Cuadro 7. Area basal (m²/ha) por especie y sitio, Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

Cuadro 8. Volumen total (m³/ha) por especie y sitio, Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

Cuadro 9. Exito de especies arbóreas introducidas para substituir la sombra original de cacaotales establecidos, bajo diferentes preferencias del finquero. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Cuadro 10. Exito del proceso de substitución de sombra por sitio bajo diferentes preferencias (P1-P4) del finquero. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra. P1 = INDIFERENTE, P2 = BARATO, P3 = CACAO, P4 = MADERA.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Ubicación, topografía, clima y suelo de las fincas y sitios experimentales, Changuinola, Panamá.
- Anexo 2. Análisis de datos.
- Anexo 3. Población (N/ha), diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30, cm), altura total (h, m), y porcentaje del área cubierta por la proyección de copa (%C) de cacaoteros, por sitio y tratamiento, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.
- Anexo 4. Composición botánica y área basal (m²/ha) de las plantas del dosel original de (SOMBRA), y área basal de cacaoteros por sitio y tratamiento, en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.
- Anexo 5. Número de eventos de manejo por año y sitio en ensayos de sustitución de sombras utilizando especies maderables en Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

- Anexo 6. Muertes y resiembras de especies arbóreas introducidas como sombra en seis cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Los datos están referidos a parcelas de 784 m². Fecha de plantación = noviembre 1989, excepto TERMINALIA en Fincas Carmelo Guerra y Aquilino Mojica donde la fecha de plantación fue abril 1990.
- Anexo 7. Porcentaje de árboles que sobresalieron el dosel de cacao a diferentes edades (años), Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.
- Anexo 8. Porcentaje del suelo cubierto por la proyección de la copa de árboles introducidos en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.
- Anexo 9. Crecimiento en diámetro (dap, mm), altura total (h, dm) e incrementos medios anuales (IMA) de especies arbóreas introducidas como sombra en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Anexo 10. Exito de la substitución de sombra por especie y sitio, bajo diferentes preferencias del finquero (P1-P4). Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. P1 = INDIFERENTE, P2 = BARATO, P3 = CACAO, P4 = MADERA.

1. INTRODUCCION

En este documento, preparado con fines de capacitación y consulta de extensionistas y técnicos, se evalúan el manejo y el crecimiento de tres especies maderables y una leguminosa arbórea, introducidos en cacaotales establecidos como alternativa para substituir la sombra original. Con este fin, se establecieron (1989) ensayos en cinco fincas privadas en el Distrito de Changuinola, Provincia de Bocas del Toro, Panamá. Las especies maderables incluyen: laurel (*Cordia alliodora*), terminalia (*Terminalia ivorensis*), roble (*Tabebuia rosea*); como especie leguminosa, incorporada como "testigo del finquero" (SOMARRIBA y BEER, 1994), se utilizó guaba (*Inga edulis*).

En este documento se presenta: 1) la descripción de las fincas, de los sitios experimentales y los detalles del ensayo; 2) una descripción del manejo aplicado al cacaotal, a la sombra original a reemplazar y a los árboles introducidos; 3) los resultados de sobrevivencia y crecimiento de los árboles; y 4) una estimación del éxito logrado con cada especie.

Los criterios que condujeron a la selección de las especies y sitios, la conceptualización del proceso de substitución de sombra y los costos se presentan en otros documentos (SOMARRIBA y BEER, 1994; HERNANDEZ y PLATEN, 1994). Estudios detallados del efecto competitivo de las sombras originales y de los cacaoteros sobre la sobrevivencia y crecimiento de los árboles introducidos se han presentado en otros documentos (MOREIRA-WACHTEL, 1992, 1993).

2. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS

2.1 UBICACIÓN, TOPOGRAFÍA Y CLIMA

Los propietarios de las fincas son: Carmelo Guerra (Guabito); Aquilino Mojica (Finca 51); Dionisio Villagra, Mario Villagra y Ernesto Marchena (Nuevo Paraíso, Corregimiento de Almirante). Las dos primeras fincas se localizan en la planicie (10 m de altitud) de inundación del Río Sixaola; las otras tres en lomas (70-110 m altitud) de las estribaciones de la Fila Almirante. Todas clasifican dentro de la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical (TOSI, 1971).

En la planicie, la precipitación promedio anual es de 2487 mm¹; en las lomas la precipitación es superior (3079 mm/año²). Los suelos en las fincas de la llanura (Aeric Tropaquept) son fértiles, casi neutros, con drenaje imperfecto, nivel freático alto y texturas medias. En las lomas, los suelos (Aquic Dystropept) son ácidos, arcillosos, con drenaje pobre, de pedregosidad variable y nivel freático profundo (NIEUWENHUYSE, 1994). En el Anexo 1 se presenta información detallada de las fincas.

-
- 1 Estación pluviométrica Sixaola, ICE, Costa Rica. Período de registro 1979-1993, elevación 11 m, 9°30' Norte y 82°37' Oeste
 - 2 Estación pluviométrica Quebrada Gavilán, IRHE, Panamá. Período de registro 1970-1991, elevación 50 m, 9° 16' Norte y 82° 30' Oeste

2.2 USO DE LA TIERRA EN 1988

2.2.1 Finca Carmelo Guerra

La finca tiene una extensión de 34 ha. El bosque original, rico en especies típicas de zonas bajas e inundables, tales como cedro bateo (*Carapa guianensis*), cativo (*Prioria copaifera*) y cerillo (*Symphonia globulifera*), fue talado (1949) antes de la llegada del finquero en 1961. El bosque contenía únicamente los árboles de cativo que, por sus pequeñas dimensiones, escaparon de la tala, y muchos grandes higuerones (*Ficus* spp) sin valor maderable.

Debido a las condiciones de drenaje, la finca se divide en tres secciones: Norte (19 ha), Central (7 ha) y Sur (9 ha). El bosque fue eliminado paulatinamente, primero en la sección Norte (1961-1972) y luego en la sección Sur. La sección Central nunca fue deforestada porque se inunda durante el período lluvioso y no es apta para usos agrícolas o pecuarios.

En la sección Norte, el bosque se eliminó a razón de 2-3 ha/año para cultivar frijoles (*Phaseolus* spp) y arroz (*Oryza sativa*). Las condiciones de drenaje mejoraron notablemente con la construcción (1964) de un drenaje principal, de unos 6 m de profundidad, a lo largo del lindero norte de la finca.

El cultivo del arroz dio lugar al establecimiento de pastizales en 1972, excepto en la franja de tierra colindante con el drenaje principal, la cuál se destinó para el cultivo de maíz, yuca, plátano y cacao. La introducción del cacao se inició en 1978 con la siembra de 1.5 ha de cacao Matina, 2 ha de cacao "híbrido" (cruces interclonales de la colección de cacao del CATIE, Turrialba, Costa Rica) en 1979 y 1.8 ha de cacao "híbrido" en 1986. Una pequeña parte (0.4 ha) de la franja

colindante al drenaje contiene la casa y frutales, especialmente cítricos.

El ensayo se estableció en el cacaotal "híbrido" plantado en 1986. El cacao se sembró a 3.5 x 3.5 m bajo sombra de abacá (*Musa textilis*) que había surgido espontáneamente durante los períodos de barbecho. Debido a la irregularidad de este tipo de sombra se introdujo macano (*Diphysa robinoides*), plantado por estaca (traídas de Chiriquí, Panamá) y con espaciamiento irregular; el macano se plantaba en las áreas sin sombra de abacá. Con el mismo propósito se plantaron árboles de carao (*Cassia grandis*); semilla procedente de Gandoca, Talamanca, Costa Rica. Se pretendía eliminar paulatinamente el abacá y dejar sombra permanente de macano y carao.

2.2.2 Finca Aquilino Mojica

La finca tiene una extensión de 8 ha. El finquero llegó a esta propiedad en 1981. El terreno es bajo y plano con severos problemas de anegamiento. La vegetación original estaba representada por palma yolillo (*Raphia taedigera*), cedro bateo (*Carapa guianensis*) y bongo (*Ceiba pentandra*). Inicialmente, la finca tenía 25 ha, en 1981 el finquero drenó 8 ha para la producción de cacao y vendió el resto del área. En el área drenada, la vegetación original fue volteada y quemada, y el suelo cultivado con maíz (*Zea mays*), arroz y pimentón (*Capsicum annum*) antes de plantar cacao. Se plantaron 0.5 ha de cacao Matina en 1981, 0.5 ha para cultivos anuales, y las restantes 7 ha se plantaron con cacao "híbrido" entre 1983-1986.

El cacaotal donde se instaló el ensayo había sido establecido bajo la sombra de algunos árboles de guácimo colorado (*Luehea seemanii*), guácimo blanco (*Guazuma spp*), algunas palmas de yolillo, y guaba

plantada por el finquero. El cacao fue plantado a 3.5 x 3.5 m en 1986 y abandonado en 1989 debido a los bajos precios y rendimientos.

2.2.3 Finca Ernesto Marchena

El finquero llegó al terreno en 1972 y había únicamente bosque. La finca tiene una extensión de 22 ha: 10 ha se dedican a pasto, 7 ha a cacao, 2 ha para cultivos como guineos (*Musa spp*), plátanos (*Musa AAB*) y yuca (*Manihot esculenta*), y 3 ha de bosque. El cacao incluye una sección de cacao Matina (3 ha) plantada en 1982 y 4 ha de cacao "híbrido" plantado en 1986 (1 ha) y en 1987 (3 ha).

El cacao "híbrido" se estableció bajo sombra de algunos árboles remanentes del bosque original, plátanos y guineos, y frutales tales como cítricos y coco (*Cocos nucifera*), plantados por el finquero. Los árboles remanentes fueron reemplazados con guaba y ésta a su vez está siendo reemplazada por laureles, algunos plantados por el finquero, otros seleccionados de la regeneración natural. El cacaotal Matina fue abandonado en 1990 debido a los malos precios y bajos rendimientos. El cacaotal donde se estableció el ensayo fue plantado en 1986 a 3.5 x 3.5 m.

2.2.4 Finca Dionisio Villagra

El finquero llegó al terreno en 1980, fecha en la que solo había bosque. La finca tiene una extensión de 40 ha, de las cuales 20 ha se dedican a pastos, 14 ha a cacao y 6 ha a rastrojos, los cuales se utilizan para la producción de maíz, yuca, plátano y oteo (*Xanthosoma sagittifolium*) para autoconsumo y venta. El área de cacaotales contiene 9 ha de cacao Matina plantado en 1982 y 5 ha de cacao "híbrido" plantado en 1983 (4 ha) y en 1986 (1.0 ha).

En los terrenos actualmente plantados con cacao, la eliminación del bosque fue sucedida por la siembra de maíz y plátano.

El cacaotal donde se instaló el ensayo había sido establecido bajo sombra de algunos árboles remanentes del bosque original, laureles de regeneración natural, y guaba y varias especies de frutales (cítricos *Citrus spp*, aguacate, *Persea americana*, y mango, *Mangifera indica*) plantados por el finquero. En los sitios "más abiertos" se plantaron guineos y plátanos. El cacao fue plantado a 3.5 x 3.5 m en 1986.

2.2.5 Finca Mario Villagra

La finca tiene una extensión de 8 ha, de las cuales 2.5 ha se dedican a cacao y el resto (5.5 ha) a rastrojos para la producción de maíz, plátano y oteo. El finquero llegó al terreno en 1980, fecha en la que la finca tenía 4 ha en rastrojos (con algunos árboles remanentes del bosque original) y 4 ha en bosque. El cacao híbrido fue introducido en 1984, una parte bajo rastrojo (con poca o ninguna sombra) y el resto (1.5 ha) bajo bosque (1986), el cuál fue raleado ligeramente. El ensayo se ubicó en la sección de bosque raleado, con cacao plantado a 3.5 x 3.5 m.

2.3 EL ENSAYO

2.3.1 Fincas, bloques, tratamientos, parcelas

El ensayo está compuesto por cinco fincas y en cada una se estableció un bloque de cuatro parcelas o tratamientos (las especies de sombra introducidas); en Finca Carmelo Guerra, por la homogeneidad y área del cacaotal, se establecieron dos bloques. Cada parcela está compuesta por 36 árboles plantados a 7x7 m (1764 m²).

