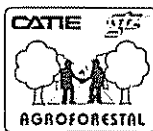


Serie Técnica. Informe Técnico N° 274

ARBOLES LEGUMINOSOS Y MADERABLES COMO SOMBRA PARA CACAO

EL CONCEPTO

*Eduardo Somarriba
John Beer
Arnim Konnemann*



Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ

Serie Generación y Transferencia de Tecnología N° 18

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

Turrialba, Costa Rica

1996

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional , cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza de posgrado 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
1996.

ISBN 9977-57- 251-8

631.58

S693 Somarriba, Eduardo

Arboles leguminosos y maderables como sombra para cacao: el concepto/ Eduardo Somarriba, John Beer, Arnim Bonnemann. --
Turrialba, C. R. : CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, 1996.

56 p. ; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no 274)

ISBN 9977-57- 251-8

1. Arboles forrajeros 2. Arboles maderables 3. Arboles de sombra
4. *Theobroma cacao*-Sombra I. Beer, John. II. Bonnemann, Arnim
III. CATIE. IV. Título V. Serie

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
2. ANTECEDENTES HISTORICOS	3
3. INVESTIGACION AGROFORESTAL EN TALAMANCA Y BOCAS DEL TORO	8
4. EVOLUCION DE LOS DOSELES DE SOMBRA EN CACAOTALES NUEVOS	19
4.1 CULTIVOS Y SOMBRAS TEMPORALES	19
4.2 ESTABLECIMIENTO DE LA SOMBRA PERMANENTE	19
4.3 FORMACION DEL DOSEL DE SOMBRA PERMANENTE	21
4.3.1 Madero negro	21
4.3.2 Poró	22
4.3.3 Guaba	23
4.3.4 Laurel, terminalia y roble de sabana	24
4.4 MANEJO DE LOS DOSELES	25
4.4.1 Podas	25
4.4.2 Raleos	29
4.5 MANEJO POR ESPECIE SOMBRA	33
5. LAS PODAS DEL CACAO	34
6. LEGUMINOSAS Y MADERABLES: EL MARCO SOCIOECONOMICO	35
7. OTROS DOSELES DE SOMBRA	37
8. NUEVOS SISTEMAS DE MANEJO DE SOMBRA	39
9. BIBLIOGRAFIA	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Cruces interclonales de cacao, especies de sombra y número de repeticiones por finca y tipo de experimento. Localidades Margarita, Puerto Viejo y Sixaola en el cantón de Talamanca, Costa Rica; el resto en distrito de Changuinola, Panamá.	13
----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de investigación del Proyecto CATIE/GTZ en Talamanca, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá.	11
Figura 2	Distribución de cacaoteros y de árboles de sombra en las parcelas de investigación.	16
Figura 3	Cronología de plantación de sombras temporales, cacao y árboles de sombra permanente.	20
Figura 4	Nivel de luz requerido por el cacao y su disponibilidad debajo de las especies de sombra a lo largo del año.	30
Figura 5	Relación hipotética entre la diversidad del dosel de sombra, la aptitud ecológica del sitio y el nivel socioeconómico del productor.	38

RESUMEN

En este documento: 1) Se narran los antecedentes históricos que dieron lugar a, y que determinaron el diseño de, la investigación agroforestal del Proyecto CATIE/GTZ en Talamanca, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá; 2) Se describen los detalles experimentales, los materiales genéticos utilizados y el manejo agronómico y forestal aplicado; 3) Se describen las características de los doseles de las especies maderables y leguminosas utilizadas como sombra, y se evalúan sus bondades y limitaciones en relación con las necesidades de sombra del cacao; 4) Se describen las condiciones ecológicas y socioeconómicas que favorecen la utilización de un determinado tipo de sombra y 5) Se formulan recomendaciones sobre cómo mejorar los doseles de sombra evaluados en Talamanca y Bocas del Toro.

1. INTRODUCCION

Este trabajo es parte de una serie de documentos preparados con fines de capacitación y consulta de extensionistas y técnicos. Aquí se presentan: 1) los antecedentes históricos y razonamientos que condujeron al establecimiento de varios experimentos sobre el manejo de especies leguminosas y maderables como sombra para cacao (*Theobroma cacao* L) en Talamanca, Costa Rica (Tala) y Bocas del Toro, Panamá (Bocas); 2) Se describen las características de los diferentes doseles de sombra y se comparan las bondades y limitaciones de las especies evaluadas; 3) Se proponen hipótesis para explicar la diversidad de la estructura de los doseles de sombra en las regiones cacaoteras, y se comparan con la diversidad de los doseles de sombra de los ensayos establecidos en Tala/Bocas y 4) Se presentan recomendaciones para el diseño de nuevos sistemas de manejo de sombra. Talamanca y Bocas del Toro son áreas colindantes, clasificadas dentro de la Zona de Vida de Bosque Tropical Húmedo, ubicadas entre 9° 30' y 9° 38' norte y 82° 27' y 82° 45' oeste, a elevaciones menores de 400 m y con una precipitación anual entre 2500 y 3000 mm.

2. ANTECEDENTES HISTORICOS

El manejo de la sombra es uno de los aspectos más importantes del cultivo del cacao. La regulación (o no) de la sombra permite manipular el microambiente dentro de la plantación, y por ende, afecta el crecimiento y producción de la planta de cacao y los ciclos de vida de organismos benéficos y nocivos, tales como monilia (*Moniliophthora roreri*), mazorca negra (*Phytophthora palmivora*), escoba de bruja (*Crinipellis perniciososa*) y otras (Enríquez 1985; Wood and Lass 1987).

Los posibles efectos de la regulación de la sombra son tan importantes que no es extraño encontrar una rica literatura sobre el tema (IICA 1991; Martínez y Enríquez 1981). La sorpresa reside en lo general e impreciso de toda esta literatura en relación con el manejo práctico de la sombra. Una vez agotadas las recomendaciones sobre la selección de especies y espaciamientos adecuados para determinados sitios, la literatura existente es reducida en aspectos prácticos tales como: 1) manejo de densidades y podas de las especies de sombra en función de la edad del cacao, 2) la vinculación de las podas de los árboles de sombra (cronología, intensidad y frecuencia) con los ritmos climáticos locales y con la fenología del cacao, 3) cuantificación de los efectos del manejo de la sombra sobre la producción de cacao y 4) criterios que ayuden en la selección de tipo de sombra más adecuado a cada situación (por ejemplo, maderables de alto valor *versus* leguminosas no maderables). Obviamente, expresiones del tipo "hay que manejar bien la sombra", aunque abundantes en la literatura, no son suficientes en la práctica. Es necesario especificar lo que se entiende por "buen manejo".

La tecnificación del cultivo del cacao, a semejanza de lo acontecido con otros "cultivos de sombra" como café (*Coffea arabica*), yerba mate (*Ilex paraguariensis*), cardamomo (*Elettaria cardamomum*), cupuasú (*Theobroma grandiflora*) y té (*Camellia sinensis*), vino acompañada de la regulación activa de la sombra y de la evaluación de las ventajas y desventajas de plantaciones sin sombra (Ahenkorah *et al.* 1974; Enríquez 1985; Wood and Lass 1987). En la ruta hacia la tecnificación, el desarrollo de materiales genéticos de cacao de alto rendimiento y tolerantes a patógenos vino de la mano con experimentos sobre el uso de diferentes especies de sombra (Ahenkorah *et al.* 1974; Enríquez 1979).

En Costa Rica, la investigación sobre el manejo tecnificado de la sombra en el cacao, tiene como uno de sus hitos la instalación en 1977, del Experimento Central de "La Montaña", en los campos del CATIE, Turrialba (Enríquez 1979). Los objetivos iniciales de este ensayo fueron: 1) evaluar la posibilidad de combinar, en el tiempo y en el espacio, diferentes cultivos comerciales y 2) comparar el efecto en el suelo de diferentes sistemas agrícolas, incluyendo cultivos anuales, pastos, banano y cultivos perennes leñosos, en comparación con barbechos. Sin embargo, la parte del ensayo que fue más intensivamente estudiada, y mantenida por más de 15 años, fue en la que se evaluaban dos especies de sombra para café y cacao: poró (*Erythrina poeppigiana*), una especie leguminosa de servicio y laurel (*Cordia alliodora*), una especie maderable de alto valor comúnmente encontrada en el dosel de sombra de cacaotales en varias regiones de Costa Rica (Somarriba y Beer 1986). El establecimiento de La Montaña coincidió con varias circunstancias que, en conjunto, orientaron la investigación sobre el cultivo en los siguientes 15 años. Esas circunstancias incluyeron:

1) La convicción de que la regulación de la sombra era un elemento de vital importancia en la tecnificación del cultivo.

2) La aparición en 1978 de la monilia en la principal región cacaotera de Costa Rica (Enríquez 1985). Hasta ese momento, la mazorca negra era el patógeno más importante y las corrientes agronómicas vigentes postulaban que su control requería de un "adecuado manejo de la sombra" (Dakwa 1973). Por otro lado, el manejo de la monilia en los países cacaoteros de América del Sur, también descansaba en la regulación de la sombra. Estas recomendaciones se adoptaron inmediatamente en Costa Rica, al mismo tiempo que se iniciaba una intensa búsqueda de nuevos materiales genéticos tolerantes a la enfermedad.

3) La preocupación por el deterioro acelerado de los suelos agrícolas, el desabastecimiento de productos forestales y el creciente interés en agroforestería, una nueva disciplina orientada a la revalorización del papel de las leñosas perennes dentro de los sistemas de producción agropecuaria. En particular, se destacaban las bondades de las leñosas perennes en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la diversificación del uso de la tierra, el incremento de la eficiencia ecológica, etc. (Combe 1979; King y Chandler 1978). Estas afirmaciones se basaban en la rica investigación existente a la fecha, sobre los balances de nutrientes en diferentes ecosistemas forestales del mundo (Golley *et al.* 1975).

