

o sombra de leguminosas lamanca, Costa Rica

Manejo, fenología, sombra y producción de cacao





Serie Técnica. Informe Técnico N° 289

Cacao bajo sombra de leguminosas en Talamanca, Costa Rica

manejo, fenología, sombra y producción de cacao

Eduardo Somarriba

Luis Meléndez

Wilbert Campos

Carlos Lucas

Ricardo Luján

Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ

Serie Generación y Transferencia de Tecnología No 22

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y
ENSEÑANZA**

Turrialba, Costa Rica ,1997

CATIE
IT 589

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 9977-57-275-5

633.74097286

C118 Cacao bajo sombra de leguminosas en Talamanca, Costa Rica: manejo, fenología, sombra y producción de cacao / Eduardo Somarriba [et al.].-- Turrialba, C.R. : CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, 1997
59 p.; 24 cm. --(Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 289)

ISBN 9977-57-275-5

1. Cacao - Sombra - Costa Rica - Talamanca 2. Arboles de sombra 3. Arboles leguminosos I. Somarriba, Eduardo II. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ III. Título IV. Serie

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
DESCRIPCION DEL SITIO	5
DESCRIPCION DEL ENSAYO	7
Cacaoteros, sombras temporales y permanentes	7
Métodos de campo	8
Análisis de datos	10
MANEJO	13
Establecimiento y cronología general	13
Manejo de la yuca	13
Manejo de los árboles de sombra	14
Fase de establecimiento	14
Fase de formación del dosel de sombra	15
Manejo regular de los doseles de sombra	16
Manejo del cacao	17
Primer año (octubre 1988 - 31 marzo 1989)	18
Segundo año (01 abril 1989 - 31 marzo 1990)	18
Tercer año (01 abril 1990 - 31 marzo 1991)	18
Cuarto año (01 abril 1991 - 31 marzo 1992)	19
Quinto año (01 abril 1992 - 31 marzo 1993)	19
Sexto año (01 abril 1993 - 31 marzo 1994)	20
Sétimo año (01 abril 1994 - 31 marzo 1995)	21
Octavo año (01 abril 1995 - 31 marzo 1996)	21
RESULTADOS	23
Cacao	23
Arquitectura de cacaoteros	23
Diámetro del tronco a 30 cm (D30)	23
Fenología	25

Producción de cacao	25
Especies de sombra y ciclos agrícolas	25
Especies de sombra y bloques	27
Cruces interclonales	28
Producción por planta	28
Patrón mensual	29
Pérdidas de mazorcas por patógenos	29
ESPECIES DE SOMBRA	31
Mortalidad	31
Proyección de sombra	32
DISCUSION	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFIA CITADA	38
AGRADECIMIENTOS	40
ANEXOS	41

LISTA DE CUADROS

1.	Diámetro del tronco de los cacaoteros a 30 cm sobre el suelo (D30, en mm) por edad (años) y especie de sombra.	24
2.	Area basal de los cacaoteros (m ² /ha) por edad (años) y especie de sombra.	24
3.	Brotación y floración (en porcentaje) por cruce interclonal.	26
4.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por especie de sombra y por ciclo agrícola (1991-1996).	26
5.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque experimental y ciclo agrícola (1991-1996).	27
6.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque y sombra. Promedios de cinco ciclos de producción (1991-1996).	28

7.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por cruce interclonal y ciclo agrícola.	29
8.	Producción mensual y por ciclo, como porcentaje de la producción total por ciclo. Porcentajes redondeados al entero más cercano.	30
9.	Mazorcas perdidas (%) por ataque de patógenos bajo diferentes especies de sombra y durante cinco ciclos productivos.	31
10.	Mortalidad (%) por especie de sombra y bloque experimental durante el período 1988-1996.	32
11.	Sombra (%) por especie y bloque en el período marzo 1994 - marzo 1996.	32

LISTA DE ANEXOS

1.	Distribución de tratamientos de sombra, Finca Onías Rodríguez, Margarita, Talamanca, Costa Rica. Los números indican repeticiones.	43
2.	Distribución de cacaoteros y árboles de sombra en las parcelas.	44
3.	Esquema de plantación de la yuca como sombra temporal para cacao.	45
4.	Manejo de las especies de sombra.	46
5.	Brotación y floración (en porcentaje) quincenal.	47
6.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por ciclo agrícola (1991-1996). Promedios por bloque y especie de sombra.	48

7. Frecuencia y distribución porcental acumulada de la producción de cacao seco por árbol (g/árbol/año). Promedio de cuatro ciclos agrícolas 1991-1995, en clases de 250 g/árbol/año. Total cacaoteros = 324. 49
8. Mortalidad acumulada (M, %) y poblaciones residuales (N, árboles/ha) por especie de sombra y año. P = poró, M = madero negro, G = guaba. 50
9. Sombra (%) por especie y fecha. 51

RESUMEN

En este documento se compara el desarrollo y productividad de cacaotales bajo tres especies leguminosas de sombra: poró (*Erythrina poeppigiana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y guaba (*Inga edulis*). Los resultados provienen de un experimento establecido en una finca privada en la comunidad de Margarita, Talamanca, Costa Rica, a 20 msnm y con 2560 mm/año de precipitación. Los resultados corresponden al período setiembre 1988 - marzo 1996.