Los 16 árboles centrales constituyen la parcela útil³ (784 m²); los 20 árboles restantes constituyen el borde.

El espaciamiento de los árboles se seleccionó considerando:

- 1) experiencias en otras zonas (Turrialba, Costa Rica), donde se utiliza espaciamiento de 6 x 6 m para laurel (se quería mantener las densidades cerca de estas cifras para facilitar comparaciones),
- 2) mantener dentro de "límites razonables" el tamaño de las parcelas, para asegurar homogeneidad en los suelos, población de cacao, etc. entre tratamientos, y
- 3) que los cacaoteros estaban comúnmente plantados a 3.5 x 3.5 m. La escogencia de un múltiplo de este espaciamiento evita coincidencias entre el sitio de plantación de los árboles y el de los cacaoteros.

Los árboles se plantaron en fechas ligeramente diferentes entre sitios. Así, en Fincas Dionisio Villagra, Mario Villagra y Ernesto Marchena, los árboles de todas las especies se plantaron a finales de octubre de 1989. En Fincas Carmelo Guerra y Aquilino Mojica los árboles de laurel, roble y guaba se plantaron a principios de noviembre 1989; los árboles de terminalia se plantaron cinco meses más tarde (abril de 1990).

Se utilizó semilla de laurel procedencia Talamanca, Limón, Costa Rica (número de acceso 4431 del Banco Latinoamericano de Semillas

3 El "borde" y la "parcela útil" son conceptos utilizados en el diseño de experimentos. El borde es una zona de transición entre el exterior y el área central de la parcela. Esta área central, donde las condiciones son "típicas" del tratamiento, se denomina "parcela útil"

Forestales, BLSF, CATIE), roble procedencia Nicoya, Guanacaste, Costa Rica (BLSF 4443), terminalia procedencia CATIE (BLSF 4455), y guaba de la Finca del Sr. Lázaro Domínguez, Finca 2, Changuinola, Panamá. Resiembras de terminalia se hicieron con semilla procedencia La Marina, San Carlos, Costa Rica (BLSF 4096).

2.3.2 Variables y mediciones

Se tomaron las siguientes mediciones:

- 1) sobrevivencia (por árbol) en forma bimestral durante el primer año,
- 2) diámetro a la altura del pecho (dap), altura total (h) y diámetro de copa, en forma semestral durante los primeros dos años de edad y luego una vez por año,
- 3) forma del fuste, evaluada en forma anual, conjuntamente con las mediciones de crecimiento a partir del segundo año de edad,
- 4) salida de cada árbol por encima del dosel⁴ de cacao a los 2.5 y 4.5 años de edad,
- 5) registro de las labores de manejo aplicadas para asegurar el establecimiento de los árboles, y
- 6) estado del cacaotal a los 2.5 años de edad de los árboles.

El estado del cacaotal se caracterizó mediante conteos y mediciones de las dimensiones de los cacaoteros (diámetro del tronco

4 El dosel es una masa de hojas y ramas, agrupadas en forma de una "banda" de follaje, a cierta altura sobre el suelo. Por ejemplo, todas las copas de los cacaoteros de una plantación forman un dosel; las copas y ramas de los árboles de sombra forman otros doseles a mayor altura sobre el suelo

a 30 cm sobre el suelo, altura total, diámetro de copa) y de los árboles del dosel original de sombra (especie, dap, h). Algunos árboles habían sido eliminados al momento de establecer los ensayos, por lo que sus dimensiones fueron estimadas con base en mediciones de los tocones y de las listas de especies y mapas aproximados elaborados durante la descripción del sitio experimental. En algunos sitios, los cacaoteros de las parcelas fueron medidos un año después del establecimiento de los árboles. Los detalles del análisis de todos los datos se presentan en el Anexo 2.

3. LOS CACAOTALES A TRANSFORMAR Y EL MANEJO APLICADO

3.1 LOS CACAOTALES A TRANSFORMAR

En promedio, los cacaotales a transformar tenían un área basal⁵ total de unos 11 m²/ha, de las cuales 8 m²/ha (73%) provienen de los cacaoteros y 3 m²/ha del dosel original de sombra, el cual estaba pobremente desarrollado en la mayoría de los sitios (Cuadro 1).

El estrato de cacaoteros estaba mejor desarrollado en fincas de la llanura (Carmelo Guerra y Aquilino Mojica) que en las fincas de lomas (Ernesto Marchena, Dionisio Villagra y Mario Villagra). La composición botánica, el área basal del dosel original de sombra y de los cacaoteros, por parcela y sitio se presentan en Anexos 3-4.

Por la elevada densidad de los cacaoteros, la apertura del dosel del cacaotal, más que la eliminación del dosel original de sombra, constituye el principal impedimento para el establecimiento exitoso de los árboles introducidos. La excepción a este patrón lo constituye Finca Mario Villagra, la única que cabe dentro de la denominación de "bosque cacaotero" (SOMARRIBA y BEER, 1994). En las otras fincas, el dosel de sombra había sido "manipulado" activamente por los finqueros (plantando árboles de sombra, eliminando otros, introduciendo plátanos y frutales, etc.).

5 El área basal es una medida de la densidad de una plantación de árboles que se obtiene sumando las áreas seccionales de los troncos de todos los árboles en una parcela. Normalmente, se expresa en m²/ha

Cuadro 1. Promedio del área basal (m²/ha) de cacaoteros (CACAO) y árboles del dosel original de sombra (SOMBRA) por sitio, Changuinola, Panamá. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	CACAO	SOMBRA	TOTAL
1	9.2	2.0	11.2
2	9.2	4.2	13.4
3	9.8	1.1	10.9
4	7.3	0.8	8.1
5	6.2	3.6	9.8
6	8.5	6.0	14.5
PROMEDIO	8.4	3.0	11.4

Se registraron fuertes diferencias en la "densidad" de los cacaotales a transformar (cacaoteros y sombra original), tanto entre sitios como entre parcelas de una misma finca (Cuadro 1). Por ejemplo, a nivel de finca, los cacaotales más "ralos" se encontraron en Finca Ernesto Marchena (8 m²/ha) y los más "densos" en Finca Mario Villagra (15 m²/ha).

A nivel de especies, las variaciones fueron aún mayores (Anexo 4). Por ejemplo, terminalia fue introducida en cacaotales a plena exposición solar en Fincas Mario Villagra y Aquilino Mojica; la misma situación se encontró para laurel en Finca Dionisio Villagra. Guaba (Carmelo Guerra #2) y roble (Mario Villagra) se plantaron bajo las densidades más altas (17 m²/ha).

3.2 MANEJO

El manejo de estos ensayos puede visualizarse en tres componentes:

- 1) preparación del sitio (todas las labores hasta el momento de plantación),
- 2) manejo del cacaotal, y
- 3) manejo de los árboles introducidos.

Las labores en cada componente difieren mucho entre fincas, y en algunos casos entre especies, según las condiciones originales del cacaotal y las respuestas de las especies. Así, se espera que el número de eventos de control de malezas sea mayor en sitios con cacaotales "ralos" que en cacaotales "densos". A continuación se presenta una descripción general de las actividades de manejo. Los detalles (actividades y frecuencia) se presentan en el Anexo 5.

3.2.1 Preparación del sitio

Esta fase incluye:

- 1) Control de malezas, 20-30 días antes de plantar los árboles. El control puede incluir combinaciones de chapeas y aplicación de herbicidas de contacto (Gramoxone, 1.5 L/ha). La cobertura de la labor puede ser total o solamente en "parches", dependiendo del estado de la maleza.
- 2) Poda fuerte a los cacaoteros al momento de plantar los árboles, para "abrir" el dosel del cacaotal. Esta poda puede hacerse en las calles donde se plantan los nuevos árboles o en círculos inmediatamente encima del sitio de plantación. Cuando el cacaotal está muy abandonado y los cacaoteros muy desarrollados, las "calles" podrían ser mejores que los "círculos". En estos ensayos, "calles" se utilizaron en Finca Carmelo Guerra y "círculos" en los otros sitios.
- 3) Eliminación de una parte de la sombra original, especialmente en sitios donde ésta es muy densa. En la mayoría de los casos, se trata primero de eliminar plantas de sombra de porte bajo (ejemplo, abacá o guineos) y luego, paulatinamente, eliminar los árboles altos.
- 4) Rodaja (1 m de diámetro), huequea y plantación de los árboles, y
- 5) Aspersión preventiva a los árboles con una mezcla acuosa de fungicida (Benlate, 1.6 g/L y Kocide 101, 8 g/L), insecticida (Thiodan, 4 ml/L) y adherente. Se requieren

unos 8 L/ha de mezcla para asperjar 204 árboles/ha cuando son pequeños.

3.2.2 Manejo del cacaotal (cacaoteros y sombras originales)

Esta fase tiene una duración de 2-3 años dependiendo de las condiciones del cacaotal y del crecimiento de los árboles. Las actividades incluyen: control de maleza, podas de cacao (para permitir la entrada de luz a los árboles) y eliminación de la sombra original.

Control de malezas: Unos 5-7 eventos durante el primer año (cada dos meses aproximadamente), pudiendo combinar chapias con herbicida de contacto en las dosis descritas arriba. La frecuencia del control de malezas se reduce a 3-5 por año, durante el segundo año de edad y a 1-2 en el tercer año de edad.

Poda del cacao: En cacaotales "ralos" se requiere menos podas que en cacaotales "densos". Así, en Fincas Dionisio Villagra, Mario Villagra y Ernesto Marchena, se requirieron 2-3 podas durante el primer año, 1-4 en el segundo año y entre en 1-2 el tercer año. En fincas con cacaotales "densos" (Carmelo Guerra y Aquilino Mojica) el número de podas al cacaotal en el primer año varió entre 4-7 y tres en el segundo y tercer año. Además del cambio en la frecuencia/año, las podas son más ligeras y abarcan menor número de árboles a medida que pasa el tiempo. Cuando un árbol sobresale el dosel del cacaotal no se requiere de más podas en los cacaoteros vecinos.

Eliminación de sombra original: Los árboles de la sombra original se eliminan con mayor intensidad durante el primer año. Árboles grandes se anillan y envenenan con Tordón (2,4,5-T), usando una mezcla (1:1 volumen) de Tordón y aceite quemado como adherente.

3.2.3 Manejo de los árboles introducidos

Se incluye: resiembras, control de insectos (únicamente en laurel), podas y apuntalamiento.

Resiembras: El patrón de resiembras es muy variable, ya que depende del patrón de mortalidad. Con la excepción de laurel, las resiembras fueron hechas durante el primer año.

Control de insectos: El control del chinche del laurel (*Dyctyla monotropidia*) tuvo lugar principalmente durante el primer año de edad, con algunas diferencias entre fincas. Durante los primeros dos años se requirieron 1-5 aspersiones con una solución acuosa de Thiodan (4 ml/L) y Kocide 101 (8 g/L). Las aplicaciones se hicieron con bomba de espalda a razón de 8-16 L/ha de solución.

Poda de árboles: Se inician una vez que los árboles sobresalen el dosel del cacao (al final del primer año de edad) y se intensifican durante el segundo año de edad (Anexo 5). Son parciales (es decir, no afectan a todos los árboles), dependiendo de si un árbol determinado sobresalió el dosel del cacaotal.

Las podas en laurel y terminalia pretendían eliminar los verticilos inferiores para evitar el rompimiento de ramas al nivel del dosel del cacaotal. En roble, pretendían mejorar la calidad del fuste eliminando bifurcaciones. Los resultados de esta práctica en roble, no resultaron satisfactorios; se recomienda no realizar podas tempranas en esta especie. En el caso de guaba, pretendían elevar la copa y formar árboles de un solo fuste.