Se postuló que la estructura y función de los sistemas agrícolas debía semejarse a la de los ecosistemas forestales, para lograr similares niveles de estabilidad ecológica (Mazzarino *et al.* 1988). La agroforestería se popularizó, ya que se presumía que la presencia notoria del componente leñoso (especialmente leguminosas fijadoras

de nitrógeno) en estos sistemas cumplirían dicha función. Sin embargo, se disponía de pocos datos para evaluar la validez de tales afirmaciones.

El cultivo del cacao y del café, por ser tradicionalmente "cultivos de sombra", fueron inmediatamente contabilizados como ejemplos agroforestales "ecológicamente atractivos". Se inició un intenso esfuerzo de investigación para caracterizar cafetales y cacaotales bajo sombra, en términos de los ciclos de nutrientes y de los flujos de la materia orgánica (Alpizar *et al.* 1985, 1986; Aranguren *et al.* 1982; Beer *et al.* 1990a; Cabala *et al.* 1987; Fassbender 1992; Glover and Beer 1986; Herrera *et al.* 1987; Jiménez y Martínez 1979; Russo 1983; Santana y Cabala 1982, 1985). Además, se estudiaron los balances de nutrientes y agua (Imbach 1987; Jiménez 1986), descomposición de la hojarasca (Boas 1990), la dinámica de raíces (Muñoz 1993) y estudios de las densidades de población y de la competencia entre cafetos y especies de sombra (Beer 1992).

Los resultados de La Montaña demostraron la bondad ecológica y agronómica de los agroecosistemas cacaoteros con sombra manejada de especies leguminosas y maderables. Sin embargo, también pusieron en evidencia las serias limitaciones de este experimento en términos de:

- 1) El bajo rigor estadístico del diseño experimental utilizado, ya que contaba con solamente dos repeticiones por tratamiento y parcelas pequeñas (18x36 m) que no permitían manejar adecuadamente los efectos de borde.

2) El manejo agronómico y su documentación, fue irregular durante algunos años de vida del experimento. Los análisis económicos de estas tecnologías se vieron fuertemente limitados (Platen 1991).

3) Extrapolación limitada de los resultados hacia las principales áreas cacaoteras y cafetaleras del país, debido a que: a) Turrialba (donde se ubicaba el experimento de La Montaña), era ecológicamente marginal tanto para café como para cacao, b) los materiales genéticos de café y cacao en La Montaña ya no eran utilizados en las principales áreas productoras de esos cultivos y c) monilia, el principal problema del cultivo del cacao en Costa Rica, no tenía en Turrialba la virulencia observada en las principales áreas cacaoteras.

La necesidad de validar los resultados de La Montaña en las principales áreas cacaoteras de Costa Rica era evidente. Al mismo tiempo, basados en otras experiencias de investigación agroforestal en zonas estacionalmente secas de Costa Rica (Puriscal y Acosta), se pretendía que, para facilitar la transferencia hacia los finqueros, las nuevas investigaciones agroforestales tuvieran lugar directamente en fincas, con la participación de los finqueros y no en estaciones experimentales (Beer 1991; Beer and Heuveldop 1987; Beer *et al.* 1990b).

3. INVESTIGACION AGROFORESTAL EN TALAMANCA/BOCAS DEL TORO

En 1986-1988, los finqueros de "Tala/Bocas" trabajaban, junto con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, en la tecnificación del manejo del cacao, en la diversificación de cultivos y en la promoción de la reforestación (Segleau y Mora 1989; Somarriba y Beer 1994). La investigación del Proyecto CATIE/GTZ se desarrolló a lo largo de estas líneas, mediante tres temas básicos (Beer 1991): 1) manejo y diversificación de sombra en cacao, 2) uso de soportes vivos para pimienta negra (*Piper nigrum*) y 3) producción de madera utilizando plantaciones en líneas en los linderos de las fincas (Figura 1). Nuevas temáticas de investigación se añadirían posteriormente: 1) reforestaciones en bloques utilizando tecnologías taungya¹ (Beer *et al.* 1994; Kapp 1989b), 2) sistemas de producción basados en la asociación de cacao, plátano (*Musa AAB*) y laurel (Somarriba 1994; Somarriba *et al.*, 1994), y 3) manejo de "parches boscosos" o "bosquetes" (Kapp *et al.* 1991).

La investigación **con cacao** pretendía erradicar algunos de los problemas detectados en las parcelas de cacao del experimento La Montaña (usando un mayor número de repeticiones, parcelas más grandes, utilización de los materiales genéticos usados localmente, manejo agronómico y forestal bien documentado, estudios bajo condiciones representativas de las fincas) y en Puriscal/Acosta

¹ Producción de cultivos anuales (ejemplo, maíz) durante los primeros años de una plantación forestal.

(limitada transferencia a finqueros). Las características generales de la investigación en "Tala/Bocas" han sido presentadas anteriormente (Beer *et al.* 1990b; Beer 1991), pero es conveniente resumir aquí algunas características claves de la investigación **con cacao** que, en parte, no están detalladas en documentos anteriores:

1) La investigación tenía lugar en fincas de productores, con la participación de los finqueros en la conducción y manejo del ensayo. En muchos de los ensayos, este modelo participativo solamente funcionó al inicio del estudio (1 a 2 años), debido a la fuerte caída de los precios del cacao y al largo período necesario para recibir ingresos por la venta del cacao producido.

2) A diferencia del experimento de La Montaña, donde sólo había una especie leguminosa de servicio (poró) y una especie maderable (laurel), en "Tala-Bocas" se evaluaban varias especies leguminosas y maderables. Las leguminosas incluyeron: poró, madero negro (*Gliricidia sepium*) y guaba (*Inga edulis*). Las maderables incluyeron: laurel, terminalia (*Terminalia ivorensis*) y roble de sabana (*Tabebuia rosea*).

En la selección de estas especies se tomaron en cuenta varias consideraciones: guaba era la especie de sombra más utilizada en "Tala/Bocas", madero negro (en otros lugares conocido como "madre de cacao" o "matarratón"), es la principal especie de sombra los cacaotales de muchos países, poró era una de las especies evaluadas en La Montaña y la principal especie de sombra en los cafetales de Turrialba, Costa Rica (ya había sido introducida como sombra de cacao en Talamanca), y laurel (de regeneración natural), es una de las especies más comunes en los cacaotales tradicionales de

"Tala/Bocas", etc. Una lista completa de criterios para la selección de especies se ha presentado en otro documento (Somarriba y Beer 1994).

3) El diseño estadístico giraba alrededor de bloques completos al azar, con tres o cuatro tratamientos (las especies de sombra) y tres o cuatro repeticiones, dependiendo de la disponibilidad de áreas homogéneas en las fincas. Los experimentos se clasificaban como "maderables" o "leguminosas", aunque los experimentos de "maderables" incluían guaba como "testigo del finquero".

4) Cada finca seleccionada debía contener, idealmente, un experimento completo (en términos de tratamientos y repeticiones) porque no había seguridad de evaluar las interacciones por diferencias de sitio. Cada ensayo debía analizarse en forma independiente.

5) Las tecnologías en experimentación respondían a dos escenarios cacaoteros comunes en la zona: a) cacaotales ya establecidos ("cacao viejo"), pero con una sombra irregular, y b) nuevas plantaciones de cacao ("cacao nuevo"), a establecerse con sombra manejada desde el inicio de la plantación. Así, se establecieron experimentos de sombras maderables y leguminosas en cacaotales viejos y nuevos, para un total de cuatro "tipos" de experimentos (Figura 1).

Al inicio de la investigación, el Proyecto tuvo la intención de trabajar solamente con plantaciones de cacao ya establecidas por los finqueros, para acortar el tiempo requerido para tener los primeros datos de producción de cacao. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los espaciamientos, edades y manejo, y sobre todo, a la falta de información confiable sobre el origen genético de las plantas de cacao, se estimó necesario establecer ensayos controlados por los investigadores.

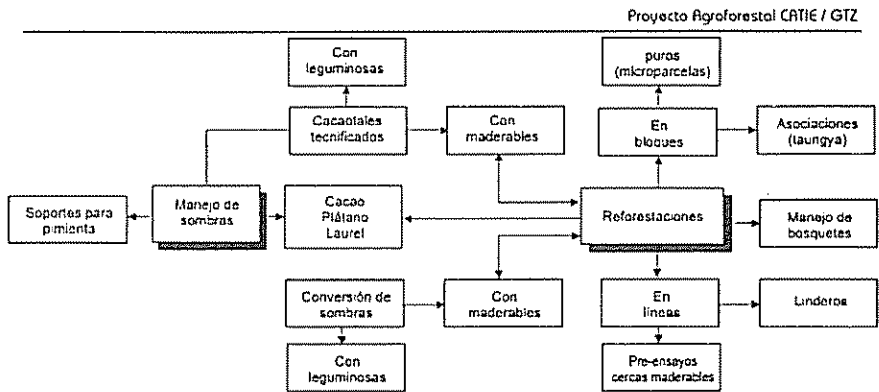


Figura 1. Esquema de investigación del Proyecto CATIE/GTZ en Talamanca, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá.

6) Un mismo "tipo de experimento" se estableció en dos o más fincas, no con el fin de determinar respuestas a diferentes sitios, sino con el propósito de demostrar y transferir las tecnologías en evaluación (Beer 1991), además, para evitar que un fracaso en la selección del finquero, del sitio o cualquier otra eventualidad, dejará al Proyecto sin información sobre estas tecnologías. Los criterios utilizados para la selección de los finqueros se presentan en otro documento (Somarriba y Beer 1994).

Se establecieron tres ensayos de cacaotales nuevos con sombra de leguminosas (dos en Talamanca y uno en Bocas), dos de cacaotales nuevos con sombra de maderables (uno en Talamanca y otro en Bocas), dos de cacaotales viejos con sombra de leguminosas (ambos en Talamanca) y cinco de cacaotales viejos con sombra de maderables, todos en Bocas (Cuadro 1).