La producción de cacao, la arquitectura, fenología e incremento diamétrico de los cacaoteros fueron similares bajo las tres especies de sombra. En cambio, los cruces interclonales de cacao difirieron en todas estas variables. La pérdida de mazorcas por enfermedades fungosas no fue afectada por las sombras, los bloques ni los cruces interclonales.

La producción promedio de cacao (primeros cinco años de cosecha) fue de 963 kg/ha/año, con variaciones entre 1090 kg/ha/año (madero negro) y 879 kg/ha/año (poró). Pound7 x UF668, el mejor cruce interclonal, produjo un promedio de 1200 kg/ha/año, mientras que UF613 x IMC67, el peor, produjo 698 kg/ha/año. Se encontraron fuertes diferencias en la producción a nivel de planta: algunos cacaoteros produjeron 2.9 kg/año/planta, pero un 69% de la población produjo < 1.0 kg/año/planta.

El desarrollo de los doseles y los niveles de sombra proyectados por las tres especies difirieron sustancialmente entre años y dentro del año. Las causas: diferentes tasas de crecimiento, mortalidad y manejo diferencial de podas y raleos. Madero negro mantuvo menores niveles de sombra que las otras especies. El lento desarrollo inicial de esta especie, su copa abierta y follaje ralo, requiere podas menos frecuentes y menos severas que poró y guaba. Por estas razones, además de su porte bajo que facilita

las podas, y por los altos niveles de producción de cacao bajo madero negro se recomienda esta especie para esta zona ecológica. Sin embargo, es necesario asegurar buenas condiciones de drenaje para evitar la mortalidad de los árboles de madero negro.

Poró mostró elevados niveles de sobrevivencia, vigor y tolerancia a podas fuertes y frecuentes. El gran vigor de poró obliga a incurrir en altos costos de poda. A pesar de las posibles ventajas de esta especie en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, esta especie es poco atractiva a finqueros de la zona de estudio, donde la mano de obra es cara y el precio del cacao es considerado bajo. Guaba desarrolla rápidamente sus copas, provee de adecuada sombra al cacao durante los primeros años de edad y permite mantener bajos niveles de malezas (al contrario de madero negro). Sin embargo, sufre de mortalidad por podas severas y frecuentes, o por mal drenaje. La imposibilidad de ejecutar descumbres severos provoca un aumento constante en la altura del dosel, lo que dificulta y encarece las podas en plantaciones adultas de guaba.

INTRODUCCION

En este trabajo se compara el desarrollo y productividad de cacaotales bajo tres especies leguminosas de sombra: poró (*Erythrina poeppigiana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y guaba (*Inga edulis*). Los antecedentes que justificaron el desarrollo de esta investigación, los criterios para la selección de las especies y los principios generales que guiaron el manejo de la sombra y del cultivo, aparecen en Beer (1991) y Somarriba *et al.* (1996a).

DESCRIPCION DEL SITIO

La finca, propiedad del Sr. Onías Rodríguez, se localiza en la comunidad de Margarita, Baja Talamanca, Costa Rica a 9°36'5" N y 82°45'44" O. Tres años de registros en el sitio de estudio indican una precipitación de 2559 mm/año. Los meses más secos son febrero (107 mm) y octubre (88 mm). La precipitación mensual promedio es de 213 mm, con promedios mensuales de unos 300 mm en los meses de marzo, julio y diciembre. Trece años de registros de lluvia (1981-1993) en Daytonia, a unos 12 km del sitio experimental, en el mismo valle de Sixaola, muestran una precipitación promedio anual de 2306 mm, con variaciones entre 2075 y 2915 mm/año. La finca se encuentra dentro de la zona de vida de bosque húmedo (Tosi 1969) a una altura de 20 msnm.