Apuntalamiento: Únicamente terminalia y roble en Finca Mario Villagra requirieron el uso de tutores para asegurar un fuste recto. En este sitio, los árboles de estas especies crecieron vigorosamente en

altura, con poca copa y tallos débiles durante el primer año de edad. Los árboles se agobiaban, ameritando el uso de tutores para dirigir el crecimiento apical. Este sitio tenía la mayor densidad de sombra original y esto parece ser la causa de este comportamiento.

4. RESULTADOS

La introducción de árboles maderables para transformar el estrato de sombra de un cacaotal establecido busca satisfacer dos objetivos:

- 1) proporcionar SOMBRA al cacao, y
- 2) producir MADERA.

Los resultados se presentan siguiendo estas consideraciones.

4.1. LA FORMACION DEL NUEVO DOSEL DE SOMBRA

El éxito de una especie para "tomar control" del dosel de sombra se puede medir en términos de la velocidad con que los árboles sobresalen del dosel de cacao (crecimiento en altura), del número de árboles que lo logran (sobrevivencia), y del grado de cobertura del suelo producido por la proyección de las copas (desarrollo de las copas).

4.1.1 Supervivencia

La mortalidad por finca (considerando todas las especies en el período octubre 1989 - marzo 1994) fue del orden del 17-26%, con excepción de Finca Aquilino Mojica, donde se registró un nivel de mortalidad del 47% (Cuadro 2). La elevada mortalidad del laurel en este sitio (producto del mal drenaje y de una severa inundación en agosto 1991) contribuye mucho a esta cifra. A nivel de especies, roble mostró la menor mortalidad en todos los sitios (3%); guaba y laurel la más alta (casi 40%), y terminalia 24% (Cuadro 2). Los detalles de mortalidades y resiembras por finca, especie y año se presentan en el Anexo 6.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad por sitio y especie, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	0	55	6	21	21
2	16	57	0	29	26
3	100	62	6	21	47
4	45	12	0	18	19
5	6	28	6	29	17
6	47	11	0	24	21
PROMEDIO	36	38	3	24	-

En el caso de laurel, los mayores niveles de mortalidad (45-100%) se registraron en sitios con mal drenaje o anegamiento (100% en Finca Aquilino Mojica) y en cacaotales muy "ralos" (45-47% en Fincas Ernesto Marchena y Dionisio Villagra, respectivamente). La incidencia y severidad de las infestaciones del chinche fueron excepcionalmente altas.

Las mayores tasas de mortalidad de guaba se registraron en cacaotales bien desarrollados y con mucha sombra a nivel del suelo (Fincas Carmelo Guerra y Aquilino Mojica). El elevado índice de mortalidad registrado en Finca Aquilino Mojica puede combinar la insensibilidad de la especie, tanto a sombra densa, como a mal drenaje y anegamiento (Cuadro 2).

Roble y terminalia no respondieron diferencialmente a las condiciones de sitio o del cacaotal. En el caso de terminalia, la mortalidad estuvo asociada a severos y recurrentes defoliaciones y anillamientos ocasionados por un complejo de hormigas herbívoras.

4.1.2. Salida encima del dosel del cacao (S)

El dosel del cacaotal fue sobresalido más rápidamente en Fincas Carmelo Guerra (bloque #1) y Finca Ernesto Marchena que en el resto de las fincas (Cuadro 3). En estos sitios, los árboles lograron un S⁶ de 50-53% a la edad de 1.5 años; los peores sitios (Finca Aquilino Mojica y Finca Mario Villagra) alcanzaron porcentajes de 18-20%.

A nivel de especies, terminalia ocupó el primer lugar en sobresalir el dosel del cacaotal (S = 54%) y guaba la peor con 16% (Cuadro 3). Laurel y roble mostraron valores intermedios entre estos extremos, con

6 El índice S representa el porcentaje de los árboles que sobresalieron el dosel del cacao al año y medio de edad.

S entre 35-36%. El detalle del porcentaje de árboles que sobresalieron el dosel del cacaotal a diferentes edades se presenta en el Anexo 7.

4.1.3 Cobertura de la proyección de copa (P)

El porcentaje global de cobertura P⁷ fue del 56% (Cuadro 4). No se detectaron fuertes diferencias entre sitios, ya que los valores se ubicaron dentro del intervalo 51 - 61%. Las diferencias más fuertes se observaron entre especies (33-70%); terminalia registró el valor más elevado y laurel el más bajo. Guaba y roble registraron cifras intermedias y similares entre sí, del orden de 56-62%.

A nivel de especie, el valor de P varió ampliamente entre sitios. El rango de P fue de 40% en guaba, terminalia y roble. Laurel constituyó la excepción, con un rango de apenas el 22% (Cuadro 4). Considerando que laurel presentó el menor nivel de cobertura, este rango de variación lleva a concluir que esta especie respondió pobremente en todos los sitios. El detalle de P por sitio, especie y edad se presenta en el Anexo 8.

7 El índice P da una idea del porcentaje del terreno cubierto por las copas a los 4 años de edad. Se calcula sumando el área de la proyección de las copas de todos los árboles de una parcela, a los cuatro años de edad, y expresando esta suma como porcentaje del área total de la parcela.

Cuadro 3. Porcentaje de árboles que sobresalieron el dosel de cacao a la edad de 1.5 años, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	75	0	63	73	53
2	50	13	19	63	36
3	44	0	0	35	20
4	13	44	56	87	50
5	7	31	63	31	33
6	20	6	13	33	18
PROMEDIO	35	16	36	54	35

Cuadro 4. Porcentaje de cobertura del suelo bajo árboles de 4 años de edad introducidos en seis cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	44	49	76	74	61
2	43	41	71	50	51
3	-	75	32	72	60
4	26	68	46	90	57
5	21	82	67	57	54
6	33	59	46	77	58
PROMEDIO	33	62	56	70	56

4.2 CRECIMIENTO MADERABLE

4.2.1 Crecimiento diamétrico (dap)

A los 4.4 años de edad, terminalia creció mejor en dap (19 cm) que las demás especies. Laurel y roble no fueron diferentes entre sí (16 cm), y guaba (14 cm) creció menos que las demás (Cuadro 5).

El crecimiento en dap fue mayor en Finca Carmelo Guerra (18-19 cm) que en los otros sitios (15-16 cm) (Cuadro 5). Excluyendo al laurel en Finca Aquilino Mojica, el dap de las especies fue mayor en zonas planas (17 cm) que en lomas (15 cm). En el Anexo 9 se presenta el detalle por especie, sitio y edad.

4.2.2 Altura total (h)

Terminalia mostró el mejor crecimiento en altura total en todos los sitios (17 m); roble y guaba con solo 10-11 m mostraron los peores crecimientos (Cuadro 6). No se detectaron diferencias entre fincas, ni entre zonas planas y lomas en el crecimiento en altura (Anexo 9).

4.2.3 Area basal y volumen total

A los 4.4 años de edad terminalia presentó mayor área basal (5 m²/ha) que las otras especies (2.8-4.5 m²/ha). El buen crecimiento en dap de roble, aunado a su elevada sobrevivencia, permiten obtener valores de área basal mayores que laurel y muy cercanos a lo observado para terminalia (4.5 vs 5.4 m²/ha). Los mejores crecimientos se registraron en Finca Carmelo Guerra (Cuadro 7). En términos del volumen total, terminalia produjo 35 m³/ha a los 4.4 años; debido a que el crecimiento en altura de laurel es mayor que roble, ambas especies produjeron volúmenes totales similares (19-21 m³/ha). Los mejores crecimientos se registraron en Finca Carmelo Guerra (Cuadro 8).

Cuadro 5. Dap promedio (cm) por especie y sitio (edad = 4.4 años).
 LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*,
 ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia*
ivorensis. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino
 Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra,
 #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	18.6	14.3	21.0	20.9	18.7
2	19.1	12.9	19.7	18.2	17.5
3	-	15.0	13.2	19.2	15.8
4	14.4	14.6	13.2	21.7	16.0
5	12.9	14.6	16.8	15.7	15.0
6	14.4	12.4	14.0	18.6	14.9
PROMEDIO	15.9	14.0	16.3	19.0	16.3

Cuadro 6. Altura total promedio (m) por especie y sitio, Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	14.8	11.2	11.1	15.9	13.3
2	14.5	10.9	11.2	15.4	13.0
3	-	8.2	8.8	14.5	10.5
4	12.7	12.2	9.0	19.3	13.3
5	10.6	10.1	9.2	16.5	11.6
6	14.8	10.4	9.7	18.0	13.2
PROMEDIO	13.5	10.5	9.8	16.6	12.5

Cuadro 7. Area basal (m²/ha) por especie y sitio, Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	5.8	2.3	7.4	6.3	5.5
2	5.8	1.9	6.3	4.7	4.7
3	-	3.1	2.9	5.4	3.8
4	2.1	3.3	2.9	7.2	3.9
5	2.2	3.7	4.6	3.4	3.5
6	3.0	2.2	3.0	5.3	3.4
PROMEDIO	3.8	2.8	4.5	5.4	4.1

4.3 EL ÉXITO DE LA SUBSTITUCIÓN DE SOMBRA

El éxito de la substitución de sombra varió ampliamente entre especies y sitios (Anexo 10). Sin embargo, los resultados indican que en la mayoría de los casos ($19/24 = 79\%$, en Anexo 10) terminalia fue la especie más exitosa y guaba la peor (50% de los casos); laurel fue la segunda peor especie (42% de los casos).

Aparte de terminalia, que respondió bien en lomas y en la planicie, las especies respondieron bien o mal dependiendo del sitio. Así, laurel fue tan buena o mejor que terminalia en Finca Carmelo Guerra #2, pero fue siempre la peor en Finca Dionisio Villagra. En este último sitio, roble, y no terminalia, fue siempre la mejor. Sin embargo, roble y laurel fueron las peores en Finca Aquilino Mojica. Estos resultados indican que laurel responde bien en sitios con buenos suelos (llanura), pero sin problemas de drenaje (Finca Aquilino Mojica). Roble, a pesar de su mencionada tolerancia a sitios mal drenados, no respondió bien en Finca Aquilino Mojica, pero lo hizo muy bien en un sitio de loma, con muy poca sombra (Finca Dionisio Villagra).

Sumando los puntajes de éxito de cada especie en todos los sitios, se obtiene una estimación global del éxito a nivel de especie en cada preferencia (Cuadro 9). Los resultados muestran claramente que terminalia fue la mejor especie en todas las preferencias y roble la segunda; guaba ocupó siempre el último lugar.

Sumando los puntajes de éxito de todas las especies en un mismo sitio, se obtiene una estimación global de éxito a nivel de sitio en cada preferencia (Cuadro 10).

Los resultados muestran que el éxito de la substitución de sombra decreció en el siguiente orden:

- 1) Finca Carmelo Guerra #1,
- 2) Finca Ernesto Marchena,
- 3) Finca Carmelo Guerra #2,
- 4) Finca Dionisio Villagra,
- 5) Finca Mario Villagra, y
- 6) Finca Aquilino Mojica.

Cuadro 8. Volumen total (m³/ha) por especie y sitio Changuinola, Panamá (edad = 4.4 años). LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

SITIO	LAUREL	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	34.5	32.9	36.5	34.6
2	33.7	28.3	26.5	29.5
3	-	10.3	28.5	19.4
4	10.8	10.4	55.4	25.5
5	9.3	17.1	22.5	16.3
6	17.9	11.7	38.0	22.5
PROMEDIO	21.2	18.5	34.6	24.6

Cuadro 9. Exito de especies arbóreas introducidas para substituir la sombra original de cacaotales establecidos, bajo diferentes preferencias del finquero. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

PREFERENCIA	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
INDIFERENTE	39	31	48	68
BARATO	33	25	40	56
CACAO	32	29	41	58
MADERA	32	23	39	56

Cuadro 10. Exito del proceso de substitución de sombra por sitio bajo diferentes preferencias (P1-P4) del finquero. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra. P1 = INDIFERENTE, P2 = BARATO, P3 = CACAO, P4 = MADERA.