Debido al interés de los finqueros de Talamanca en tecnificar el cultivo del cacao, en esta zona los experimentos enfatizaron la utilización de especies leguminosas como sombra. En Bocas, el

énfasis de los ensayos se dio a la utilización de especies maderables, ya que los finqueros estaban fuertemente interesados en madera. Muchos finqueros bocatoreños obtenían parte de sus ingresos aserrando árboles maderables en sus terrenos.

7) En los ensayos donde el Proyecto sembró cacao, el conocimiento del origen genético de cada planta permitía la evaluación del comportamiento de estos genotipos bajo diferentes especies de sombra (interacciones especie de sombra - híbrido de cacao²), analizados como un diseño experimental de parcelas divididas.

En cacaotales viejos, se controlaban únicamente las especies de sombra introducidas, sus espaciamientos y su manejo. Se desconocía mucho del cacao. Por lo tanto, sólo se podía evaluar el comportamiento (supervivencia, crecimiento en dap, altura total y diámetro de copas) de las especies arbóreas introducidas en los diferentes sitios, y el proceso de "transformación" de la sombra original no regulada, por un nuevo dosel de sombra "regulado". Los antecedentes y resultados de estos experimentos han sido presentados anteriormente (Hernández y Platen 1995; Somarriba y Beer 1994; Somarriba y Domínguez 1994).

En todos los experimentos de "sombras leguminosas", se pretendía evaluar los flujos de biomasa y de nutrientes producidos por las podas de los árboles de sombra. Sin embargo, por razones de costos, las mediciones se concentraron en la productividad agrícola y forestal, y en los costos del manejo de las tecnologías.

² Cruces interclonales de la colección de cacao del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Cuadro 1: Cruces intercionales de cacao, especies de sombra y número de repeticiones por finca y tipo de experimento. Localidades Margarita, Puerto Viejo y Sixaola en el cantón de Talamanca, Costa Rica; el resto en distrito de Changuinola, Panamá.

TIPO		FINCA				
Cacao	Sombra	Propietario	Localidad	Especies Sombra	Número bloques	Híbridos
Nuevo	Leguminosa	Onias Rodríguez	Margarita	M,P,G	3	1,2,3,4,5,6
Nuevo	Leguminosa	Gerardo	Serrano	Paraiso	M,P,G	1,2,3,4,5,6
Nuevo	Leguminosa	MIDA-Theobroma	Changuinola	M,P,G	4	1,6,7,8,9,10
Nuevo	Maderable	Fermin Guerra	Ojo de Agua	L,T,R,G	4	1,6,7,8,9,10
Nuevo	Maderable	Carlos Salazar	Puerto Viejo	L,T,G	3	1,6,7,8,11,12
Viejo	Leguminosa	Gerardo Serrano	Paraiso	M,P,G	3	desconocido
Viejo	Leguminosa	Marcial Castro	Sixaola	M,P,G	3	desconocido
Viejo	Maderable	Carmelo Guerra	Guabito	L,T,R,G	2	desconocido
Viejo	Maderable	Aquilino Mojica	Guabito	L,T,R,G	1	desconocido
Viejo	Maderable	Dionisio Villagra	Nuevo Paraiso	L,T,R,G	1	desconocido
Viejo	Maderable	Mario Villagra	Nuevo Paraiso	L,T,R,G	1	desconocido
Viejo	Maderable	Ernesto Marchena	Nuevo Paraiso	L,T,R,G	1	desconocido

* Cacaotal plantado por el finquero antes del inicio del Proyecto CATIE/GTZ. Especies de sombra: M = madero negro (*Glinicidia sepium*), P = poró (*Erythrina poeppigiana*), G = guaba chillo (*Inga edulis*), L = laurel (*Cordia alliodora*), T = terminalia (*Terminalia ivorensis*), R = roble de sabana (*Tabebuia rosea*). Numeración de híbridos de cacao: 1 = UF676 x IMC67, 2 = UF613 x IMC67, 3 = UF613 x Pound 12, 4 = Pound 7 x UF668, 5 = UF29 x UF613, 6 = Catongo x Pound 12, 7 = UF613 x UF29, 8 = UF296 x CC18, 9 = UF688 x Pound 7, 10 = UF12 x Pound 7, 11 = UF667 X UF29, 12 = Catongo x Pound 7.

8) El manejo del cacaotal difirió dependiendo del tipo de ensayo. En cacaotales nuevos los investigadores manejaban las plantaciones, aplicando las recomendaciones vigentes en Costa Rica para plantaciones tecnificadas de cacao (Enríquez 1985; MAG 1991); en cacaotales viejos se dejó el manejo del cacao a los propietarios. En cacaotales nuevos el manejo incluyó: tres o cuatro actividades de control de malezas por año, mantenimiento de drenajes; una o dos veces por año, "deschupona" (eliminación de brotes ortotrópicos) mensual, cosecha de cacao y eliminación de mazorcas infestadas por patógenos cada 15 días, dos podas de cacao por año, dos o tres podas/año de los árboles leguminosos, y niveles de fertilización variables, dependiendo de la fertilidad de los suelos en las diferentes fincas.

La fertilización del cacao varió entre 80-120 kg/ha/año de nitrógeno, 25-50 kg/ha/año de P_2O_5 y 60-100 kg/ha/año de K_2O (Nieuwenhuyse 1994), fraccionada en tres aplicaciones por año, de modo que coincidiera con las podas de los cacaoteros y de los árboles leguminosos de sombra. Las dosis aplicadas equivalen a 400-500 kg/ha/año de fórmulas comerciales. Cacaotales tecnificados y con manejo intensivo, en Costa Rica, reciben entre 1500 y 2000 kg/ha/año de fertilizantes³. Las recomendaciones para el manejo tecnificado del cacao en Costa Rica, bogan por la utilización de un estrato de sombra permanente, poblaciones reproducidas sexualmente del orden de los 1000 a 1500 plantas/ha y aplicaciones de fertilizantes comerciales en

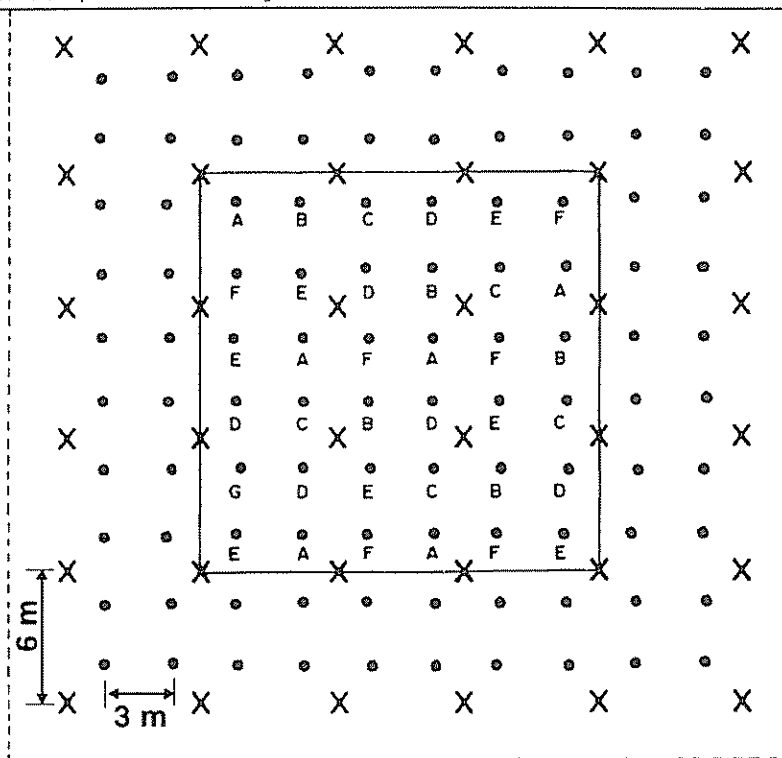
³ Comunicación personal, Hugo Hermelink, Propietario, Empresa Finmack, Guápiles, Costa Rica, 1994.

cantidades menores a los 1000 kg/ha/año (Enríquez 1985; IICA 1989; MAG 1991; Wood and Lass 1987).

El manejo aplicado a los cacaotales viejos incluyó, en promedio dos actividades de control de malezas por año (coincidiendo con el inicio de los dos períodos de mayor cosecha), dos "deschuponas" por año, dos podas de cacao por año, ninguna aplicación de fertilizantes, y cosecha de cacao y erradicación de mazorcas infestadas por patógenos, solamente durante los períodos de máxima cosecha (octubre - diciembre y mayo - julio). En todos los ensayos, los propietarios y el Proyecto compartieron el trabajo de establecimiento de los árboles, el cacao y las sombras temporales en el caso de "cacao nuevo", y de los árboles de sombra en el caso de "cacao viejo".

9) En el caso de los cacaotales nuevos (con sombra maderable o leguminosa), la población de cacaoteros estaba constituida por una mezcla homogénea de seis cruces interclonales de cacao por experimento. La lista de cruces varió entre experimentos según la disponibilidad (Cuadro 1). En total se utilizaron los siguientes 12 cruces en "Tala/Bocas": Catongo x Pound7, Catongo x Pound12, Pound7 x UF668, UF12 x Pound7, UF29 x UF613, UF296 x CC18, UF613 x IMC67, UF613 x Pound12, UF613 x UF29, UF667 x UF29, UF668 x Pound7, y UF676 x IMC67.

10) Cada parcela midió 36 x 36 m (1296 m²) y contenía 36 árboles de sombra (16 árboles centrales útiles y 20 de borde) y 100 cacaoteros (36 árboles centrales útiles y 64 de borde). Los cacaoteros se plantaron a 3 x 3 m y los árboles de sombra a 6 x 6 m (Figura 2). La parcela útil de cacao contenía seis plantas de cada uno de los seis cruces del ensayo, distribuidos al azar.