Hasta 1980, los terrenos de la finca estaban bajo viejas plantaciones de cacao establecidas entre 1930-1940 y semiabandonadas entre 1950-1980 (Somarriba 1993). En 1981, los cacaotales fueron eliminados y sustituidos con pastos en 1983. En 1987, el finquero comenzó a eliminar los potreros para remplazarlos por plátano y una pequeña área de cúrcuma (*Curcuma longa*), donde ahora se localiza el sitio experimental. La plantación de cúrcuma fue precedida por la mecanización de la tierra con un monocultivador; el ciclo de producción de cúrcuma duró un año (cosecha en febrero de 1988).

El sitio experimental es un área plana (2% pendiente) de las terrazas altas del Río Sixaola, el cual corre a unos 2 km hacia el suroeste. No hay evidencias de erosión y no se observa pedregosidad superficial. El suelo es homogéneo, con pequeñas variaciones en el drenaje y en la textura de los horizontes del subsuelo. Se clasifica como Fluvaquentic Eutropept, tiene un drenaje natural moderado, un nivel freático a más de 140 cm de profundidad y un riesgo leve de inundación. La textura predominante es

franco limosa. La fertilidad es alta, con un pH (agua) de 5.7-5.9, CIC de 31, saturación de bases del 91% y contenidos de materia orgánica entre 2.6 y 4.0% en los primeros 20 cm de perfil (Niewenhuyse 1994).

DESCRIPCION DEL ENSAYO

Cacaoteros, sombras temporales y permanentes

Las tres especies de sombra permanente (tratamientos) fueron plantadas en un arreglo experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones (Anexo 1). Los árboles de todas las especies fueron plantados a 6x6 m (278 árboles/ha). Cada parcela (36x36 m = 1296 m²) incluyó 36 árboles: 16 árboles centrales útiles y 20 de borde (Anexo 2).

Las plantas de las tres especies fueron producidas en bolsas de polietileno (18x40 cm) en un vivero temporal establecido en las proximidades del sitio experimental. Se utilizaron semillas de las siguientes procedencias: poró, procedencia San José, Costa Rica (acceso al Banco Latinoamericano de Semillas Forestales BLSF#2788), madero negro de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica (BLSF#2765) y guaba de procedencia local (Margarita, Talamanca, Costa Rica). La intención inicial de desarrollar estudios de competencia radicular justificó la utilización de plantas de semillas en todas las especies de sombra, a pesar de que madero negro y poró se propagan por estacas cuando se utilizan como sombra en café o cacao (Somarriba *et al.* 1996a).

En cada parcela se plantaron 100 cacaoteros a 3x3 m (1111 plantas/ha): 36 cacaoteros centrales útiles y 64 de borde (Anexo 2). Los cacaoteros son cruces interclonales de cacao de la colección del CATIE, Turrialba, Costa Rica. En la parcela útil se plantaron los cruces UF676 X IMC 67, UF613 X IMC 67, UF613 X POUND12, POUND7 X UF668, UF29 X UF613 y CATONGO X POUND12. En los bordes se plantó el cruce EET400 X SCA12. Los 36 cacaoteros útiles constituían una mezcla homogénea de los seis cruces interclonales (seis árboles por cruce), distribuidos en forma aleatoria en cada parcela.

Como sombra temporal durante el primer año y medio se utilizaron, en secuencia, yuca (*Manihot esculenta*) y gandul (*Cajanus cajan*). Las estacas de yuca, variedad Valencia, blanca, fue obtenida de una plantación comercial en una finca vecina. Se utilizaron estacas de 3-4 cm de grosor y 30-40 cm de longitud, con un mínimo de 4-5 entrenudos. La yuca se plantó con una densidad de 6667 plantas/ha (Anexo 3). Debido al lento desarrollo de las copas de los árboles de madero negro, se intentó introducir nuevamente yuca en estas parcelas (octubre 1990) pero no se desarrolló bien.

El gandul se plantó 30 días antes de la cosecha de yuca, con una población de 2222 plantas/ha, dos plantas de gandul por planta de cacao. Los gandules se plantaron directamente por semilla, a 50 cm a ambos lados de cada cacaotero. Se pusieron dos semillas por hueco para asegurar la totalidad de la población y se raleó a una planta por hueco pocos días después de la germinación. No se cosechó grano de gandul sino que se manejó únicamente como sombra para el cacao.

Métodos de campo

Se tomaron las siguientes mediciones:

- 1) Supervivencia de los árboles de sombra y de los cacaoteros en forma bimestral durante los primeros dos años de edad, en forma trimestral durante el tercer año de edad y luego anualmente durante las mediciones de crecimiento.
- 2) Crecimiento del tronco de los cacaoteros a 30 cm de altura sobre el suelo, en forma semestral durante los primeros dos años y luego en forma anual hasta el sexto año (1988-1995).