SITIO	P1	P2	P3	P4
1	40	34	34	33
2	33	27	28	27
3	21	17	19	17
4	34	29	29	27
5	30	25	26	24
6	28	23	25	23

5. DISCUSION

El cacao (*Theobroma cacao*) se cultiva comúnmente bajo bosques raleados (CABALA et al., 1987; HERRERA et al., 1987; NAIR, 1983; WOOD and LASS, 1987), los cuales permiten poco margen para manejar la sombra de acuerdo a las necesidades del cultivo (ALVIM, 1977; WOOD and LASS, 1987). Al igual que otros cultivos de sombra (café, té), la intensificación de la agricultura del cacao debe incluir un cambio en el manejo (normalmente, una reducción) de la sombra (CABALA et al., 1987; ENRIQUEZ, 1985). Los esquemas más intensivos postulan reducir considerablemente el nivel de sombra, reemplazando el bosque original por árboles (normalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno) de porte más bajo y tolerantes a podas; los nuevos árboles se visualizan como árboles de servicio (BEER, 1987; BUDOWSKI et al., 1984).

En épocas de malos precios o bajos rendimientos por enfermedades, la idea de intensificar la producción de cacao mediante la introducción de árboles de servicio puede resultar poco atractiva para muchos finqueros. En estos escenarios, la sustitución de la sombra original por una sombra regulada, con especies maderables valiosas y de crecimiento rápido puede ser más atractiva para el finquero que la intensificación del monocultivo (MUSSACK and LAARMAN, 1989; SOMARRIBA y BEER, 1994).

No fue posible localizar estudios detallados de la sustitución de sombra en otros cacaotales que permitieran una comparación contra los resultados de este estudio. En publicaciones sobre la renovación de cacaotales (ADEGBOLA, 1988; ARE, 1970; CHALMERS, 1971; CUELLO et al., 1981; DECAZY et al., 1987), únicamente se mencionan

los pasos requeridos para renovar la sombra original, sin entrar en detalle sobre la evolución detallada del proceso.

Por otro lado, en los ensayos descritos en este documento, no se evalúan los efectos de la sustitución de sombra sobre el comportamiento productivo del cacaotal. Esto impide comparar resultados de este estudio con publicaciones relacionadas con la producción cacaotera bajo diferentes especies de sombra permanente. Por las dos razones expuestas, esta discusión se limita a comparar el crecimiento y sobrevivencia medidos en las especies maderables de estos ensayos, con lo conocido en la literatura sobre estas especies.

Terminalia fue la especie más exitosa para substituir la sombra original de cacaotales establecidos. Sin embargo, a pesar que en su región de origen (costa tropical oeste de Africa) no se reportan problemas severos de plagas o enfermedades (Lamb and Ntima, 1971), y aunque en los sitios experimentales aún no se han presentado problemas de mortalidad, otras experiencias en Talamanca y Bocas del Toro han mostrado que esta especie muere masivamente por problemas de hongos del suelo (Arguedas, 1993).

Los ataques de hormigas constituyeron la fuente de mortalidad más importante para esta especie en estos ensayos. Observaciones personales en otras reforestaciones con terminalia en Talamanca y Bocas del Toro muestran que los ataques de (un complejo de varias especies de) hormigas durante el primer año de edad de los árboles constituyen un problema de manejo para esta especie en la zona.

Terminalia es una especie pionera, exigente de luz y de muy rápido crecimiento (LAMB and NTIMA, 1971). Incrementos de 7.5 cm/año y 4.5 m/año, dap y altura total, en sitios buenos a los cuatro años de edad son relativamente comunes (PARRY, 1956). A edades mayores

(por ejemplo, hasta 15 años) los incrementos son del orden de 2-3 cm/año y 1.5-3.0 m/año, dap y altura total, respectivamente (HORNE, 1953; McGREGOR, 1934, citados en LAMB and NTIMA, 1971). Plantaciones en líneas de terminalia en Talamanca y Bocas del Toro registraron incrementos medios de 4.7 cm/año y 3.7 m/año, dap y altura total a los 6 años, respectivamente (KAPP et al., 1994). Los incrementos encontrados en este estudio (4.3 cm/año y 3.8 m/año) corresponden a crecimientos en sitios buenos.

Roble fue la segunda mejor especie gracias a su elevada tasa de sobrevivencia aún en terrenos mal drenados o con problemas de anegamiento y a un notable crecimiento diamétrico (3.6 cm/año). Otros estudios en la región Atlántica de Costa Rica han confirmado la elevada sobrevivencia (98%) de esta especie (ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990). En zonas extremadamente lluviosas de Colombia (>7000 mm/año) y con suelos mal drenados, la sobrevivencia del roble ha sido reportada en 66-97 %, pero con mortalidades cercanas al 100 % en suelos de colinas extremadamente ácidos y meteorizados (CAYCEDO, 1988; VARGAS y KLOP, 1988; VEGA y VARGAS, 1989).

Los crecimientos reportados para roble son menores que los registrados en estos ensayos. Así, en la zona Atlántica de Costa Rica y en sitios muy lluviosos de Colombia, se han reportado cifras de crecimiento de 1.5 cm/año y 1.7 m/año, en dap y altura total, respectivamente, a los 3-4 años de edad (CAYCEDO, 1988; ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990; VEGA y VARGAS, 1989). Otros estudios en Colombia reportan crecimientos de 1.7-3.0 cm/año y 1.5-2.6 m/año durante los primeros cinco años (CAYCEDO y POEL, 1988; VALLE, 1985; VARGAS y KLOP, 1987).

La única posible restricción del roble se refiere al manejo de la forma del fuste, por su tendencia a bifurcar a baja altura. Sin embargo, otros estudios indican que la forma del fuste en roble es buena, desde una perspectiva silvicultural (ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990). Se ha sugerido (IRENA, 1992) que el roble tiene capacidad de autopoda y que no hay certidumbre de la necesidad (o conveniencia) de practicar podas. Por otro lado, estudios de la variabilidad natural de la arquitectura del árbol en diferentes ambientes (LUJAN y SOMARRIBA, 1993) sugieren que con manejo adecuado, la "mala" forma del roble se puede mejorar substancialmente (CAYCEDO y POEL, 1988).

A pesar de que el laurel es un componente importante en los cacaotales de la zona, en estos ensayos se mostró como una de las peores especies para la substitución de sombra, debido a su elevada mortalidad (36%). Estos resultados son coincidentes con datos de mortalidad de laurel en plantaciones en líneas en zonas mal drenadas (55% de mortalidad, ver LUJAN y CAMACHO, 1994) o en bloques en suelos compactados y potreros degradados (59%, ver ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990). En ambas fuentes bibliográficas, laurel mostró las más altas tasas de mortalidad. A nivel de Costa Rica se han reportado tasas promedio de mortalidad para laurel de 33% (BOSHIER, 1984; MARTINEZ, 1981). En Colombia, por el contrario, en zonas excesivamente lluviosas y con problemas de drenaje, la sobrevivencia del laurel fue superior al 70% (CAYCEDO, 1988; VARGAS y KLOP, 1988; CAYCEDO y POEL, 1988). En sitios fértiles con buen drenaje, la sobrevivencia de laurel es muy buena (LUCAS et al., 1994; SOMARRIBA y DOMINGUEZ, 1994)

Severos problemas de mortalidad también se observaron en cacaotales muy "abiertos", con casi plena exposición solar; en estos

sitios los ataques de *Dyctyla monotropidia* fueron particularmente severos, aunque se puede concluir que la mortalidad observada se debió a estos ataques. La literatura general sobre laurel no reporta este insecto como una plaga de importancia (GREAVES and McCARTER, 1990). Sin embargo, la creciente utilización del laurel en programas masivos de reforestación en Costa Rica (MIRENEM, 1987) ha mostrado que la severidad de los ataques de chinche puede ser causa importante de mortalidad durante el primer año de edad de los árboles (GONZALEZ et al., 1990).

Laurel respondió bien en cacaotales ligeramente sombreados. Otros estudios han sugerido que esta especie crece bien bajo una sombra ligera, razón por la que ha sido utilizada con éxito en líneas de enriquecimiento en bosques degradados (MARRERO, 1950; MARSHAL, 1930; NEIL, 1984; PUERTO RICO, 1951, 1953; VEGA, 1977; WADSWORTH, 1948). La especie ha sido utilizada con éxito en la conversión de cacaotales viejos a plantaciones forestales puras (TRINIDAD and TOBAGO, 1955, 1959 citados en GREAVES and McCARTER, 1990).

Los crecimientos registrados para el laurel en estos ensayos (incrementos medios a los 4.4 años de edad de 3.6 cm/año y 3.2 m/año, dap y altura total, respectivamente.) son comparables con los reportados en la literatura en sitios buenos. Crecimientos, durante los primeros 6-10 años de edad, de > 2 cm/año y 2 m/año, en dap y altura total respectivamente, son comunes (GREAVES and McCARTER, 1990; HUDSON, 1984; KAPP et al., 1994; LUCAS et al., 1994; LUJAN y CAMACHO, 1994; SALAS y VALENCIA, 1979; SOMARRIBA y BEER, 1986; VARGAS y KLOP, 1988). En sitios excepcionalmente buenos y en asociación con plátano y cacao, los incrementos del laurel

en los primeros cuatro años de edad pueden llegar a 6-7 cm/año y 4 m/año, para dap y altura (SOMARRIBA y DOMINGUEZ, 1994). En sitios malos (e.g. potreros con suelos compactados o mal drenados) los crecimientos son del orden de 1.5 cm/año o menos en dap, y 1.7 m/año en altura (CAMACHO, 1981; ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990; SOMARRIBA y BEER, 1986).

Los árboles de guaba mostraron altas tasas de desarrollo de copas (6.2 m a los 4 años de edad, lo que equivale a 1.55 m/año). Este crecimiento es menor al observado en cacaotales nuevos donde los árboles de guaba se introducen como sombra desde el inicio de la plantación (SOMARRIBA et al., 1994b). En esas condiciones se han registrado crecimientos de copa del orden de 5.8 m de diámetro de copa a los 2 años de edad, lo que equivale a un incremento medio de 2.9 m/año. En suelos más arcillosos, a elevaciones de 280 m, y en cacaotales nuevos, los árboles de guaba alcanzaron diámetros de copa de 4.9 m a los 3 años de edad, es decir, 1.63 m/año (SOMARRIBA et al., 1994a). Estudios en la Amazonia Peruana, muestran que guaba a 5 x 5 m, en sistemas agroforestales mixtos, proveen 45 y 85% de cobertura a los 1.5 años de edad, en suelos con 7 y 17% de arcilla, respectivamente (AREVALO et al., 1993). Los diámetros de copa se estiman en 3.8 y 5.3 m, a los 1.5 años, respectivamente, lo que equivale a incrementos de 2.5 y 3.5 m/año.

En términos de dap, los árboles de guaba en este estudio, alcanzaron 14 cm a los 4.4 años de edad, lo que equivale a un incremento medio de 3.5 cm/año. En cacaotales nuevos, el crecimiento en dap permite alcanzar dimensiones de 18 cm a los 4.3 años de edad, lo que equivale 4.2 cm/año (SOMARRIBA et al., 1994b). En suelos más arcillosos y a elevaciones de 280 m, se han reportado

(SOMARRIBA et al., 1994a) 19 cm de dap a los 5 años de edad, lo que equivale a 3.8 cm/año. En sistemas agroforestales mixtos en el amazonas, se citan crecimientos del orden de 21 cm a los 5 años de edad, en suelos con 7 o 17 % de contenido de arcilla. Con estas cifras, los incrementos medios son del orden de 4 cm/año (AREVALO et al., 1993).

En este estudio se registraron alturas promedios de 11 m a los 4.4 años de edad , es decir, incrementos medios de 2.75 m/año. En cacaotales nuevos, se han indicado alturas totales de 8.3 m a los 3 años de edad, es decir, 2.8 m/año (SOMARRIBA et al., 1994a), y de 9.3 m a los 2.4 años de edad, es decir, incrementos medios de 3.9 m/año (SOMARRIBA et al., 1994b). En sistemas agroforestales mixtos en la Amazonia Peruana, los árboles de guaba alcanzaron los 9 m de altura total a los 3 años de edad (3 m/año), sin cambios fuertes en la altura total entre los 3 y 5 años de edad (AREVALO et al., 1993).