- X = árbol de sombra
- = árbol de cacao
- = parcela útil

A-F son cruces interclonales de cacao.

Figura 2. Distribución de cacaoteros y de árboles de sombra en las parcelas de investigación.

11) Los espaciamientos de plantación de las especies de sombra, utilizados en "Tala/Bocas" (6 x 6 m en cacaotales nuevos y 7 x 7 m en cacaotales viejos con maderables), resultan en una alta densidad poblacional (204 a 278 árboles/ha), que no es representativa de muchos cacaotales. El manejo aplicado en "Tala/Bocas" fue afectado

fuertemente por la escogencia de este espaciamiento. Las razones que condujeron a su utilización fueron:

a) Estos estudios se iniciaron como una validación del experimento de La Montaña, en el cual los árboles de sombra estaban plantados a 6 x 6 m.

b) Se pensaba que las especies leguminosas podadas elevarían la productividad del sistema mediante el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, y que contribuirían al mantenimiento de la fertilidad gracias a los flujos de biomasa y nutrientes resultantes de las podas. La utilización de altas densidades de población, asociadas con podas frecuentes y severas, permitirían regular adecuadamente las condiciones de iluminación requeridas por el cacao, y al mismo tiempo, asegurarían fuertes flujos de biomasa y nutrientes.

c) Para tener un tamaño de muestra aceptable (16 árboles útiles) y no terminar con parcelas excesivamente grandes, resultó conveniente trabajar con espaciamientos cortos. Por ejemplo, de haber seleccionado un espaciamiento de 10 x 10 m, en lugar de 6 x 6 m, el tamaño de parcela habría pasado de 1296 m² a 3600 m². En un experimento completo, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones, áreas de rondas y accesos, el área total requerida por experimento habría rebasado fácilmente la disponibilidad de tierra en las fincas e incrementado significativamente la variabilidad interna de las parcelas, dificultando la distribución espacial de los tratamientos y bloques y la interpretación de los resultados.

d) En el caso de especies maderables, el espaciamiento inicial de 6 x 6 m (278 árboles/ha) es mayor que el 3 x 3 m (1111 árboles/ha), comúnmente utilizado en plantaciones puras de estas especies, pero

es menor que las densidades finales al momento del turno forestal (100 a 200 árboles/ha). Las necesidades de sombra del cacao imponen, además, requerimientos que deben traducirse en raleos para satisfacer estas demandas. La utilización del espaciamiento inicial de 6 x 6 m pretendía: permitir comparaciones entre todas las especies durante las etapas iniciales de crecimiento, lograr rápidamente los niveles de sombra requeridos por el cacao durante su etapa inicial, reducir los costos del control de malezas al formar rápidamente un dosel homogéneo de sombra, seleccionar los mejores árboles para la cosecha final, etc.

4. EVOLUCION DE LOS DOSELES DE SOMBRA EN CACAOTALES NUEVOS

Esta sección presenta la evolución de los doseles de sombra en cuatro etapas: 1) el uso de sombras temporales durante el establecimiento del cacao, 2) el establecimiento de los árboles de sombra permanente, 3) la formación del dosel de sombra permanente y 4) el manejo de los doseles. La información sobre las últimas dos etapas se presenta a nivel de especie.

4.1 CULTIVOS Y SOMBRAS TEMPORALES

Idealmente, la plantación del cacao debe suceder al establecimiento definitivo de la sombra permanente. Sin embargo, para ganar tiempo, es común observar la plantación casi simultánea del cacao con las sombras permanentes. Esto requiere de la utilización de sombras temporales que eviten la insolación excesiva de las plantas jóvenes de cacao. La introducción de cultivos de ciclo corto como sombra temporal es una práctica común, que además de proveer de sombra al cacao, permite obtener ingresos tempranos y reduce los costos del control de malezas durante el primer año del cacaotal.

En "Tala/Bocas" se utilizaron las siguientes secuencias: 1) yuca (*Manihot esculenta*) seguida de gandul (*Cajanus cajan*), 2) únicamente plátano (*Musa* AAB variedad Curraré), 3) ayote (*Cucurbita moschata*) seguido de gandul, 4) maíz (*Zea mays*) seguido de gandul y tres ciclos de maíz, y 5) maíz seguido de yuca. Los sitios y la cronología de plantación y cosecha de esos cultivos, en relación con la plantación de las especies de sombra y del cacao, se presentan en la Figura 3.

Localidad	1988												1989												1990											
	E											N	E										N	E											N	
1 Margarita																																				
2 Paraiso																																				
3 Puerto Viejo																																				
4 MIDA - Theobroma																																				
5 Ojo de Agua																																				

Sitios 1-3 en Talamanca, sitios 4-5 en Bocas del Toro. K=cacao, s=sombras permanentes, M=maíz, P=plátano, G=gandul (*Cajanus cajan*), Y=yuca (*Manihot esculenta*), A=ayote (*Cucurbita moschata*)

Figura 3. Cronología de plantación de sombras temporales, cacao y árboles de sombra permanente.

4.2 ESTABLECIMIENTO DE LA SOMBRA PERMANENTE

La fase de establecimiento puede durar hasta un año, dependiendo de la mortalidad inicial de cada especie y de la disponibilidad de semillas para resiembras. Todas las especies (leguminosas y maderables) se establecieron mediante plántulas de vivero de tres a cuatro meses de edad y de 40 a 60 cm de altura. Este procedimiento es práctica común para guaba, terminalia, roble de sabana (que también se puede reproducir por estacas) y, en ciertas condiciones, también para laurel (por ejemplo, en plantaciones grandes se utilizan pseudoestacas para reducir costos de transporte). En cambio, es práctica inusual para poró y madero negro, los cuales se plantan comúnmente en forma de estacones grandes de dos o más metros de longitud y 6 a 15 cm de diámetro.

La utilización de plantas de vivero de todas las especies, se debió a que los experimentos pretendían evaluar los efectos competitivos entre

el cacao y las especies de sombra, y el impacto sobre los flujos de biomasa, nutrientes y la producción de cacao. Evidencias con laurel han mostrado que la arquitectura de las raíces depende fuertemente del tipo de planta utilizado (Schlonvoigt 1993). La utilización de un solo tipo de planta reduciría el número de factores que determinan la producción de cacao, bajo las diferentes especies de sombra.

4.3 FORMACION DEL DOSEL DE SOMBRA PERMANENTE

La descripción del manejo de los doseles de sombra presentados en este documento, es válida para el espaciamiento de 6 x 6 m utilizado en la experimentación en "Tala/Bocas". En el caso de las leguminosas, se trataba de lograr un dosel de sombra caracterizado por la presencia de árboles con un solo fuste principal, libre de ramas hasta los 7 ó 9 m de altura, con una copa bien formada que proyectara una sombra espacialmente homogénea y de fácil manejo.

4.3.1 Madero negro

Las plantas de esta especie desarrollaron una arquitectura arbustiva, con múltiples ejes que salen de la base de la planta. La formación del dosel de sombra se inició con la eliminación de ejes ("deshijas") a un año de edad, dejando sólo el eje más vertical y sin ramificaciones bajas. Las "deshijas" deben realizarse aún antes del primer año de edad para evitar cortes grandes que faciliten los ataques de hongos (los cortes se hacen a nivel del suelo). La arquitectura arbustiva observada en "Tala/Bocas", es típica de esta especie en su ámbito de distribución natural en las zonas estacionalmente secas de América Central. La semilla utilizada en esta experimentación proviene de esas zonas.

Después de las deshijas, los árboles se dejaron a libre crecimiento ya que poseen una copa muy "rala" durante sus primeros cuatro años de edad y no alcanzan gran altura. Las únicas podas realizadas en este período fueron "despentes" de ramas que colgaban sobre los cacaoteros, ya que esta especie emite ramas largas, sin ramificaciones, que se "doblan" por su peso, y que una vez "arqueadas", emiten brotes a lo largo del "dorso" de la rama. Estos brotes (nuevas ramas) repiten el patrón de desarrollo de la rama madre .

Se considera que el dosel se ha "formado" una vez que las plantas tienen una copa bien desarrollada, que se "toca" con las copas vecinas, lo cual se logra a los cuatro o cinco años de edad.

4.3.2 Poró

Las plantas de poró provenientes de semillas desarrollan una arquitectura de planta que podría llamarse "típica" de un árbol: un fuste principal, con ramas que crecen simultáneamente hacia arriba y hacia los lados para formar una copa cilíndrica relativamente densa. La formación del dosel de sombra incluyó: 1) la eliminación de ramas bajas (que dificultaban el manejo del cacao) durante los primeros tres años de edad, 2) una vez que los árboles alcanzaron unos 12 m de altura total y tuvieron troncos con diámetros mayores a los 25 cm, se cortó (descombró) el tronco a 7.5 m de altura y se eliminaron todas las ramas debajo de esa altura y 3) se manejaron los rebrotes.

Típicamente, el árbol descombrado rebrotará profusamente a la altura del corte, produciendo muchos ejes que forman una copa semiesférica. La formación del dosel va acompañada de la eliminación de los brotes verticales, favoreciendo el desarrollo de tres a cinco brotes horizontales, distribuidos de modo que, al desarrollar, produzcan una sombra espacialmente regular. Una vez desarrolladas,

estas ramas se "despuntan" a 1.0 ó 1.5 m del tronco, para formar un "muñón" del que saldrán los futuros rebrotes.

La estructura de un tronco principal de 7.5 m de altura y de tres a cinco muñones facilita la poda regular de los árboles, ya que los podadores se pueden parar fácilmente en los muñones para podar las ramas que de allí crecen hacia afuera. El proceso de conformación de los muñones puede tomar un año, a partir del momento del descombre inicial. Este tipo de arquitectura es común en cafetales con sombra de poró en Turrialba y en cafetales con sombra de *Erythrina fusca* o de *Inga densiflora* en el valle central de Costa Rica (observaciones personales), pero no es una práctica tradicional en cacao, donde generalmente se dejan pocos árboles en crecimiento libre.