- 3) Crecimiento en dap, altura total y diámetro de la copa de los árboles de sombra (dos mediciones perpendiculares por árbol: entre y dentro de líneas de plantación). Las mediciones se tomaron (1989-1995) en forma semestral durante los primeros dos años de edad y luego en forma anual. Las mediciones de altura y diámetro de copa se suspendieron tan pronto se iniciaron las podas para regular la sombra, lo cual ocurrió a los 1.5-3.0 años de edad, dependiendo de la especie.
- 4) El número de ramas primarias y la altura de la horqueta (la arquitectura de los cacaoteros) se midió una sola vez a medida que las plantas de cacao desarrollaban el verticilo principal, y antes de la poda de formación.
- 5) Las cosechas de cacao se hicieron en forma quincenal. En cada cosecha se midió la producción de cacao y el número de mazorcas sanas y mazorcas perdidas por monilia (*Moniliophthora roreni*) o fitóftora (*Phytophthora palmivora*). En los picos de producción o en épocas de mucha incidencia de enfermedades, las cosechas se hicieron en forma semanal y cadatres semanas en períodos de baja producción. Los cacaoteros del sitio experimental iniciaron su producción a partir de marzo 1990 (a los 1.5 años de edad). Sin embargo, en este trabajo solo se presentan los registros de cosechas tomados a partir de marzo de 1991, cuando la mayoría de los cacaoteros había comenzado a producir. Se tomaron datos a nivel de planta entre 1991-1995 y a nivel de parcela entre 1995-1996.
- 6) Manejo del cultivo y de los árboles de sombra. Se llevaron registros de todas las labores realizadas, de las cantidades de mano de obra e insumos utilizados y de los precios pagados. Los datos de manejo abarcan desde setiembre de 1988 hasta abril 1996 y serán publicados próximamente en esta misma serie (Calvo y Somarriba 1997).

- 7) Fenología de los cacaoteros. Entre noviembre 1992 y noviembre 1993, se tomaron datos quincenales, por planta, del nivel de brotación de follaje, emisión de chupones (conteo y remoción de los ejes ortotrópicos), floración y crecimiento radial del tronco. Un análisis parcial de estos resultados se presentó en Luján (1992).
- 8) Porcentajes de sombra proyectada por las especies de sombra. Las mediciones se hicieron durante dos años (marzo 1994 - marzo 1996). En el primer año se tomaron datos cada tres semanas, y en forma mensual durante el segundo. La metodología para la evaluación de los niveles de sombra ha sido presentada anteriormente (Somarriba *et al.* 1995). Debido a los raleos de poró y guaba realizados entre 1994-1995, las estimaciones del porcentaje de sombra se realizaron a nivel de parcela y no de planta. Los datos aquí presentados se refieren a las estimaciones a nivel de parcela.

Análisis de datos

La mortalidad (M) de los cacaoteros y de las especies de sombra se determinó con la fórmula:

$$M = D/(P + R)$$

donde D es el número de muertes registradas en la parcela útil al final del período de observación (e.g. marzo 1996); P es el número de plantas en la parcela útil al momento de plantación (e.g. 16 plantas de sombra, plantadas en setiembre 1988) y R es el número de plantas resembradas en la parcela útil al final del período de observación. Esta ecuación permite tomar en cuenta la mortalidad (y replantación) recurrente.

La floración de los cacaoteros se evaluó utilizando una escala visual de cinco clases:

- 0 = sin floración
- 1 = floración baja
- 2 = floración media baja
- 3 = floración media alta
- 4 = floración alta

Dos personas, simultáneamente, asignaban las clases de floración a cada cacaotero. La escala se calibró en las primeras ocho mediciones, tomando los valores visuales de floración de 12 cacaoteros por parcela y contando el número de flores en los primeros 75 cm de la rama principal más gruesa y en el tronco de cada cacaotero. El ajuste de la escala visual a los conteos de flores se realizó mediante análisis de correlación lineal; el buen ajuste ($r=0.82$) permitió continuar las evaluaciones utilizando únicamente la escala visual (Luján 1992).

La brotación se evaluó también en forma visual utilizando una escala de cinco clases (Luján 1992):

- 0 = sin brotación
- 1 = 24% o menos de la superficie de la copa en brotación
- 2 = entre 25-49% de la copa en brotación
- 3 = entre 50-75% de la copa en brotación
- 4 = más del 75% de la copa en brotación

Esta escala es una modificación de un índice diseñado por Greenwood y Posnette (1950). Para el cálculo del porcentaje de brotación o floración por parcela y fecha de medición, se sumaron los valores de la escala visual asignada a cada cacaotero y se expresó esta suma como porcentaje del máximo posible: 36 (cacaoteros por parcela) \times 4 (valor máximo de la escala) = 144 .