La rápida cobertura del suelo, los adecuados niveles de sobrevivencia y crecimiento, la producción de frutos y leña proporcionados por guaba, podrían parcialmente explicar la generalizada utilización de esta especie como sombra en cacao y café (CATIE, 1992; HERRERA et al., 1987; LAWRENCE, 1994; LEON, 1966).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los cacaotales (cacaoteros y sombra original) de este estudio variaron ampliamente en su "densidad" tanto dentro como entre fincas. Sin embargo, la mayoría contaba con un estrato de sombra deficiente (inexistente en ciertos casos). En cacaotales de este tipo, la "densidad" del cacao y no de la sombra original constituye el principal obstáculo para el establecimiento de los nuevos árboles de sombra.

Podas de cacaoteros, constantes y fuertes, son necesarias durante los primeros dos años para abrir el dosel del cacao y asegurar el establecimiento de los árboles. Este manejo puede representar la mayoría de los costos del proceso de sustitución de sombra. La poda debe realizarse en forma localizada, para abrir el dosel únicamente en el vecindario inmediato de cada árbol introducido. Además, es necesario conciliar el calendario de podas para "abrir dosel" con el calendario de podas regularmente aplicadas al cacaotal como parte de su manejo (por ejemplo, las podas aplicadas después de los dos períodos de cosecha de cacao).

2. El control de malezas debe realizarse principalmente por medio de rodajas y no chapias (o aplicaciones de herbicida) generales. Esto permitirá bajar costos. Los controles generales de malezas, aplicados antes de los períodos de cosecha del cacao como parte regular de su

manejo, también beneficiarán el establecimiento y crecimiento de los árboles.

3. En estos ensayos se aplicaron insecticidas de contacto en forma esporádica e irregular para el control del chinche del laurel. Sin embargo, dado que se desconoce la efectividad del control químico, la periodicidad de aplicaciones requerida, el nivel crítico de infestación que requeriría tomar medidas de control, y los efectos reales de la infestación del chinche sobre la mortalidad y crecimiento de los laureles, todavía no se puede recomendar la aplicación de medidas de control químico. Esto permitirá reducir costos. Observaciones personales en otras reforestaciones con laurel en Talamanca y Bocas del Toro indican que los niveles de mortalidad observados son "normales" y comparables con los de otras especies que no sufren ataques de esta plaga.
4. Guaba fue la peor especie para substituir sombra en cacaotales establecidos. Su crecimiento y sobrevivencia fueron particularmente pobres en cacaotales "densos", por lo que se recomienda utilizar guaba únicamente en sitios muy abiertos o a plena exposición solar.
5. Terminalia y laurel recibieron podas de ramas bajas a pesar de que estas especies tienen autopoda. Se recomienda no realizar podas de ningún tipo en estas especies. Esto permitirá reducir costos, sin menoscabo de la calidad maderable de los árboles. Las podas de formación de guaba son inevitables.

6. Los árboles de roble fueron podados para eliminar bifurcaciones. Los resultados de esta práctica resultaron desalentadores, por lo que se recomienda dejar los árboles a libre crecimiento y practicar podas ascendentes en forma tardía (por ejemplo, a partir del 4-5 año de edad), una vez que los árboles han desarrollado 3-4 "pisos" de ramas.
7. No es recomendable plantar laurel en sitios mal drenados, especialmente si existe riesgo de inundación porque muere masivamente después de 1-2 días de anegamiento. En cacaotales muy "abiertos" es de esperar ataques severos de chinche, y posiblemente, aumentos en la mortalidad de los árboles. Se recomienda utilizar laurel en cacaotales ligeramente sombreados.
8. Desde el punto de vista de "sombra" para el cacao, roble, laurel y terminalia pueden presentar limitaciones dado que pierden la totalidad del follaje durante la época seca, período en que el cacao requiere más sombra. Se necesita más información sobre la fenología de estas especies, especialmente en lo referente a la caída y brotación del follaje, intensidad, cronología en relación al patrón climático local y a la ritmicidad del cacao. Esta información es vital para valorar la idoneidad de estas especies como "sombra" para el cacao.

9. De acuerdo a los resultados de este estudio, *terminalia* fue la mejor especie para la sustitución de sombra de cacaotales establecidos. Sin embargo, la notoria mortalidad observada en otras reforestaciones en la zona impiden recomendar ampliamente su utilización como especie para reforestación o como sombra en cacaotales.

Agradecimientos

El apoyo técnico y financiero fue proporcionado por el CATIE y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH). Se agradece el apoyo de los finqueros colaboradores: Carmelo Guerra, Aquilino Mojica, Mario Villagra, Dionisio Villagra y Ernesto Marchena. Maxel Pittí y otros asistentes del Proyecto CATIE/GTZ establecieron y manejaron los ensayos. John Beer y Wilbert Phillips revisaron el manuscrito.

7. LITERATURA CITADA

- ADEGBOLA, MOK (1988) Performance of young cocoa trees grown under the shade of virus-infected cacao. 10. International Cocoa Research Conference. Procc. Hertford, United Kingdom. pp. 77-81.
- ALVIM, P de T (1977) Cacao. En: Alvim, P de T and Kozlowski, TT. Eds. Ecophysiology of tropical crops. Academic Press, New York, USA. pp. 279-310.
- ARE, LA (1970) Rehabilitation of cocoa farms. Cocoa Growers Bulletin 14:23-27.
- AREVALO, LA; SZOTT, LT Y PEREZ, JM (1993) El pijuayo como componente de un sistema agroforestal. En: IV Congreso Internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo, J Mora Urpí, LT Szott, M Murillo y VM Patiño, editores. EUNED, San José, Costa Rica. pp. 267-286.
- ARGUEDAS, M (1993) Diagnóstico y recomendaciones de manejo de problemas fitosanitarios en especies forestales del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Informe de consultoría. ITCR, Fundación Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 44 p. (mimeo).
- BEER, J (1987) Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao, and tea. Agroforestry Systems 5(1):3-13.

- BOSHIER, D (1984) The international provenance trial of *Cordia alliodora* (R&P) Oken in Costa Rica. IUFRO, Actas, Mutare, Zimbabwe. 26 p.
- BUDOWSKI, R; KASS, DCL and RUSSO, RO (1984) Leguminous trees for shade. Edición especial, Pesquisa Agropecuaria Brasileira 19:205-222.
- CABALA, P; SANTANA, M y CADIMA, A (1987) Associations between cacao (*Theobroma cacao*) and shade trees in Southern Bahía, Brazil. In: Advances in agroforestry research, JW BEER, HW, FASSBENDER and J HEUVELDOP, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 137-154.
- CAMACHO, P (1981) Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. ITCR/DGF, Cartago, Costa Rica. 287 p.
- CATIE (1992) Informe final: Proyecto árboles fijadores de nitrógeno (3p-89-0113) CATIE-CIID. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (mimeo).
- CAYCEDO, H (1988) Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la región de Lloró-carretera interamericana, Chocó, Colombia. Serie Técnica #29, Bogotá, Colombia. 31 p.
- CAYCEDO, H y POEL, P van der (1988) Comportamiento de 11 especies forestales en diferentes unidades fisiográficas de la región de Bojaya, Chocó, Colombia. Serie Técnica #27, CONIF, Bogotá, Colombia. 35 p.

- CHALMERS, WS (1971) Dual purpose shade trees for cocoa. 3. International Cocoa Research Conference. Procc. Tafo, Ghana, Africa. pp. 359-361.
- CUELLO, JA; DOMINGUEZ, MA y RODRIGUEZ, R (1981) Situación del cultivo del cacao en la República Dominicana. VII International Cocoa Research Conference. Procc. Lagos, Nigeria. pp. 685-689.
- DECAZY, B; DELSOL, E; PAULIN, D and COULIBALY, N (1987) La regeneración de un viejo cacaotal mediante el sistema de setos frutales. 10. International Cocoa Research Conference. Procc. Londres, Reino Unido. pp. 165.
- ENRIQUEZ, GA (1985) Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE, Serie Materiales de Enseñanza # 22, Turrialba, Costa Rica. 238 p.
- ESPINOZA, M y BUTTERFIELD, R (1990) Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. In: Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. R. Salazar, editor. Actas Reunión IUFRO. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 159-172.
- GONZALEZ, E; BUTTERFIELD, R; SEGLEAU, J y ESPINOZA, M. Editores. (1990) Primer encuentro regional sobre especies forestales nativas de la zona norte y Atlántica. Memoria. OET/DGF/ITCR, Cartago, Costa Rica. 33 p.
- GOULDEN, CH (1952) Methods of statistical analysis. 2 ed., John Wiley & Son, New York, USA.

- GREAVES, A and McCARTER, PS (1990) *Cordia alliodora*: a promising tree for tropical agroforestry. Tropical Forestry Papers #22, Oxford Forestry Institute, Oxford, England. 37 p.
- HERNANDEZ, I y PLATEN, H von (1994) Maderables para la sustitución de sombra de cacaotales establecidos. Costos de establecimiento. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico, Turrialba, Costa Rica. En prensa.
- HERRERA, R et al (1987) Coffee and cacao plantations under shade trees in Venezuela. In: Advances in agroforestry research, JW BEER, HW, FASSBENDER and J HEUVELDOP, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 173-181.
- HORNE, JEM (1953) Growth rates in the timber plantations of Western Nigeria. Nigerian Forestry Department, Information Bulletin #12, Ibadan, Nigeria.
- HUDSON, JM (1984) A note on *Cordia alliodora* in Vanuatu. Commonwealth Forestry Review 63(3):181-183.
- IRENA (1992) Roble / macuelizo. Nota Técnica #14, Servicio Forestal Nacional, IRENA, Managua, Nicaragua. 6 p.
- KAPP, GB; BEER, J and LUJAN, R (1994) Timber tree planting trials on farm boundaries in the Atlantic lowlands of Costa Rica and Panamá. Part 1. Tree growth and survival. Sometido para publicación en Agroforestry Systems.
- LAMB, AFA and NTIMA, OO Comp. (1971) *Terminalia ivorensis*. Fast growing timber trees of the lowland tropics, #5. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, England. 71 p.

- LAWRENCE, A (1994) Farmer knowledge and use of Inga. En: Workshop on Nitrogen Fixing Trees fo Acid Soils, L. Szott, editor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (en prensa).
- LEON, J (1966) Central American and West Indian species of Inga. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 53(3):265-369.
- LUCAS, C; BEER, J y KAPP, G (1994) Evaluación de dos sistemas agrosilviculturales permanentes vs. reforestación pura en Talamanca, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. En prensa.
- LUJAN, R y CAMACHO, A (1994) Manejo y crecimiento de linderos. Serie Técnica, Informe Técnico #224, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 94 p.
- LUJAN, R y SOMARRIBA, E (1993) Evaluación y manejo de formas de roble de sabana (*Tabebuia rosea* (Bertol.) D.C.) en sistemas agroforestales y bloques puros. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (mimeo).
- MARRERO, J (1950) Results of forest planting in the insular forests of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 11(3):107-147.
- MARSHAL, RC (1930) Notes on the silviculture of the more important trees of Trinidad and Tobago with information on the formation of wood. Forest Department, Port of Spain, Trinidad. 50 p.
- MARTINEZ, H (1981) Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sci., CATIE/UCR, Turrialba, Costa Rica. 172 p.