4.3.3 Guaba

Los árboles de guaba desarrollan un tallo principal que ramifica (2 a 3 ramas) a baja altura (1 a 2 m). Las ramas crecen en altura, hacia afuera del eje vertical del sitio de plantación, formando una especie de cono invertido. Las ramificaciones secundarias se presentan mayormente en la parte superior de las ramas primarias, produciendo un dosel horizontal, con un solo estrato de hojas, en la punta de las ramas. Este patrón de ramificación explica la rápida cobertura del suelo proporcionada por guaba, pero también es responsable en árboles grandes, de la propensión de las ramas a quebrarse estrepitosamente -una queja común de los finqueros que utilizan guaba como sombra para cacao-.

La formación del dosel en guaba va acompañado de la eliminación de ramas primarias, tratando de obtener árboles con un solo tronco principal hasta unos 7 ó 9 m de altura. Idealmente, la remoción de ramas debe realizarse durante el primer año de edad. El proceso de

formación del dosel termina una vez que las ramificaciones secundarias forman una copa cuyos bordes se tocan con las copas vecinas, lo cual ocurre en forma temprana a los 2.5 años de edad de los árboles.

4.3.4 Laurel, terminalia y roble de sabana

Las especies maderables se dejaron a libre crecimiento, con la excepción de podas de ramas bajas (a 1 ó 2 años de edad en laurel y terminalia) para facilitar el establecimiento del cacao. La notoria capacidad de autopoda de laurel y terminalia excluye la necesidad de más podas, aunque se podría seguir podando con el objetivo de mejorar la calidad de la madera. La poda de ramas "vivas" reduce la posibilidad de obtener "nudos muertos" en la madera final, lo cual puede ocurrir en el caso de ramas autopodadas.

El roble de sabana no se autopoda en forma temprana. Su patrón de crecimiento se caracteriza por la emisión de un eje libre de ramas hasta los 3 ó 6 m de altura durante el primer año de edad. Una vez alcanzada esta altura, la planta detiene su crecimiento vertical, bifurca ("horquetea") y comienza a desarrollar sus ramas. Después de cierto tiempo, el desarrollo de las ramas se detiene, se emite un nuevo eje de crecimiento vertical ("cañón") y se repite el proceso de bifurcación y desarrollo de ramas (Borchert and Honda 1984; Borchert and Slade 1981; Borchert and Tomlinson 1984). La mortalidad de las ramas bajas (autopoda) tiene lugar a partir del sexto año de edad, cuando los árboles alcanzan más de 10 m de altura total (observaciones personales).

La poda de ramas bajas en el roble debe iniciarse una vez que los árboles han desarrollado al menos tres "pisos" de ramas (a partir del cuarto año de edad, aproximadamente en "Tala/Bocas"). Podas más

tempranas pueden producir plantas totalmente deformes, ya que se pierde el ritmo de producción de ejes verticales, o éstos se producen sobre las ramas, desequilibrando la planta.

En resumen, incluyendo un año de establecimiento para todas las especies, el tiempo total requerido para formar el dosel de sombra es de dos a tres años para guaba, de tres a cuatro años para madero negro y cuatro años para poró. En el caso de los maderables, el tiempo requerido para que las copas de árboles vecinos se "toquen" varía con las especies: es más rápido en terminalia (2 a 3 años) y más lento en laurel (5 a 6 años); mientras que el roble requiere de cuatro a cinco años.

4.4 MANEJO DE LOS DOSELES

4.4.1 Podas

En el caso de especies leguminosas, las podas periódicas constituyen el elemento más importante del manejo de la sombra. La frecuencia, intensidad y época de las podas a aplicar a cada especie, depende de:

1) El crecimiento vegetativo de las especies: crecimientos lentos irán acompañados de podas menos frecuentes y menos severas. Así, en "Tala/Bocas", con espaciamiento de 6 x 6 m, se ejecutan tres podas por año en poró y dos por año en madero negro y en guaba.

2) La tolerancia a podas: si el riesgo de mortalidad aumenta considerablemente por efecto de las podas, la frecuencia y/o intensidad de las podas debe reducirse. Así, el riesgo de mortalidad es mayor para guaba que para madero negro; poró no muestra signos de ser afectado por podas frecuentes y severas.

En el caso de guaba, las podas no pueden ser muy intensas (en términos del porcentaje del follaje eliminado) ya que los riesgos de mortalidad aumentan sensiblemente. El madero negro en "Tala/Bocas" tolera no más de dos podas totales por año.

3) La arquitectura de la copa y el tipo de follaje de las especies: el follaje de madero negro tiene folíolos de pequeñas dimensiones y produce "una sombra rala"; guaba y poró tienen folíolos grandes y producen una sombra "densa". Las sombras "ralas" requieren menores frecuencias de podas.

La guaba produce una copa en forma de "sombriilla", con todas las hojas en las partes terminales de las ramas produciendo un solo estrato de follaje. El follaje del poró es multiestratificado, produciendo condiciones de mayor penumbra que guaba o madero negro, el cual desarrolla una copa "abierta" por la forma de las ramificaciones

4) Los ritmos fenológicos de los árboles de sombra: en condiciones naturales, poró y madero negro pierden su follaje durante dos o tres al año (febrero-abril). En el caso del guaba, no se observa una defoliación total en condiciones naturales, aunque existe una pérdida notoria de follaje durante el principal período de maduración y caída de sus frutos (diciembre - enero).

La frecuencia y severidad de las podas puede interferir los ritmos fenológicos normales de estas especies. Por ejemplo, podas ligeras en guaba y el madero negro no les impide completar su ciclo fenológico anual; madero negro pierde totalmente su follaje durante la floración (febrero-abril).

En madero negro, la presencia regular de un complejo de larvas de lepidópteros defoliadores (*Spodoptera* spp.) extiende el tiempo sin

follaje por uno o dos meses más; una situación similar se presenta esporádicamente en guaba, debido a un tipo de "chapulín" rojo (*Tropidacris dux*). En el caso del poró, las podas cada cuatro o seis meses impiden que la planta complete su ciclo fenológico natural: no se presenta floración y se nota poca defoliación por senescencia de las hojas.

En el caso de maderables, aparte de las podas de ramas bajas durante la fase de formación del dosel u otras orientadas a mejorar la calidad de la madera, las podas para regulación de la sombra tienen alcances muy limitados. La sombra se regula, principalmente, por medio de raleos. Por ejemplo, el roble puede requerir podas altas orientadas a mejorar la calidad del fuste de los árboles; por el contrario, laurel y terminalia se autopodan. Laurel, terminalia y roble de sabana pierden su follaje durante varios meses del año. La defoliación es total en roble de sabana y en laurel durante, dos o tres meses (febrero-abril). En terminalia, la defoliación no es tan severa, ya que hay mucha asincronía entre los árboles de una población, y el lapso entre la pérdida del follaje y la brotación es corto. La caída de las hojas va seguida de la caída de ramas en terminalia y en laurel; este mecanismo eleva constantemente la altura del dosel de sombra.

5) Las necesidades de sombra del cacao: los requerimientos del cacao varían dependiendo de la edad de la planta. Las plantas jóvenes (menos de dos años) son muy susceptibles a la desecación, tienen un reducido volumen foliar que no favorece el autosombreamiento y requieren de niveles de sombra del orden del 70%. Estos requerimientos se reducen al 40 ó 50% entre los tres o cuatro años de edad, y a valores entre el 20 y el 40 % para plantaciones adultas de cinco o más años de edad (Enriquez 1985; MAG 1991; Wood and Lass 1987).

Una vez alcanzada la fase productiva (4 a 6 años de edad), las necesidades estacionales de sombra del cacao dependen de los ritmos fenológicos del cacao (Alvim 1977; Enríquez 1985; Greenwood and Posnette 1950; MAG 1991; Wood and Lass 1987; Young 1984). El dosel debe proveer niveles de sombra dentro de una "banda" del 20- al 40 %, con mayores niveles de luz durante los períodos de llenado de frutos (Alvim 1977; Enríquez 1985). En "Tala/Bocas", la floración y llenado de frutos tiene lugar en los meses de enero a abril y de junio a agosto (Luján 1992).

Todas las especies leguminosas se podan al final de la cosecha principal de cacao (enero) y a inicios del segundo período de floración y llenado de frutos (junio a agosto). Ambas épocas corresponden a períodos de intensa floración y llenado de frutos. Una tercera poda de poró se realiza en octubre para reducir la sombra durante los meses lluviosos y de alta nubosidad de noviembre y diciembre, y para evitar que las ramas de poró desarrollen mucho y reducir así el daño a los cacaoteros durante la siguiente poda.

Las especies maderables pierden naturalmente su follaje de febrero a abril, lo cual es conveniente para el cacao, porque en estos meses se encuentra en una fase de llenado de frutos, pero mantienen elevados niveles de sombra durante el segundo ciclo productivo del cacao. Esto constituye una (posible) desventaja de las especies maderables en comparación a las leguminosas.