En este documento no se presentan los detalles de los análisis estadísticos de los resultados, pero cuando se indican diferencias (o su ausencia) entre tratamientos (sombras, bloques, cruces interclonales), estas se refieren a diferencias estadísticas con una probabilidad de error del 5% o menos. Los datos de producción de cacao por planta, pérdidas de mazorcas por patógenos, arquitectura de cacaoteros, crecimiento radial del tronco de los cacaoteros y fenología, se analizaron con un modelo de parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos principales (especies de sombra), seis subparcelas (los cruces interclonales) y tres repeticiones. Los datos de producción de cacao a nivel de parcela, proyección de sombra y mortalidad de árboles se analizaron con un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Las comparaciones de medias se realizaron con pruebas de Tukey. Los análisis de la varianza de variables expresadas en porcentajes (e.g. porcentaje de mortalidad) se realizaron con datos transformados por el arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje (Sokal y Rohlf 1979).

MANEJO

Establecimiento y cronología general

Las actividades de establecimiento del ensayo se iniciaron en abril de 1988. Se chapió y limpió el terreno (un charral denso con gramíneas de porte alto y residuos de cúrcuma) y se eliminaron unos cuantos árboles residuales de cacao, jobo (*Spondias mombin*) y pejivalle (*Bactris gasipaes*). Unos pocos días después de la chapia se aplicó RoundUp, 1.5 l/ha para eliminar los residuos de cúrcuma. En julio 1988 se aplicó una segunda aspersión con RoundUp, 1.5 l/ha, para eliminar "parches" de maleza que escaparon a la primera aplicación de herbicida y dos días más tarde se plantó yuca como sombra temporal para el cacao. Los árboles de sombra se plantaron dos meses después de la siembra de yuca, en setiembre 1988.

El cacao se plantó cuando la yuca tenía tres meses de edad, en octubre 1988. La yuca se cosechó a un año de edad (julio 1989) e inmediatamente se plantó gandul como segunda sombra temporal para el cacao. El gandul se eliminó paulatinamente dependiendo del desarrollo de la copa de los árboles de sombra permanente: temprano y rápido en guaba, y tarde y paulatino en madero negro (Anexo 4).

Manejo de la yuca

A los 60 días de la siembra (julio 1988) se ejecutaron simultáneamente un desyerbe manual, aplicación de Gramoxone (1.5 l/ha) y la única fertilización (nitrato de amonio, 92 kg/ha) dirigida a las matas con menor desarrollo (matas bien desarrolladas no se fertilizaron). A los 130 días

se deshijó la yuca a un tallo por planta. A los 210 días fue necesario entresacar matas de tiquisque silvestre (*Xanthosoma sp.*). Otras aplicaciones de herbicida (Gramoxone, 0.75 l/ha) se hicieron a los 109 y 256 días y chapeas a los 240 días y en preparación de la cosecha, a los 334 días. La cosecha se realizó a los 12 meses de edad (julio 1989), con una producción promedio de 19 t/ha.

Manejo de los árboles de sombra

El manejo de la sombra permanente puede visualizarse en tres fases: 1) establecimiento, 2) formación del dosel de sombra, y 3) manejo del dosel de sombra. La duración de cada fase depende de las características de sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de las plantas de las diferentes especies. Generalizando, la fase de establecimiento abarca desde la plantación en el campo hasta cuando los árboles tienen un año de edad. La fase de formación del dosel de sombra dura aproximadamente dos años y medio y concluye a los 3-4 años, edad a la que los árboles tienen la arquitectura deseada y sus copas han "cerrado" el dosel (Somarriba *et al.* 1996a). La fase de manejo regular se inicia al finalizar la fase de formación de dosel y dura el resto de la vida útil de la plantación.

Fase de establecimiento

Durante el primer año de edad, las actividades de establecimiento se concentraron en la replantación de árboles muertos y en el control de malezas, especialmente en forma de rodajas (eliminación, manual o con machete, de la maleza en un radio de 1.0 m alrededor de cada árbol de sombra). Se realizaron tres rodajas, previas a las aplicaciones de herbicidas o chapias generales del ensayo, prescritas como parte del manejo de la yuca y de los cacaoteros. Además de reducir la competencia

con malezas, las rodajas pretendían evitar el daño accidental a los árboles por las chapas o durante la aspersión de herbicidas. Las rodajas se realizaron aproximadamente cada seis meses. No se aplicó fertilizante a los árboles de sombra.