- McGREGOR, WD (1934) Silviculture of the mixed deciduous forests of Nigeria. Oxford Forestry Memories #18, Oxford, England.
- MIRENEM (1987) Boletín estadístico #2, Dirección General Forestal, Departamento de Planificación. San José, Costa Rica. 94 p.
- MOREIRA-WACHTEL, S (1992) Introducción de maderables en cacaotales establecidos: una alternativa agroforestal. En: II Congreso Forestal Nacional, San Jose, Costa Rica.
- MOREIRA-WACHTEL, S (1993) Die einbringung von nutzhholzbaumarten in bestehende kakaopflanzungen unter biologischen, ökologischen, sozio-kulturellen und ökonomischen aspekten - dargestellt an Beispielen im Nordwesten Panamas-. Tesis Diplomado, Universidad de Freiburg, Alemania.
- MUSSACK, M and LAARMAN, JG (1989) Farmers' production of timber trees in the cacao-coffee region of coastal Ecuador. Agroforestry Systems 9(2):155-170.
- NAIR, PKR (1983) Agroforestry with coconuts and other tropical plantation crops. In: Plant research and agroforestry, PA HUXLEY, editor. ICRAF, Nairobi, Kenya. pp. 79-102.
- NEIL, PE (1984) Cordia alliodora in Vanuatu: a position paper. Forest Research Report # 1/84, Forest Service, Vanuatu. 11 p.
- NIEUWENHUYSE, A (1994) Los suelos de los sitios experimentales del Proyecto CATIE/GTZ, Cantón Talamanca, Costa Rica y Distrito de Changuinola, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 136 p. (mimeo).

- PARRY, MS (1956) Tree planting practices in tropical Africa. FAO Forestry Division, Paper #8, Rome, Italy.
- PUERTO RICO (1951) Underplanting of Casuarina stands shows promise. Caribbean Forester 12(1): 14.
- PUERTO RICO (1953) Casuarina stands provide good environment for underplanting. Caribbean Forester 14(1/2): 21-22.
- SALAS, G de las y VALENCIA, J (1979) Notas sobre la reforestación con *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken en dos zonas tropicales de bajura: Tumaco y Carare-Opón, Colombia. Serie Técnica #10, CONIF, Bogotá, Colombia. 34 p.
- SOMARRIBA, E y BEER, J (1986) Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Serie Técnica, Informe Técnico # 16, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 23p.
- SOMARRIBA, E y BEER, J (1994) Maderables como alternativa para la sustitución de sombra de cacaotales establecidos: El concepto. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 238, Turrialba, Costa Rica. 30 p.
- SOMARRIBA, E y DOMINGUEZ, L (1994) Cacao-plátano-laurel: producción agrícola y crecimiento maderable. Serie Técnica, Informe Técnico #233, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p.
- SOMARRIBA, E; DOMINGUEZ, L Y LUCAS, C (1994a) Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: manejo, crecimiento y producción. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico, en prensa.

- SOMARRIBA, E; MELENDEZ, L; CAMPOS, W Y LUCAS, C (1994b)
Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo,
Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción.
CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico, en prensa.
- TOSI, JA (1971) Zonas de vida de Panamá. Informe #2, FAO, Roma,
Italia.
- TRINIDAD and TOBAGO (1955) Proposals to convert former cocoa
plantations into timber plantations. Annual Report 1954,
Forest Department, Trinidad and Tobago.
- TRINIDAD and TOBAGO (1959) Conversion of cocoa plantations into
timber plantations. Annual Report 1958, Forest Department,
Trinidad and Tobago.
- VALLE, JI del (1985) Crecimiento del roble (*Tabebuia rosea*) y el
cedro (*Cedrela odorata*) en la región de Urabá, Antioquia.
Trabajo de Promoción, Facultad de Agronomía, Universidad
Nacional, Medellín, Colombia. 350 p.
- VARGAS, R y KLOP, A (1987) Especies forestales potencialmente
aptas para la reforestación en Urabá, Colombia. Resultados
iniciales de ensayos de adaptación y comportamiento. Serie
Técnica #21, CONIF, Bogotá, Colombia. 29 p.
- VEGA, CL (1977) La silvicultura de *Cordia alliodora* en Surinam.
Boletín IFLAIC 52:3-26
- VEGA, LE y VARGAS, R (1989) Actividades (agro) forestales en San
José de Apartadó, Urabá, Colombia. CONIF Informa #14,
CONIF, Bogotá, Colombia. 24 p.

WADSWORTH, FH (1948) Five years of forest research on the North coast of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 9(4):373-380.

WOOD, GAR and LASS, PA eds.(1987) *Cocoa*. Longman Scientific and Technical, Harlow, United Kingdom.

ANEXO 1

Ubicación, topografía, clima y suelo de las fincas y sitios experimentales, Changuinola, Panamá.

Carmelo Guerra	
Ubicación geográfica	9° 29' 2" Norte 82° 37' 48" Oeste
Localidad	Finca 41
Corregimiento	Guabito
Distrito	Changuinola
País	Panamá
Pendiente	1%
Posición fisiográfica	Llanura
Altitud	10 m
Precipitación promedio anual (mm)	2487
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Clasificación suelo	Aeric Tropaquept
Materia orgánica (0-20cm)	2.4 - 3.4%
PH (agua) (0-20cm)	6.1 - 6.6
Pedregosidad superficial	No tiene
Nivel freático	95 cm
Drenaje	Imperfecto
Textura (0-22 cm)	Arcillo - limosa

Aquilino Mojica	
Ubicación geográfica	9° 29' 58" Norte 82° 29' 56" Oeste
Localidad	Finca 51
Corregimiento	Guabito
Distrito	Changuinola
País	Panamá
Pendiente	1%
Posición fisiográfica	Llanura de inundación
Altitud	10 m
Precipitación promedio anual (mm)	2487
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Clasificación suelo	Aeric Tropaquept
Materia orgánica (0-20cm)	3.0%
PH (agua) (0-28cm)	6.0
Pedregosidad superficial	No tiene
Nivel freático	43 cm
Drenaje	Pobre
Textura (0-55cm)	Arcillo - limosa

Ernesto Marchena	
Ubicación geográfica	9° 16' 27" Norte 82° 25' 3" Oeste
Localidad	Nuevo Paraíso
Corregimiento	Almirante
Distrito	Changuinola
País	Panamá
Pendiente	15%
Posición fisiográfica	Pie de monte
Altitud	110 m
Precipitación promedio anual (mm)	3079
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Clasificación suelo	Aquic Dystropept
Materia orgánica (0-20cm)	4.7 - 5.0%
PH (agua) (0-65cm)	4.9 - 5.0
Pedregosidad superficial	5 - 40%
Nivel freático	A más de 90 cm
Drenaje	Pobre
Textura (0-65cm)	Arcillosa

Dionisio Villagra	
Ubicación geográfica	9° 16' 32" Norte 82° 25' 13" Oeste
Localidad	Nuevo Paraíso
Corregimiento	Almirante
Distrito	Changuinola
País	Panamá
Pendiente	30%
Posición fisiográfica	Pie de monte
Altitud	70 m
Precipitación promedio anual (mm)	3079
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Clasificación suelo	Aquic Dystropept
Materia orgánica (0-20cm)	4.2 - 5.5%
PH (agua) (0-35cm)	4.7 - 4.9
Pedregosidad superficial	1 - 15%
Nivel freático	A más de 80 cm
Drenaje	Pobre
Textura (0 - 35cm)	Arcillo - franco - limosa.

Mario Villagra	
Ubicación geográfica	9° 16' 27" Norte 82° 25' 11" Oeste
Localidad	Nuevo Paraíso
Corregimiento	Almirante
Distrito	Changuinola
País	Panamá
Pendiente	15 - 20%
Posición fisiográfica	Pie de monte
Altitud	110 m
Precipitación promedio anual (mm)	3079
Zona de vida	Bosque Húmedo Tropical
Clasificación suelo	Aquic Dystropept
Materia orgánica (0-20cm)	3.4 - 4.0%
PH (agua) (0-45cm)	4.8 - 5.0
Pedregosidad superficial	2 - 5%
Nivel freático	100 cm
Drenaje	Pobre
Textura (0 - 12cm)	Franco - arcillosa

ANEXO 2

ANÁLISIS DE DATOS

Sobrevivencia de los árboles introducidos

El período de ESTABLECIMIENTO de los árboles introducidos como sombra maderable en un cacaotal puede ser más largo que en una plantación forestal pura. Aquí, dos consideraciones son importantes. En primer lugar, las necesidades de SOMBRA del cacao exigen que el período de resiembras se extienda todo el tiempo necesario para asegurar que los árboles provean este servicio. En segundo lugar, la población utilizada como sombra en un cacaotal será normalmente muy cercana a la densidad final de una plantación forestal pura. Esto obliga a asegurar una población forestal aceptable al momento de la cosecha final.

La estimación de la mortalidad debe tomar en consideración que un mismo sitio de plantación puede ser resembrado varias veces (en caso de mortalidad recurrente). Por esta razón el porcentaje de mortalidad (M) se estimó como:

$$M = 100 * [D / (P + R)]$$

donde D = número de árboles reportados muertos en la parcela útil, P = el número de plantas sembradas al inicio de la plantación (16 árboles/parcela útil, en este caso), y R = número total de plantas resembradas.

Salida encima del dosel de cacao

El desarrollo en altura determina que un árbol sobresalga el dosel de los cacaoteros. La proporción de los árboles de la parcela que logran y la prontitud con que esto ocurre es una medida del éxito de una especie en completar las primeras fases del proceso de sustitución de sombra⁸ (SOMARRIBA y BEER, 1994).

El porcentaje de los árboles de la parcela (útil) que sobresale el dosel de cacao (S) se estimó con base en el crecimiento en altura de cada árbol y en la altura promedio de los cacaoteros de la parcela. Se consideró que un árbol sobresalió del dosel del cacao si su altura total (h) a los 1, 2, etc. años de edad, fué por lo menos 1.5 m mayor que la altura promedio de los cacaoteros de la parcela.

Las fechas de medición de la altura de los árboles no coinciden exactamente en todas las fincas y las fechas de plantación inicial difieren entre fincas y especies (esto aplica también a los datos de desarrollo de copas y crecimiento maderable). Estas condiciones exigieron "construir" una nueva variable (el valor de S a los 1.5 años de edad) para comparar entre especies y entre fincas. Esta variable fue obtenida intrapolando S promedios por parcela a diferentes edades.

8 Las fases son: 1) sobresalir el dosel del cacaotal, 2) tomar control del dosel de sombra, y 3) manejar el nuevo dosel de sombra

Cobertura del suelo

Una vez sobresalido el dosel del cacaotal, los nuevos árboles deben proveer de sombra al cacao. El nivel de sombra (cantidad y calidad) depende de muchos factores (tipo de follaje, densidad del follaje, nubosidad prevaleciente, etc.), pero se ha escogido el porcentaje del área de la parcela cubierta por la proyección vertical de las copas (P) como una medida del "grado" de sombra o cobertura. El valor de P se estimó suponiendo copas circulares, incluyendo únicamente los árboles que (a marzo 1994) habían sobresalido el dosel del cacaotal.

Los datos presentados corresponden al estado de la cobertura de las especies (intrapolado) a la edad de 4 años. Debido a que ciertas especies en ciertos sitios no habían alcanzado un nivel de cobertura del 50% en marzo de 1994, no se intentó estimar la edad a la que se lograría esta cifra, ya que obligaría a extrapolar fuera del rango de datos disponibles.

Crecimiento maderable

Se estudió el crecimiento de los árboles introducidos en términos del dap, altura total, diámetros de copas, área basal y volumen total del fuste a la edad de 4.4 años. Debido a los altos niveles de mortalidad de laurel en Finca Aquilino Mojica, los datos de esta especie en este sitio han sido excluidos de los resultados aquí presentados. En este sitio, el laurel fue un fracaso total.

Existen tablas de volumen publicadas para laurel en las condiciones del Atlántico de Costa Rica y con material genético similar al utilizado en este estudio (SOMARRIBA y BEER, 1986). Este no es el caso para terminalia ni para roble, por lo que en este documento se presenta una

aproximación del volumen basada en el producto del área basal por parcela (G), la altura promedio (H), y un factor de forma⁹ para volumen total (f) de 0.40. Para laurel $f = 0.425$ (SOMARRIBA y BEER, 1986); se pueden esperar valores más elevados para terminalia y menores para roble.

Evaluación y selección de especies

La evaluación de las bondades de una especie para completar las fases #1-2 del proceso de sustitución de sombra debe considerar al menos tres aspectos:

- 1) el éxito para sobresalir el dosel del cacaotal (S),
- 2) el nivel de cobertura del suelo proporcionado por la proyección de las copas de los árboles introducidos (P), y
- 3) la producción maderable (V).