6) Los ritmos climáticos locales: el manejo del dosel debe "amortiguar" las variaciones estacionales de radiación solar, de modo que se provea de sombra al cacao durante los períodos de mayor insolación y se elimine sombra en los períodos de máxima nubosidad. En "Tala/Bocas", las máximas insolaciones se presentan en los meses

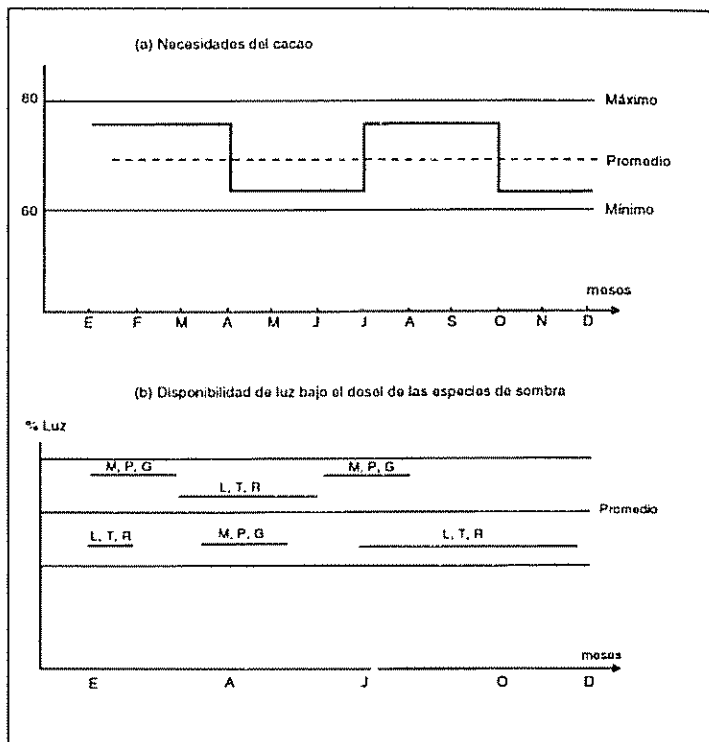
de febrero a abril y de agosto a setiembre, los cuales se caracterizan por la baja nubosidad y la disminución de la precipitación pluvial (Kapp 1989a). Así, se poda fuertemente cuando entra el período lluvioso y se incrementa la nubosidad (mayo a junio) y ligeramente (o no se poda) previo a la época seca y de mayor insolación (enero).

En resumen, las especies difieren en términos de la frecuencia anual y de la severidad (intensidad) de cada poda. Así, se aplican tres podas por año en poró (enero, junio y octubre), dos podas por año en guaba (enero y junio) y una poda por año en madero negro (junio). Las podas de octubre y enero son menos severas que las de junio, para todas las especies (Figura 4).

4.4.2 Raleos

Debido a los elevados costos del manejo de podas de árboles leguminosos, los cuales no serían fácilmente compensados por los efectos del reciclaje de nutrientes y el mejoramiento del suelo sobre la producción de cacao, se abandonó la idea original de manejar altas densidades, con podas frecuentes. Con la intención de desarrollar tecnologías más transferibles a los finqueros, se decidió ralear no solo maderables sino también leguminosas. A continuación se describe el proceso de raleo de especies leguminosas aplicado en Tala/Bocas.

Los árboles leguminosos no tienen valor comercial en "Tala/Bocas" y por eso, la selección de árboles a ralear puede hacerse en forma sistemática para mantener las condiciones de sombra espacialmente homogéneas. Se raleó guaba y poró a los cinco años de edad, y madero negro a los siete años. En guaba y poró, los raleos eliminaron un 50% de la población original, para producir una densidad de 139 árboles/ha. En madero negro se raleó el 25% de la población original para obtener 209 árboles/ha.



M=madero negro, P=poró, G=guaba, L=laurel, T=terminalia, R=roble de sabana

Figura 4. Nivel de luz requerido por el cacao y su disponibilidad debajo de las especies de sombra a lo largo del año.

Los raleos de poró y guaba se ejecutaron en dos fases, separadas por un período de seis meses, tomando en consideración la mortalidad natural existente. En la primera fase, se eliminaron árboles alternos, en líneas de plantación alternas. En la segunda fase, se aplicó el mismo esquema de selección, afectando únicamente las líneas no raleadas en la primera fase. En madero negro, el raleo se ejecutó en una sola fase. Los raleos se ejecutaron antes de la poda fuerte del cacao en

enero-febrero, coincidiendo con la cronología de las podas de los árboles de sombra.

En el raleo de poró y guaba, los árboles fueron anillados y envenenados con una mezcla de Tordón (2,4,5-T) diluido en aceite en relación volumen 1:1. Sin embargo, debido a los daños que se cause a las plantas de cacao por la caída de las ramas muertas y por los riesgos personales, en lugar de ralear por envenenamiento y anillado, se recomienda ralear con motosierra, seguido de eliminación continua de los rebrotes del tocón. Para reducir el daño durante la caída, los árboles a cortar se deben amarrar de sus vecinos inmediatos. Se recomienda también desramar con machete antes de cortar el tronco principal.

En el caso de los maderables, la selección de la especie (por la forma de su copa, densidad del follaje, fenología, etc.) y el manejo de la población (espaciamiento inicial, arreglo de plantación, raleos), son de vital importancia para mantener la sombra dentro de niveles aceptables para la producción de cacao. El diseño de los raleos debe tomar en consideración la mortalidad natural de las especies y responder a las siguientes preguntas:

1) ¿Cuánto ralear?: El número de árboles maderables a mantener en el rodal puede manipularse sólo dentro de márgenes muy estrechos, ya que la densidad de plantación utilizada (204-278 árboles/ha) es cercana a la densidad final recomendada para plantaciones puras de estas especies: 150 a 200 árboles/ha para laurel (Greaves and McCarter 1990), de 80 a 100 árboles/ha para terminalia (Lamb and Ntima 1971) y unos 100 a 150 árboles/ha para roble (estimaciones personales).

Las necesidades de luz del cacao exigirán la reducción de la población por debajo de esas cifras, pero no se dispone de estudios rigurosos que permitan determinar la densidad óptima de estas especies en un cacaotal. Un estudio de diferentes densidades de laurel como sombra de café, mostró que la densidad final no debe exceder los 100 árboles/ha (Beer 1992). Experiencias personales y estimaciones preliminares sugieren las siguientes poblaciones finales: de 50 a 60 árboles/ha de terminalia, de 120 a 140 árboles/ha de laurel y de 100 a 120 árboles/ha de roble de sabana.

En la fijación de estas densidades se toman en consideración los siguientes criterios: a) las anchas copas de terminalia y el denso follaje de roble y terminalia producen más sombra que laurel (de copa estrecha y rala), por lo que se debe ralear con menor intensidad en laurel que en terminalia y roble, b) los notorios problemas de mortalidad regresiva en terminalia y los virtualmente inexistentes problemas de mortalidad en roble, aconsejan ralear en terminalia de forma más conservadora que en roble y c) los cacaotales adultos requieren menos del 50% de sombra.

2) ¿Cuándo ralear?: El temor a dañar el cacaotal durante el aprovechamiento de árboles grandes (Mussak and Laarman 1989) y la reticencia de los finqueros a ralear árboles de pequeñas dimensiones (no comercializables), recomiendan ralear en forma temprana y llegar rápidamente a la población final del turno. En "Tala/Bocas", la falta de información sobre cómo y cuánto ralear en cacaotales, obligó a retrasar los raleos hasta los seis o siete años de edad de los árboles. Al igual que para leguminosas, el raleo debe ejecutarse antes de la poda fuerte del cacao (enero), para "reparar", con la poda, los daños causados por la voltea y extracción de los árboles maderables. Con

técnicas adecuadas, el raleo de árboles de laurel, roble y terminalia de 20 a 30 cm dap y de 20 a 25 m de altura total en uno de los sitios experimentales del Proyecto, no produjo daños apreciables sobre el cacotal (Somarriba *et al.* 1996).

3) ¿Cuáles árboles eliminar?: Se eliminaron en forma prioritaria los árboles mal formados, enfermos y con pobre crecimiento. Sólo en última instancia se eliminaron árboles buenos por consideraciones de espaciamiento y sombreado para el cacao. Obviamente, a diferencia de los raleos de árboles leguminosos, el mantenimiento de una sombra espacialmente homogénea no privó sobre la selección para mejorar la calidad maderable del rodal. Se raleó selectiva y no sistemáticamente.

4.5 MANEJO DIFERENCIAL POR ESPECIE

Las secciones anteriores han mostrado que cada especie de sombra va acompañada de un manejo diferenciado, al cual se llega considerando aspectos de la fisiología del cacao, de la fenología de las especies de sombra, de los ritmos climáticos locales, de las características de crecimiento y tolerancia a podas de las leguminosas de sombra, y de las percepciones que los finqueros tienen sobre la madera y el cacao.

El manejo diferencial por especie de sombra es congruente con el objetivo de desarrollar sistemas de producción adaptados a las condiciones locales, ya que, por ejemplo, imponer un mismo ritmo de podas favorecerá a unas especies y afectará desfavorablemente a otras. Esto no es lógico desde un punto de vista práctico. Por esto, se pretendió adaptar y hasta optimizar, el manejo de cada especie, utilizando en la mayoría de los casos, el sentido común.

5. LAS PODAS DEL CACAO

Se ha enfatizado en las relaciones que existen entre las necesidades de sombra del cacao, los ritmos climáticos, etc. y el manejo de la sombra. Sin embargo, es necesario destacar también que en plantaciones adultas, la manipulación del gran volumen foliar de los árboles de cacao constituye una herramienta importante para el manejo del autosombreamiento. Así, es posible lograr condiciones de luz aceptables podando los cacaoteros en la época en que los maderables se encuentran con mucho follaje (julio a agosto). En sistemas con leguminosas, la manipulación de las condiciones de sombra puede residir fundamentalmente en la poda de los árboles de sombra. En el caso de especies maderables, la poda del cacao constituye una herramienta importante para regular la sombra.

6. LEGUMINOSAS Y MADERABLES: EL MARCO SOCIOECONOMICO

En los sistemas de manejo de sombra leguminosa, la producción agronómica del sistema es estrictamente cacao y las especies arbóreas son del tipo nodriza, cuyo único propósito es crear condiciones (ejemplo, microambientales, fertilidad de suelo, etc.) adecuadas para la producción de cacao. En los sistemas con maderables, los árboles de sombra son fuente de ingresos en forma de madera, y su manejo no está orientado exclusivamente a favorecer la producción cacaotera. En estos sistemas se busca un manejo balanceado que permita la producción de cacao y madera.