Fase de formación del dosel de sombra

El concepto de un "prototipo" de sombra guió las actividades de formación del dosel de sombra. Este prototipo debía satisfacer las siguientes condiciones:

- 1) La base de las copas del dosel de sombra debía tener una altura mínima de 8 m. Así, se tendría un espacio, libre de ramas y hojas, de 3-4 m de altura entre las copas de los cacaoteros y la base de las copas de los árboles de sombra; esto facilitaría la aereación dentro de la plantación.
- 2) Los árboles deberían tener un solo fuste, libre de ramas y de bifurcaciones hasta la base de la copa. Se llegaba a este prototipo manejando diferencialmente cada especie de sombra, según las siguientes consideraciones (Somarriba *et al.* 1996a):
 - a) Los árboles de madero negro, producidos a partir de semillas, desarrollaron tallos múltiples que requirieron la selección de los ejes más erectos y la eliminación paulatina del resto de los tallos. La eliminación de tallos se inició en noviembre de 1989 (al año de edad) y finalizó en junio de 1990 cuando los árboles tenían dos años de edad. Una vez satisfechas las condiciones mencionadas, los árboles fueron dejados a libre crecimiento, eliminando ramas bajas que dificultaban el desarrollo de los cacaoteros, hasta el momento en que las copas de los árboles cerraron el dosel de sombra. El cierre de las copas finalizó en julio 1992, a los cuatro años de edad (Anexo 4).
 - b) En guaba, los árboles ramificaron a 1.0-1.5 m de altura sobre el suelo y requirieron podas paulatinas para desarrollar plantas con un

solo eje hasta los 8 m de altura. Las podas se iniciaron en noviembre de 1989 y finalizaron en junio 1990, a los dos años de edad. Los árboles de guaba fueron los primeros en cerrar completamente el dosel de sombra (Anexo 4). Estudios con otras especies de guaba (*Inga vera*) muestran resultados similares (Thienhaus 1991).

c) Los árboles de poró, si se dejan a libre crecimiento alcanzarían 30 m de altura y no podrían manejarse según las necesidades de sombra del cacao. Por eso, fueron descumbrados (corta del tronco principal y de todas la ramas) a 8 m de altura en abril 1991 (a los 2.5 años de edad, aproximadamente). Antes de esta fecha, el poró sólo requirió podas de ramas bajas. La formación del dosel concluyó en junio 1993, una vez controlado el desarrollo vertical de la copa y cuando se contaba con fuertes ramas horizontales, bien distribuidas para facilitar la poda regular (Anexo 4).

La eliminación de ramas bajas en guaba y poró y la remoción de tallos múltiples en madero negro se realizaron en forma semestral, aproximadamente.

Manejo regular de los doseles de sombra

Los criterios que guiaron el diseño de los raleos, la determinación del número de podas por año y su cronología a lo largo del año han sido presentados en Somarriba *et al.* (1996a). Las podas regulares de guaba se iniciaron en 1991, las de poró en 1993 y las de madero negro en 1994. Considerando el periodo 1988-1995, se han realizado ocho podas en las parcelas de guaba, siete en las parcelas de poró y cinco en las de madero negro, pero con notorias diferencias entre años debido a los raleos (Anexo 4).

Los elevados costos de poda aconsejaron ralear poró y guaba a los cinco años de edad y madero negro a los ocho. En poró, se aplicaron dos

eventos espaciados seis meses; en cada evento, se eliminó el 25% de la población original. Los raleos, mediante anillamiento y envenenamiento, se iniciaron en noviembre 1993 y finalizaron en mayo 1994. Los árboles anillados en el primer evento no mostraron signos de mortalidad a los 30 días, por lo que fueron nuevamente anillados y envenenados (mezcla de aceite quemado y 2,4-D en relación volumen 1:1) en marzo 1994. La mortalidad fue también baja, por lo que se eliminaron con motosierra durante el segundo raleo en mayo 1994. Los rebrotes se eliminaron a medida que aparecieron, durante las labores regulares de manejo de la plantación.

En guaba, se anilló el 25% de los árboles en enero 1994, siguiendo los mismos principios aplicados a poró. Los árboles anillados en enero no mostraban, en marzo, signos de mortalidad por lo que fueron re-anillados y envenenados a finales de marzo 1994. A finales de mayo 1994, se eliminaron con motosierra junto con el 25% adicional programado para el segundo evento de raleo. En madero negro los raleos fueron muy leves (14%) y ejecutados en forma selectiva considerando la moderadamente alta mortalidad natural de cada parcela.