El valor de S es una medida de la facilidad con que la especie se establece en el cacaotal. Si una especie toma mucho tiempo en completar esta fase, el finquero requerirá invertir más esfuerzo, y durante más tiempo, para lograr que los árboles sobresalgan el dosel del cacaotal. Los efectos sobre los costos del proceso de sustitución de sombra son importantes, ya que esta es la fase más cara (HERNANDEZ y PLATEN, 1994).

El porcentaje de cobertura (P) es una medida que combina la mortalidad observada y el crecimiento de las copas. Una especie

9 El factor de forma representa la fracción del volumen de un cilindro de altura H y diámetro D, que corresponde al tronco de un árbol (de altura H y $d_{ap} = D$) contenido en el cilindro. Un valor de 0.4 indica que el 40% del volumen del cilindro corresponde a madera.

exitosa es aquella que logra el máximo de cobertura en el menor tiempo posible. Lo mismo se puede decir de la producción maderable. Las mejores especies son aquellas que producen grandes cantidades de madera valiosa.

Cuando una especie desarrolla un cierto nivel de cobertura, es necesario pensar en intervenir la sombra (ralear o podar) de acuerdo a las necesidades del cacao. En este caso, estaríamos en la tercera fase del proceso de sustitución de sombra. La variable P utilizada en este estudio da una idea de la velocidad con que esto se puede lograr. Otra posibilidad sería ESTIMAR la edad a la que cada especie alcanza un valor P determinado (e.g. 40%). El valor a alcanzar dependerá de los objetivos de cada productor.

El éxito (E) de una especie debe ser una medida que integre los tres aspectos mencionados arriba, considerando, además, la importancia relativa (peso o preferencia) que el finquero asigna a esas variables. En el cálculo de un índice de este tipo se pueden utilizar funciones estadísticas (por ejemplo, funciones discriminantes) similares a las utilizadas para la evaluación de genotipos en diferentes ambientes (GOULDEN, 1952). Sin embargo, aquí se desarrolla un estimador sencillo, cuya construcción es muy similar a la de esos índices.

Las variables S, P y V tienen las siguientes características: 1) toman valores mayores o iguales que cero, 2) son siempre crecientes, 3) S y P son porcentajes, y por lo tanto solo pueden tomar valores entre 0-100, y 4) $V = 0$. Dado que interesa llegar a enunciados del tipo: especie A es mejor que especie B, entonces, es justificable transformar los valores originales de S, P y V en una escala ordinal (de orden) que permita comparar entre variables.

Se definieron cinco clases u órdenes (el número de clases es arbitrario; se pueden usar más o menos clases), dividiendo proporcionalmente el rango de valores observados para cada variable en todas las especies y sitios. Este procedimiento permite comparaciones equivalentes entre sitios y entre especies. Por ejemplo, si los valores de P para todas las especies y todos los sitios variaron entre 0-100 %, las clases tienen intervalos de 20%, con clase #1 entre 0-25, clase #2 entre 26-50, etc. Clases bajas significan que la especie no respondió bien.

El éxito (E) de una especie para substituir la sombra de un cacaotal establecido se puede definir como:

$$E = \sum C_{ij} W_i$$

donde C_{ij} es la posición u "orden" que ocupa una especie en relación a todas las variables (i) y sitios (j), y W_i son los pesos (preferencias) que el finquero asigna a cada variable (i). Valores altos de E indican que la especie fue exitosa. Por ejemplo, si en Finca Ernesto Marchena, guaba ocupó las posiciones 3, 5 y 1 para sobresalir el dosel (S), cobertura (P) y producción de madera (V), respectivamente, y se supone que el finquero asigna igual peso a cada una de estas variables (digamos que todos los pesos valen 1), entonces: $E = (3 \times 1) + (5 \times 1) + (1 \times 1) = 9$. Si roble en esa finca ocupó las posiciones 4, 3, y 4, el valor de $E = (4 \times 1) + (3 \times 1) + (4 \times 1) = 11$, se concluiría que roble fue más exitoso que guaba, en ese sitio.

Los valores de E dependen del desempeño de las especies y de la preferencias de los finqueros (pesos asignados a cada variable). Para enriquecer el análisis, se simulan (suponen) varias preferencias del

finquero. Estas preferencias, las cuales se describen a continuación, son una pequeña muestra de todas las situaciones posibles.

Se definen cuatro preferencias básicas: 1) finqueros que por limitaciones de capital preferirían especies que se establecen rápidamente encima del cacaotal son caracterizados como BARATO, 2) aquellos interesados en la producción cacaotera inmediata son llamados CACAO, 3) aquellos que asignan un gran valor a la madera son llamados MADERA, y 4) los que no tienen preferencia alguna son llamados INDIFERENTE.

El problema se centra en cómo expresar estas preferencias en términos de los "pesos" o valores de la variable W_i en la ecuación anterior. Para esto, se representa la "preferencia" básica como un decremento del 25% en el peso de las otras variables, en relación con la variable mejor valorada. Se pueden utilizar incrementos mayores, pero se ha escogido una cifra pequeña considerando que el finquero no querrá "sacrificar demasiado" ninguna de las tres variables. Con esta definición, W_i solo toma valores entre cero y uno.

Por ejemplo, si se asigna un valor de 1 al peso de la variable mejor valorada, en la preferencia "MADERA" se dará un "peso" de 1 a la variable "producción de madera", y 0.75 a las otras dos. Entonces, la preferencia MADERA se expresa en términos de tres valores, uno para cada variable: 0.75, 0.75 y 1.0, para S, P y V, respectivamente.

La preferencia INDIFERENTE se define como: 1.0, 1.0, y 1.0, para S, P y V, respectivamente.

ANEXO 3

Población (N/ha), diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30, cm), altura total (h, m), y porcentaje del área cubierta por la proyección de copa (%C) de cacaoteros, por sitio y especie, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Según los sitios estudiados.

SITIO	TRATAMIENTO	N/ha	D30	h	%C
1	LAUREL	816	12.4	4.0	84
1	GUABA	816	12.1	4.1	86
1	ROBLE	767	11.7	3.7	71
1	TERMINALIA	824	11.1	3.6	68
PROMEDIO	-	806	11.8	3.9	77
2	LAUREL	849	12.7	4.1	80
2	GUABA	784	11.2	3.6	75
2	ROBLE	857	12.5	3.8	76
2	TERMINALIA	808	10.0	3.8	71
PROMEDIO	-	825	11.6	3.8	76
3	LAUREL	751	11.3	4.4	68
3	GUABA	914	11.5	4.6	66
3	ROBLE	1024	11.0	4.7	84
3	TERMINALIA	882	11.8	4.4	69
PROMEDIO	-	893	11.4	4.5	72
4	LAUREL	849	9.6	3	52
4	GUABA	906	10.4	3.4	71
4	ROBLE	914	10.3	3.5	74
4	TERMINALIA	955	9.4	3.4	75
PROMEDIO	-	906	9.9	3.4	68
5	LAUREL	539	7.6	2.8	23
5	GUABA	1241	8.9	3.2	79
5	ROBLE	604	8.6	3.0	35
5	TERMINALIA	1518	9.0	3.4	85
PROMEDIO	-	976	8.5	3.1	56
6	LAUREL	588	10.9	3.6	52
6	GUABA	947	11.7	3.8	80
6	ROBLE	792	10.6	3.6	82
6	TERMINALIA	931	11.5	4.0	72
PROMEDIO	-	815	11.2	3.8	72

ANEXO 4

Composición botánica y área basal (m²/ha) de las plantas del dosel original de (SOMBRA), y área basal de cacaoteros, por sitio y tratamiento, en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Carmelo Guerra #1				
SOMBRA	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
<i>Persea americana</i>	-	0.131	-	-
<i>Cassia grandis</i>	0.694	0.254	0.451	-
<i>Cedrela odorata</i>	0.338	0.385	-	0.454
<i>Inga edulis</i>	-	0.447	-	-
<i>Diphysa robinoides</i>	0.616	0.733	1.087	2.443
<i>Citrus spp</i>	-	-	0.061	0.015
TOTAL SOMBRA	1.6	2.0	1.6	2.9
TOTAL CACAOTEROS	10.1	9.7	8.7	8.3
TOTAL PARCELA	11.7	11.7	10.3	11.2

Carmelo Guerra #2				
Persea americana	-	-	0.569	-
Cassia grandis	0.926	2.371	0.474	0.616
Pithecellobium idiopum	-	-	-	0.799
Cedrela odorata	0.096	0.008	-	-
Cocus nucifera	-	-	-	1.175
Cordia alliodora	-	-	-	0.047
Inga edulis	-	5.776	-	-
Cecropia obtusifolia	0.536	0.808	2.107	-
Diphysa robinoides	-	-	-	0.060
Spondias dulcis	-	-	-	0.613
TOTAL SOMBRA	1.6	9.0	3.1	3.3
TOTAL CACAOTEROS	11.2	8.0	10.8	6.7
TOTAL PARCELA	12.8	17.0	13.9	10.0

Aquilino Mojica				
Luehea seemanii	-	-	0.31	-
Psidium quajava	-	-	0.89	-
Inga edulis	1.90	-	-	-
Raphia taedigera	-	1.30	-	-
TOTAL SOMBRA	1.9	1.3	1.2	0.0
TOTAL CACAOTEROS	8.2	10.4	10.4	10.2
TOTAL PARCELA	10.1	11.7	11.6	10.2

Ernesto Marchena				
Hura crepitans	0.612	-	-	-
Cordia alliodora	0.632	0.220	0.817	0.715
Citrus spp	-	0.234	-	-
TOTAL SOMBRA	1.2	0.5	0.8	0.7
TOTAL CACAOTEROS	6.3	8.1	7.9	6.9
TOTAL PARCELA	7.5	8.5	8.7	7.6

Dionisio Villagra				
SOMBRA	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
Citrus spp	-	-	-	0.126
Inga edulis	-	0.249	-	-
Cordia alliodora	-	-	1.631	3.620
Musa spp	-	5.610	2.404	-
Desconocida	-	-	-	0.648
TOTAL SOMBRA	0.0	5.9	4.0	4.4
TOTAL CACAOTEROS	2.7	8.1	3.7	10.3
TOTAL PARCELA	2.7	13.9	7.7	14.7

Mario Villagra				
Hura crepitans	1.459	-	-	-
Symphonia globulifera	1.202	-	-	-
Luehea seemanii	-	-	5.847	-
Cordia alliodora	-	4.662	2.180	0.007
Manilkara chicle	1.459	-	1.173	-
Palmae	-	-	0.353	-
Desconocido	5.193	-	0.577	-
TOTAL SOMBRA	9.3	4.7	10.1	0.0
TOTAL CACAOTEROS	5.7	10.7	7.3	10.1
TOTAL PARCELA	15.0	15.4	17.4	10.1

ANEXO 5

Número de eventos de manejo por año y sitio en ensayos de sustitución de sombras utilizando especies maderables en Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra.

ACTIVIDADES	1-2	3	4	5	6
Preparación del sitio					
Chapia	2	1	1	1	0
Aplicación de herbicida	1	3	1	1	1
Eliminar sombra original	1	1	2	1	1
Poda de cacao	1	2	1	1	1
Rodaja, huequea, siembra	1	1	1	1	1
Control plagas y hongos	1	1	1	1	1
Manejo de cacaotales					
AÑO 1					
Chapia	5	4	7	5	6
Aplicación de herbicida	1	1	0	1	0
Poda de cacao	4	7	2	3	3
Eliminar sombra original	1	1	1	1	1
Rodaja	0	0	1	0	0
AÑO 2					
Chapia	3	5	3	4	3
Aplicación de herbicida	0	0	1	2	0
Poda de cacao	3	3	4	1	3
AÑO 3					
Chapia	2	2	1	1	0
Poda de cacao	3	3	1	1	2
Eliminar sombra original	1	0	0	0	0
Manejo de sombras					
AÑO 1					

Resiembra					
Guaba y terminalia	si	si	si	si	si
Laurel	si	si	si	si	no
Roble	si	si	no	no	no
Rodaja	1	2	2	0	1
Poda de bifurcación roble	1	0	0	0	0
Control chinche laurel	2	0	4	3	2
Poda todas las especies	no	no	si	si	si
AÑO 2					
Resiembra					
Laurel	si	si	si	no	no
Terminalia	si	no	no	no	no
Poda					
Guaba, roble y terminalia	si	si	si	si	si
Laurel	si	si	si	si	no
Control chinche laurel	0	1	1	0	0
Tutoreo roble y terminalia	0	0	0	0	2
Chapia en laurel y roble		0	0	0	1
AÑO 3					
Poda					
Guaba	no	si	si	no	si
Laurel y terminalia	si	no	no	no	no

ANEXO 6

Muertes y resiembras de especies arbóreas introducidas como sombra en seis cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*. Los datos están referidos a parcelas de 784 m². Fecha de plantación = noviembre 1989, excepto TERMINALIA en Fincas Carmelo Guerra y Aquilino Mojica donde la fecha de plantación fue abril 1990.