El balance deseado entre madera y cacao tiene fuertes bases económicas. Por ejemplo, si las condiciones de precio del cacao son desfavorables, los finqueros estarán dispuestos a sacrificar la producción de cacao en aras de mantener un rodal maderable altamente productivo. Por ejemplo, tratarán de mantener el rodal a la densidad máxima posible para producir mucha madera de aserrío, así tengan que someter al cacaotal a condiciones de excesiva penumbra, bajo nivel de producción, alta incidencia de patógenos por exceso de humedad, etc.

En condiciones de bajos precios para cacao, es también probable que los finqueros darán poca importancia al nivel de daño causado a los cacaoteros por el aprovechamiento de los árboles (voltea y extracción). Esto se observó en Costa Rica entre 1979 y 1981, cuando con la llegada de la monilia y la caída de los precios del cacao, los árboles maderables de sombra fueron aprovechados masivamente, sin

mucha consideración sobre el nivel de daño causado al cacaotal (observaciones personales).

Si las condiciones son favorables para la producción cacaotera, la situación puede ser muy diferente: la tendencia hacia la intensificación del cultivo puede ser tan fuerte, que a semejanza de lo acontecido en café, se llegue a sistemas a casi plena exposición solar, con altas densidades de población, uso intensivo de agroquímicos, estandarización genética, etc.. Por lo tanto, en períodos de bonanza cacaotera las leguminosas podrían ser favorecidas como especies de sombra para cacao.

Con un horizonte de planificación de cinco a 10 años, es posible que la alternativa maderable sea atractiva, aún en condiciones de bonanza cacaotera. Aquí, será importante conocer la forma cómo los finqueros valoran la función de servicio del árbol, y cómo estiman que evolucionarán los precios de la madera y del cacao. La experimentación en "Tala/Bocas" pretendía cuantificar las diferencias en el desempeño biológico y económico de varios sistemas de manejo de sombra con leguminosas y maderables. Los resultados obtenidos (Somarriba *et al.* 1994, 1995a, 1995b, 1996) favorecen la estrategia maderable en los primeros seis a siete años de experimentación. Resta por ver lo que sucederá en los próximos cinco a siete años requeridos para llegar al turno forestal de las especies maderables.

7. OTROS DOSELES DE SOMBRA

La estructura⁴ del dosel de sombra de los cacaotales, en diferentes países, regiones dentro de un mismo país y entre productores de una misma región, varía ampliamente. No existen estudios que permitan explicar esta variabilidad. Sin embargo, estudios de cafetales (Espinoza 1983; Jiménez 1979; Leiva 1987) y agroecología (Steiner 1984; Vandermeer 1989), permiten plantear las siguientes hipótesis:

1) En áreas ecológicamente óptimas (clima y suelo) para el cacao, la diversidad del dosel de sombra será baja; la diversidad será mayor en áreas ecológicamente marginales para el cacao.

2) A un mismo nivel de aptitud ecológica, la diversificación del dosel de sombra será mayor en fincas de productores con menores recursos económicos, o con mayor dificultad de acceso al mercado.

La presencia de cafetales a pleno sol en zonas ecológicamente óptimas para café y no en áreas marginales, la elevada frecuencia de pequeños finqueros con cafetales diversos y las extensas fincas con poca o ninguna sombra, propiedad de finqueros económicamente pudientes, podrían considerarse como evidencias de la validez de estas hipótesis (Figura 5).

⁴ Las especies, densidad poblacional, distribución espacial, estratificación vertical, etc. del dosel de sombra.

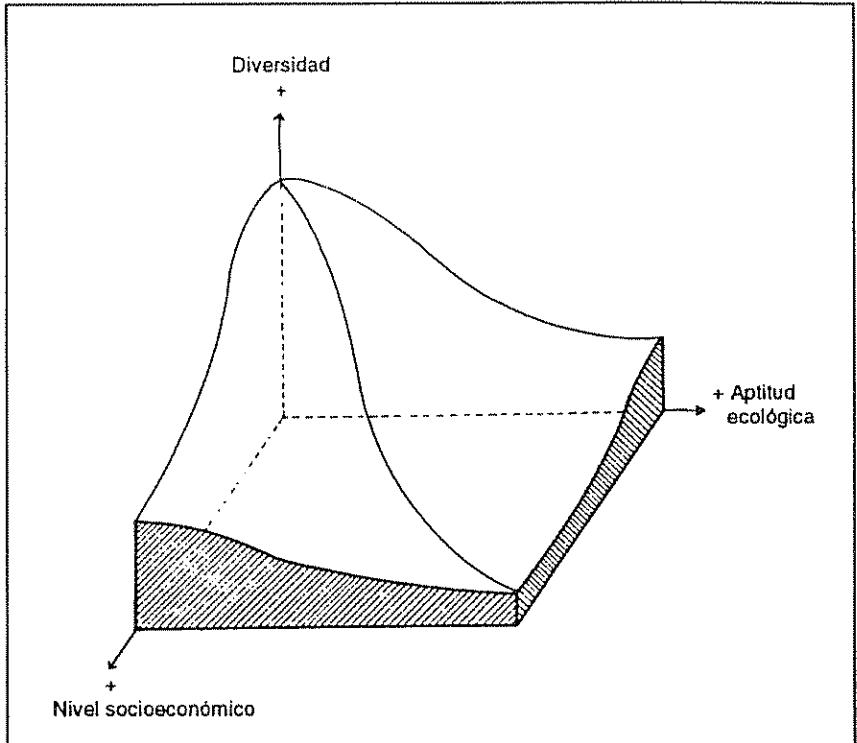


Figura 5. Relación hipotética entre la diversidad del dosel de sombra, la aptitud ecológica del sitio y el nivel socioeconómico del productor.

Desde el punto de vista ecológico, “Tala/Bocas” son óptimas para cacao (Marín 1986; SEPSA 1988), por lo que la utilización de un solo estrato de sombra es congruente con las hipótesis planteadas anteriormente. Sin embargo, los limitados recursos económicos de los productores de estas zonas, lleva a esperar cacaotales con un dosel de sombra más diverso que los evaluados en “Tala/Bocas”.

8. NUEVOS SISTEMAS DE MANEJO DE SOMBRA

La experiencia ganada en "Tala/Bocas" estimula la proposición de mejoras en los sistemas de manejo de sombra. Un esbozo de estas recomendaciones se presenta a continuación:

1) Se enfatizaría en la utilización de especies maderables como sombra.

2) Se preferiría laurel a las otras especies maderables si las condiciones de drenaje son buenas; en suelos con problemas de drenaje se recomienda utilizar roble.

3) Se ampliaría el espaciamiento de laurel de 6 x 6 m a 9 x 9 m, plantando de dos a cuatro plantas por sitio de siembra y raleando a una sola planta a los seis ó 12 meses de edad. No se harían más raleos.

4) Para proveer de sombra al cacao durante los primeros tres años de edad, se intercalarían árboles de guaba a 6 x 6 m y se ralearían escalonadamente, iniciando los raleos a los cuatro años de edad y finalizando a los seis a siete años. Guaba tiene buen crecimiento inicial y provee sombra rápidamente.

5) Se modificaría la composición genética del cacaotal, mediante la introducción de los cuatro mejores híbridos de cacao de toda la experimentación. Esto se complementarían con acciones encaminadas a erradicar árboles de baja o nula producción, y a reproducir aquellos muy productivos mediante injertación, acodos o estacas enraizadas. La tecnología es conocida. Si las condiciones lo permiten, las plantaciones se establecerían desde el inicio, con material clonal altamente productivo.

6) Se mantendría un nivel de manejo similar al aplicado actualmente.

7) Para evitar déficits de sombra durante los primeros años del cacao, los árboles de laurel y guaba deben establecerse mediante asociaciones temporales con cultivos localmente atractivos. El cacao debería introducirse una vez que los árboles de sombra tengan un año de edad. En "Tala/Bocas", la yuca, el maíz y el plátano son opciones atractivas por su mercado o por su consumo interno en la finca.

9. BIBLIOGRAFIA

- AHENKORAH, Y. ; AKROFI, GS; ADRI, AK. (1974). The end of the first cocoa shade, and manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Journal of Horticultural Science* 49:43-51.
- ALPIZAR, L. *et al.* (1985). Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. *Turrialba* 35:233-242.
- ALPIZAR, L. *et al.* (1986). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems* 4:231-257.
- ALVIM, P. de T. (1977). Cacao. *In: Ecophysiology of tropical crops*, P de T Alvim and TT Kozłowski, editores. Academic, New York. pp. 279-313.
- ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R. (1982). Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. II. Cacao. *Plant and Soil* 67:259-269.
- BEER, J.W. (1991). Implementing on-farm agroforestry research: lessons learned in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 15:229-243.

- BEER, J.W. (1992). Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph.D Thesis, University of Oxford, Oxford, England.
- BEER, J.; BONNEMANN, A.; CHAVEZ, W.; FASSBENDER, H.; IMBACH, A.; MARTEL, I. (1990a). Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poró (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. V. Productivity indices, organic material models and sustainability over ten years. *Agroforestry Systems* 12:229-249.
- BEER, J.; BOREL, R.; BONNEMANN, A. (1990b). On-farm agroforestry research planning in Costa Rica. En: BUDD, WD; DUCKHART, I; HARDESTY, L; STEINER, F. Editores. *Planning for agroforestry*. Elsevier, Amsterdam. pp. 58-78.
- BEER, J.W.; HEUVELDOP, J. (1987). A critical analysis of an agroforestry project in Acosta and Puriscal, Costa Rica. In: *Advances in agroforestry research*, JW BEER, HW, FASSBENDER and J HEUVELDOP, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 78-91.
- BEER, J.W.; KAPP, G.B.; LUCAS, C. (1994). Alternativas de reforestación: taungya y sistemas agrosilviculturales permanentes vs plantaciones puras. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico # 230. 25 p.