Manejo del cacao

Las semillas de cacao se sembraron (27/05/88) en bolsas de 18 x 40 cm, en suelo fertilizado con 10-30-10, 15 g/bolsa. En vivero, las plantas recibieron tres aplicaciones de insecticida (dos de Tamaron 600, 100 cc/bomba de 20 litros y una de Lannate, 50 cc/bomba de 20 litros), dos de fungicidas (Difolatan y Cupravit, 70 g/bomba de cada producto y una segunda aplicación de Difolatan, 200 g/bomba), una segunda fertilización edáfica (20-5-15, 5 g/bolsa) y una fertilización foliar (20-20-20, 200 g/bomba). El cacao fue trasplantado a campo a los cinco meses de edad.

A continuación se presenta un relatorio del manejo del cultivo, organizado con base en el "año agrícola", definido para la zona de estudio entre el 1° de abril de cada año y el 31 de marzo del año siguiente.

Primer año (octubre 1988 - 31 marzo 1989)

El cacao se plantó a campo (13/10/88) cuando la yuca tenía 90 días de sembrada y se fertilizó al momento de siembra con 111 kg/ha de 12-24-12 aplicado al fondo del hoyo. En este primer año se hicieron dos rodajas para controlar malezas; otras acciones de control de malezas se cargan al cultivo de la yuca.

Segundo año (01 abril 1989 - 31 marzo 1990)

Entre los 6-14 meses de edad, el cacao recibió una poda de formación, a fin de favorecer una estructura de un solo tronco y ramas principales bien distribuidas. A los siete meses (mayo 89) se hizo la primera fertilización (10-30-10, 78 kg/ha conjuntamente con Nutran, 25 kg/ha); unos días antes se aplicó herbicida (Gramoxone, 1.5 l/ha). En agosto 1989, un mes después de la cosecha de yuca se aplicó RoundUp, 1.0 l/ha, a bajo volumen, y tres semanas después se aplicó Gramoxone (0.75 l/ha) para controlar los rebrotes de yuca. Se hicieron dos chapeas generales a los 11 y 16 meses y rodajas al cacao a los 6, 8, 9 y 14 meses de edad.

Tercer año (01 abril 1990 - 31 marzo 1991)

En este ciclo se realizaron cuatro chapeas, dos de las cuales (abril y setiembre 1990) se hicieron para facilitar la medición del diámetro basal en los cacaoteros. Se aplicó Gramoxone (1.0 l/ha) en julio 1990, tres meses después de la primera chapea. Las fertilizaciones de este ciclo se hicieron en junio y noviembre 1990, previa limpieza del área de rodaja, aplicando 15-15-15, 173 kg/ha/aplicación. Cacaoteros muy inclinados o

con tendencias al volcamiento fueron apuntalados a los 20 meses de edad (mayo 1990). A partir de octubre de 1990 se inició la cosecha de cacao y la eliminación de mazorcas dañadas por enfermedades fungosas. Las cosechas y eliminación de mazorcas enfermas se realizó en forma quincenal. La primera poda de mantenimiento del cacaotal se ejecutó en febrero 1991.

Cuarto año (01 abril 1991 - 31 marzo 1992)

Este ciclo se inició con una fertilización (15-15-15, 136 kg/ha) en abril 1991 y poda de cacao dos meses después. En agosto 1991 se hizo una segunda fertilización con 15-15-15, 503 kg/ha. Con el incremento en la producción de cacao se incrementó la incidencia de monilia y fitóftora. Para reducir el nivel de infestación, se hicieron seis aplicaciones de fungicidas entre enero y octubre de 1991. Los fungicidas utilizados fueron Daconil, 1.0 l/ha y Afungil, 0.5 kg/ha, Ferban, 0.8 kg/ha y Antracol, 0.6 kg/ha. El control fue casi nulo. La aparición de antracnosis (*Colletotrichum sp*) exigió una poda sanitaria de los cacaoteros, en noviembre 1991. En enero 1992 se intercaló un evento quincenal de remoción de mazorcas enfermas, con los eventos quincenales de cosecha (en los que también se eliminaban mazorcas enfermas). La poda de mantenimiento se ejecutó en febrero de 1992. Las deschuponas se hicieron cada 15-21 días.

Quinto año (01 abril 1992 - 31 marzo 1993)

El ciclo se abrió con una aplicación de 15-15-15, 461 kg/ha, la cual se repitió (misma fórmula y dosis) en julio 1992 y enero 1993. En junio se realizó la poda de mantenimiento de los cacaoteros. La primera chapea se realizó a los siete meses del último control de malezas y la segunda y última de este ciclo, a los siete meses de la anterior. Con esto se logró una disminución sensible en la agresividad de las malezas. Además, se tenía un dosel ya bien cerrado por el desarrollo de las copas de los cacaoteros y de los árboles de sombra. No se usó herbicida en este ciclo.