Carmelo Guerra #1. Muertes

ESPECIE	AÑO					TOTAL
	1990	1991	1992	1993	1994	
LAUREL	0	0	0	0	0	0
GUABA	6	2	2	2	0	12
ROBLE	1	0	0	0	0	1
TERMINALIA	3	1	0	0	0	4
TOTAL	10	3	2	2	0	17

Carmelo Guerra #1. Resiembras

LAUREL	0	0	0	0	0	0
GUABA	6	0	0	0	0	6
ROBLE	1	0	0	0	0	1
TERMINALIA	3	0	0	0	0	3
TOTAL	10	0	0	0	0	10

Anexo 6. Continuación

Carmelo Guerra #2. Muertes

LAUREL	2	1	0	0	0	3
GUABA	7	2	2	0	2	13
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	3	2	1	0	0	6
TOTAL	12	5	3	0	2	22

Carmelo Guerra #2. Resiembras

LAUREL	1	2	0	0	0	3
GUABA	7	0	0	0	0	7
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	3	2	0	0	0	5
TOTAL	11	4	0	0	0	15

Aquilino Mojica. Muertes

ESPECIE	AÑO					TOTAL
	1990	1991	1992	1993	1994	
LAUREL	18	12	4	4	0	38
GUABA	18	1	0	1	1	21
ROBLE	1	0	0	0	0	
TERMINALIA	3	1	0	0	0	4
TOTAL	40	14	4	5	1	64

Aquilino Mojica. Resiembras

LAUREL	11	11	0	0	0	22
GUABA	18	0	0	0	0	18
ROBLE	1	0	0	0	0	1
TERMINALIA	3	0	0	0	0	3
TOTAL	33	11	0	0	0	44

Ernesto Marchena. Muertes

LAUREL	4	3	1	1	0	9
GUABA	1	0	1	0	0	2
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	1	1	0	1	0	3
TOTAL	6	4	2	2	0	14

Ernesto Marchena. Resiembras

ESPECIE	AÑO					TOTAL
	1990	1991	1992	1993	1994	
LAUREL	2	2	0	0	0	4
GUABA	1	0	0	0	0	1
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	1	0	0	0	0	1
TOTAL	4	2	0	0	0	6

Dionisio Villagra. Muertes

LAUREL	4	1	3	1	0	9
GUABA	2	0	0	0	0	2
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	1	0	2	1	0	4
TOTAL	7	1	5	2	0	15

Dionisio Villagra. Resiembras

LAUREL	3	0	0		0	3
GUABA	2	0	0	0	0	2
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	1	0	0	0	0	1
TOTAL	6	0	0	0	0	6

Mario Villagra. Muertes

ESPECIE	AÑO					TOTAL
	1990	1991	1992	1993	1994	
LAUREL	1	0	0	0	0	1
GUABA	2	0	1	2	0	5
ROBLE	0	0	0	1	0	1
TERMINALIA	6	0	0	0	0	6
TOTAL	9	0	1	3	0	13

Mario Villagra. Resiembras

LAUREL	0	0	0	0	0	0
GUABA	2	0	0	0	0	2
ROBLE	0	0	0	0	0	0
TERMINALIA	5	0	0	0	0	5
TOTAL	7	0	0	0	0	7

ANEXO 7

Porcentaje de árboles que sobresalieron el dosel de cacao a diferentes edades (años), Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Carmelo Guerra #1

ESPECIE	1.0	1.5	1.9	2.6	2.9	4.4
LAUREL	13	75	88	100	100	100
GUABA	0	0	14	33	58	100
ROBLE	6	63	81	88	94	100
TERMINALIA	0	0	93	100	100	100

Carmelo Guerra #2

ESPECIE	1.0	1.5	1.9	2.6	2.9	4.4
LAUREL	0	50	63	81	94	94
GUABA	0	13	36	46	69	100
ROBLE	0	19	88	94	100	100
TERMINALIA	0	43	80	95	100	100

Anexo 7. Continuación

Aquilino Mojica

ESPECIE	1.2	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	44	88	80	75	-
GUABA	0	0	13	47	53	85
ROBLE	0	0	19	56	63	100
TERMINALIA	0	0	66	87	100	100

Ernesto Marchena

ESPECIE	1.0	1.5	2.0	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	13	38	45	54	64
GUABA	0	44	75	100	100	100
ROBLE	0	56	88	94	94	100
TERMINALIA	19	100	100	100	100	100

Dionisio Villagra

ESPECIE	1.0	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	7	36	62	75	86
GUABA	0	31	69	81	94	100
ROBLE	6	63	100	100	100	100
TERMINALIA	0	42	86	100	100	100

Anexo 7. Continuación

Mario Villagra

ESPECIE	1.1	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	20	67	73	93	100
GUABA	0	6	19	47	50	93
ROBLE	0	13	69	94	100	100
TERMINALIA	0	45	100	100	100	100

ANEXO 8

Porcentaje del suelo cubierto por la proyección de la copa de árboles introducidos en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá.
 LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Carmelo Guerra #1

ESPECIE	EDAD (años)					
	1.0	1.5	1.9	2.68	2.9	4.4
LAUREL	3	17	29	38	51	41
GUABA	0	0	7	15	31	57
ROBLE	0	4	10	33	52	85
TERMINALIA	0	0	24	54	64	82

Carmelo Guerra #2

ESPECIE	1.0	1.5	1.9	2.6	2.9	4.4
LAUREL	3	17	29	38	51	41
GUABA	0	0	7	15	31	57
ROBLE	0	4	10	33	52	85
TERMINALIA	0	0	24	54	64	82

Anexo 8. Continuación

Aquilino Mojica

ESPECIE	1.2	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	6	9	12	7	-
GUABA	0	0	4	24	31	93
ROBLE	0	0	1	8	11	41
TERMINALIA	0	0	15	33	46	79

Ernesto Marchena

ESPECIE	1.0	1.5	2.0	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	2	7	9	15	31
GUABA	0	16	38	24	42	79
ROBLE	0	3	10	16	21	58
TERMINALIA	4	31	56	60	87	100

Dionisio Villagra

ESPECIE	1.0	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	1	4	7	12	25
GUABA	0	11	34	18	49	98
ROBLE	0	4	16	17	37	81
TERMINALIA	0	11	43	28	57	66

Anexo 8. Continuación

Mario Villagra

ESPECIE	1.1	1.5	2.1	2.6	3.0	4.4
LAUREL	0	3	15	17	25	37
GUABA	0	2	10	8	28	73
ROBLE	0	0	7	14	24	56
TERMINALIA	0	11	43	42	79	88

ANEXO 9

Crecimiento en diámetro (dap, mm), altura total (h, dm) e incrementos medios anuales (IMA) de especies arbóreas introducidas como sombra en cacaotales establecidos, Changuinola, Panamá. LAUREL = *Cordia alliodora*, GUABA = *Inga edulis*, ROBLE = *Tabebuia rosea*, TERMINALIA = *Terminalia ivorensis*.

Carmelo Guerra #1

EDAD	LAUREL		GUABA		ROBLE		TERMINALIA	
	dap	h	dap	h	dap	h	dap	h
1.04	41	42	26	18	39	40	31	35
1.93	98	84	68	38	82	65	81	77
2.97	139	118	91	69	139	88	147	135
4.35	186	148	143	112	210	111	209	159
IMA	43	34	33	26	48	26	48	37

Carmelo Guerra #2

1.04	39	36	26	24	30	32	38	40
1.93	101	74	69	54	76	63	85	86
2.97	140	118	105	90	133	89	122	131
4.35	191	145	129	109	197	112	182	153
IMA	44	33	30	25	45	26	42	35

Aquilino Mojica

0.68	-	-	-	10	-	14	-	18
2.09	-	-	61	45	50	50	78	71
2.97	-	-	95	66	84	64	124	106
4.35	-	-	150	82	132	88	192	146
IMA	-	-	35	19	30	20	44	34

Ernesto Marchena

1.01	33	22	22	25	30	32	34	36
2.01	64	53	76	60	67	59	111	95
2.97	91	78	114	92	94	70	159	130
4.39	144	127	146	122	132	90	217	193
IMA	33	29	33	28	30	21	49	44

Dionisio Villagra

1.01	20	16	25	25	32	36	27	31
2.10	46	43	71	55	82	61	73	66
2.95	77	66	108	79	109	72	106	102
4.39	129	106	146	101	168	92	157	165
IMA	29	24	33	23	38	21	36	38

Anexo 9. Continuación

Mario Villagra

Edad	LAUREL		GUABA		ROBLE		TERMINALIA	
	dap	h	dap	h	dap	h	dap	h
1.05	28	31	29	16	27	33	26	33
2.12	70	66	54	42	64	57	87	87
2.95	102	96	75	67	94	73	131	123
4.39	144	148	124	104	140	97	186	180
IMA	33	34	28	24	32	22	42	41

ANEXO 10

Exito de la substitución de sombra por especie y sitio, bajo diferentes preferencias del finquero (P1-P4). Sitio #1-2 = Carmelo Guerra, #3 = Aquilino Mojica, #4 = Ernesto Marchena, #5 = Dionisio Villagra, #6 = Mario Villagra. Para las especies estudiadas.

SITIO	ESPECIE	P1	P2	P3	P4
1	LAUREL	12	10.25	9.75	10.00
1	GUABA	3	2.25	3.00	2.25
1	ROBLE	12	10.00	10.25	9.75
1	TERMINALIA	13	11.00	11.00	10.50
2	LAUREL	10	8.25	8.25	8.50
2	GUABA	4	3.25	3.75	3.00
2	ROBLE	9	7.25	7.75	7.50
2	TERMINALIA	10	8.50	8.25	8.25
3	LAUREL	3	3.00	2.25	2.25
3	GUABA	5	3.75	5.00	3.75
3	ROBLE	3	2.25	2.75	2.50
3	TERMINALIA	10	8.25	8.50	8.25
4	LAUREL	4	3.25	3.50	3.25
4	GUABA	7	6.00	6.25	5.25
4	ROBLE	8	7.00	6.75	6.25
4	TERMINALIA	15	12.50	12.50	12.50
5	LAUREL	4	3.25	3.50	3.25
5	GUABA	7	5.75	6.50	5.25
5	ROBLE	10	8.50	8.50	8.00
5	TERMINALIA	9	7.25	7.75	7.50
6	LAUREL	6	5.00	5.00	5.00
6	GUABA	5	4.00	4.75	3.75
6	ROBLE	6	4.75	5.25	5.00
6	TERMINALIA	11	8.75	9.50	9.25

Dirección Postal	Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ 7170 CATIE Apartado Postal Nº 126 Costa Rica Teléfono : (506) 556-6438 Fax : (506) 556-1891
Serie	Generación y Transferencia de Tecnología
Publicación	Nº 9
Título	Maderables como alternativa para la sustitución de sombra en cacaotales establecidos. Manejo y crecimiento
Autor	Eduardo Somarriba Lázaro Domínguez
Edición	Alfonso Pérez Gómez
Diagramación	Armando Camacho Brown
Impresión	Unidad de Producción de Medios CATIE