- BOAS, O.V. (1990). Descomposición de hojarasca y mineralización del nitrógeno de la materia orgánica del suelo bajo cuatro sistemas agroforestales, en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 151 p.
- BORCHERT, R.; HONDA, H. (1984). Control of development in the bifurcating branching system of *Tabebuia rosea*: a computer simulation. *Botanical Gazette* 145(2):184-195.
- BORCHERT, R.; SLADE, N.A. (1981). Bifurcation ratios and the adaptive geometry of trees. *Botanical Gazette* 142(3):394-401.
- BORCHERT, R.; TOMLINSON, P.B. (1984). Architecture and crown geometry in *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae). *American Journal of Botany* 71(7):958-969.
- CABALA, P.; SANTANA, M.; 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.
- COMBE, J. (1979). Conceptos sobre la investigación de técnicas agroforestales en el CATIE. En: Taller sobre sistemas agroforestales en América Latina. G. de las Salas, editor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 49-57.
- DAKWA, J. (1973). Effect of shade on the incidence of black pod. Cocoa Research Institute, Tafo, Ghana. Annual Report 1971 - 1972. pp. 78-80.

- ENRIQUEZ, G.A. (1979). Ensayo central de cultivos perennes en comparación con algunos anuales. *In: Taller sobre sistemas agroforestales en América Latina*. G. de las Salas, editor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 199-202.
- ENRIQUEZ, G.A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza # 22. 239 p.
- ESPINOZA, L. (1983). Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. *In: El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 72-84.
- FASSBENDER, H.W. (1992). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie de Materiales de Enseñanza # 29. 491 p.
- GLOVER, N.; BEER, J.(1986). Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 4:77-87.
- GOLLEY, F.G. *et al.* (1975). Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia Press, Athens, Georgia, USA.
- GREAVES, A.; McCARTER, P.S. (1990). *Cordia alliodora*: a promising tree for tropical agroforestry. Oxford Forestry Institute, Oxford, England. Oxford Forestry Papers #22. 37 p.
- GREENWOOD, M.; POSNETTE, A.F. (1950). The growth flushes of cacao. *Journal of Horticultural Science* 25:164-174.

- HERNANDEZ, I.; PLATEN, H. von (1995). Maderables como alternativa para la substitución de sombra en cacaotales establecidos: la economía. Serie Técnica Informe Técnico 259. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 30 p.
- HERRERA, R.; ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; CUENCA, G.; ACCARDI, A.; NAVIDAD, E.; TORO, M. (1987). Coffee and cacao plantations under shade trees in Venezuela. En: Advances in agroforestry research. JW Beer, HW, Fassbender and J Heuvelodop, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 173-181.
- IICA (1989). Compendio de agronomía tropical, tomo II. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. pp. 478-494.
- IICA (1991). Sombras y cultivos asociados al cacao. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), PROCACAO, Servicio de Información bibliográfica. Turrialba, Costa Rica. 195 p.
- IMBACH, A. (1987). Lixiviación de nutrimentos principales en cuatro sistemas agroforestales con cultivos perennes de Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 167 p.
- JIMENEZ, E. (1979). Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. I. Estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver., México. *Biótica* 4(1):1-12.
- JIMENEZ, E.; MARTINEZ, P. (1979). Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. *Biótica* 4(3):109-126.

- JIMENEZ, F. (1986). Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: café-poró y café-laurel, en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 104 p.
- KAPP, G.B. (1989a). Perfil ambiental de la zona baja de Talamanca, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico # 155. 96 p.
- KAPP, G. (1989b). La agroforestería como alternativa de reforestación en la zona Atlántica de Costa Rica. *El Chasqui (Costa Rica)* 2:16-17.
- KAPP, G.; KREMKAU, K.; DIXON, F. (1991). Manejo sostenido de bosquetes en fincas privadas de los trópicos húmedos: un estudio efectuado en las zonas de Changuinola (Panamá) y Talamanca (Costa Rica). *El Chasqui (Costa Rica)* 26:5-25.
- KING, K.F.; CHANDLER, M.T. (1978). Las tierras desperdiciadas: programa de trabajo del ICRAF. Nairobi, Kenya, ICRAF. 44 p.
- LAMB, AFA; NTIMA, O. Compilers. (1971). *Terminalia ivorensis*. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Englan. Fast growing timber trees of the lowland tropics #5. 71 p.
- LEIVA, J.M. (1987). Caracterización del sistema agroforestal café - especies arbóreas en la cuenca del río Achiguate, Guatemala. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos, Guatemala. (mimeo).

- LUJAN, R. (1992). Dinámica de doseles de tres especies de leguminosas de sombra y efectos sobre la fenología de seis cruces interclonales de cacao. Tesis Mag. Sci., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 101 p.
- MAG (1991). Aspectos técnicos sobre 45 cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. pp. 3-18.
- MARIN, E. (1986). Caracterización edafoclimática de los cultivos de café y cacao. Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Changuinola, Panamá. 129 p. (mimeo).
- MARTINEZ, A.; ENRIQUEZ, G. (1981). La sombra para el cacao. Boletín Técnico #5, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 93 p.
- MAZZARINO, M.; EWEL, J.; BERISH, C.; BROWN, B. (1988). Efectos de una sucesión de cultivos en la fertilidad de suelos volcánicos respecto a la sucesión natural. Turrialba 38(4): 345-351.
- MUÑOZ, F. (1993). Dinámica de raíces finas en los sistemas agroforestales de cacao con sombras de poró o laurel en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 78 p.
- MUSSACK, M.; LAARMAN, J.G. (1989). Farmers' production of timber trees in the cacao-coffee region of coastal Ecuador. Agroforestry Systems 9(2):155-170.

- NIEUWENHUYSE, A. (1994). Los suelos de los sitios del Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Cantón de Talamanca, Costa Rica y Distrito de Changuinola, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 133 p.
- PLATEN, H. von (1991). Economic evaluation of agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. In: SULLIVAN, GM; HUKE, SM; JEFFERSON, MF. Editores. Financial and economic analysis of agroforestry systems. Nitrogen Fixing Tree Association, Hawaii, USA. pp. 174-187.
- RUSSO, R.O. (1983). Efectos de la poda de *Erythrina poeppigiana* (poró) sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo de un sistema agroforestal café-poró. Tesis M.Sc., UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 106 p.
- SANTANA, M.B.M.; CABALA, P. (1982). Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant and Soil* 67:271-281.
- SANTANA, M.B.; CABALA, P. (1985). Reciclagem de nutrientes en uma plantacao de cacau sombreada com *Erythrina*. In: International Cocoa Research Conference IX. Lagos, Nigeria. pp. 205-210.
- SCHLONVOIGT, M. (1993). Aufwuchsentwicklung von *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken in Abhängigkeit verschiedener Pflanzmethoden in agroforstlichen Systemen in der Atlantikzone von Costa Rica. Ph.D Thesis, Gottingen, Alemania.

- SEGLEAU, J.; MORA, F. (1989). Actividades agrícolas de finqueros en el Cantón de Talamanca. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico. 27 p.
- SEPSA (1988). Aspectos agroecológicos y zonificación del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L). Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- SOMARRIBA, E. (1994). Sistemas cacao - plátano - laurel: el concepto. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico # 226. 33 p.
- SOMARRIBA, E.; 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.; BEER, J. (1994). Maderables como alternativa para la sustitución de sombra de cacaotales establecidos: el concepto. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico # 238. 29 P.
- SOMARRIBA, E.; DOMINGUEZ, L. (1994). Maderables como alternativa para la sustitución de sombra en cacaotales establecidos: manejo y crecimiento. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico #240. 95 p.
- SOMARRIBA, E.; DOMINGUEZ, L.; LUCAS, C. (1994). Cacao-plátano-laurel: producción agrícola y crecimiento maderable. Serie Técnica, Informe Técnico #233, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p.

- SOMARRIBA, E.; DOMINGUEZ, L.; LUCAS, C. (1996). Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: manejo, crecimiento y producción. Serie Técnica, Informe Técnico 276, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 48 p.
- SOMARRIBA, E.; MELENDEZ, L.; CAMPOS, W.; LUCAS, C. (1995a). Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico N° 249. Turrialba, Costa Rica. 75 p.
- SOMARRIBA, E.; MELENDEZ, L.; CAMPOS, W.; LUCAS, C. (1995b). Cacao bajo sombra de leguminosas en Margarita, Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción. Serie Técnica, Informe Técnico, CATIE, Turrialba, Costa Rica. En preparación.
- STEINER, K.G. (1984). Intercropping in tropical smallholder agriculture, with special reference to West Africa. 2 ed. GTZ Schriftenreihe # 137, Eschborn, Germany.
- VANDERMEER, J. (1989). The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- WOOD, GAR; LASS, P.A. Eds. (1987). Cocoa. Longman Scientific and Technical, Harlow, United Kingdom.
- YOUNG, A.M. (1984). Flowering and fruit-setting patterns of cocoa trees (*Theobroma cacao* L, Sterculiaceae) at three localities in Costa Rica. Turrialba 34(2):129-142.

AGRADECIMIENTOS

El apoyo técnico y financiero fue proporcionado por el CATIE y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH). Técnicos y asistentes del Proyecto CATIE/GTZ contribuyeron tanto a la depuración de las ideas aquí presentadas, que sus nombres son de mención obligatoria. El equipo técnico: Wilbert Campos, Luis Meléndez, Carlos Lucas, Lázaro Domínguez y Ricardo Luján. Los asistentes: Heriberto Hernández, Giovanni Campos, Meivis Ortiz, Jorge Araya, Maxell Pitti, David Ramos y Juan Guevara. Gerardo Budowski y Oscar Brenes revisaron el manuscrito.