Severos niveles de infestación por antracnosis (especialmente bajo la sombra de poró) requirieron una poda sanitaria en octubre 92. En marzo de 1993 se aplicó una fuerte poda de formación a los cacaoteros, los cuales habían desarrollado una arquitectura poco deseable debido a falta de continuidad en las podas de formación y a fallas en la eliminación oportuna de los chupones (cada 15-21 días). Cortes en ramas gruesas requirieron el uso de pasta cicatrizante elaborada con el fungicida Kocide mezclado con aceite quemado de motor como adherente, 1 kg de fungicida por litro de aceite. Dos semanas después de la poda se aplicó fertilizante foliar (Green Leaf 500 cc/ha) mezclado con Multiminerales (500 cc/ha) y 500 cc/ha de Pegafix como adherente.

Sexto año (01 abril 1993 - 31 marzo 1994)

La apertura del dosel, producto del efecto combinado de podas de cacaoteros y anillamientos y podas de los árboles de sombra, hizo que aumentara el brote de malezas, con fuerte presencia de gramíneas en los espacios más abiertos. Se ejecutaron cinco chapeas y una aplicación de RoundUp (1.0 l/ha a bajo volumen) en enero 1994. Después de estas acciones no se volvió a chapear o aplicar herbicidas, exceptuando un "parchoneo" con RoundUp en enero 1994. Se hicieron tres aplicaciones de fertilizantes: junio 1993 (18-5-15, 222 kg/ha), setiembre 1993 y enero 1994 (20-7-12, 167 kg/ha).

En diciembre 1993 se desbordó el Río Sixaola. El sitio experimental fue afectado por la entrada de una corriente que lavó el suelo dejándolo desnudo, sin hojarasca ni malezas. Las lluvias ocasionaron fuertes pérdidas de floración y alteraron el ritmo fenológico del cacaotal. En los troncos de cacao y árboles se amontonó basura y lodo. Un mes después de esta inundación se desarrolló un fuerte ataque de antracnosis que se controló con poda sanitaria en enero de 1994. Podas de mantenimiento se realizaron en mayo 1993 y en febrero 1994. Las deschuponas se realizaron cada 15 días.

Séptimo año (01 abril 1994 - 31 marzo 1995)

Deschuponas se hicieron simultáneamente con las cosechas, para bajar costos de manejo. Aráceas trepadoras se convirtieron en la principal maleza y, gracias a que su vigorosa capacidad de regeneración vegetativa inutiliza la aplicación de chapias, se optó por deshierbas manuales (seis eventos en el ciclo), arrancando el material y lanzándolo al sol, raíces arriba, fuera de las parcelas. Se fertilizó en julio y noviembre 1994 (20-7-12, 167 kg/ha). Las podas de mantenimiento se ejecutaron en noviembre 1994 y en marzo 1995.

Octavo año (01 abril 1995 - 31 marzo 1996)

Debido al incremento en los precios del cacao orgánico, y por interés del propietario de la finca, el cacaotal recibió un manejo "orgánico" a partir de este ciclo agrícola. Así, se excluyó el uso de herbicidas y fertilizantes. El nuevo protocolo de manejo incluyó: cosechas de cacao y deschuponas cada 15 días, eliminación de mazorcas enfermas cada 15 días intercaladas con las cosechas, eliminación manual de bejucos trepadores en las parcelas de guaba y poró en repeticiones 1 y 3 (abril 1995 y diciembre 1995), una chapia en "parches" de las parcelas de guaba y poró en la repetición 3, y dos eventos de poda de cacao (junio 1995 y enero 1996). Para mejorar la arquitectura de los cacaoteros, además de las dos podas regulares, se realizaron podas leves para eliminar bubas (crecimiento anormal de los cojines florales), despuntes de ramas con fuerte crecimiento vertical y eliminación de tocones podridos de ramas podadas el año anterior. Estos eventos tuvieron lugar en julio, agosto, setiembre y octubre de 1995. Dos cacaoteros enfermos fueron erradicados en octubre y los drenajes limpiados y recavados en noviembre 1995.

RESULTADOS

CACAO

Arquitectura de cacaoteros

Los cacaoteros de este ensayo tienen un valor modal de cinco ramas primarias en el verticilo, sin diferencias entre bloques, sombras o cruces interclonales. En cambio, los cruces difirieron en términos de la altura hasta el verticilo, con un máximo de 140 cm en Pound7 x UF668 y 102-104 cm en Catongo x Pound12 y UF613 x IMC67. Los otros cruces desarrollaron verticilos a 118-122 cm de altura. Desde el punto de vista de manejo, los cruces con verticilos a 150 cm de altura son preferibles a los cacaoteros de porte muy bajo (difícil cosecha, mayores riesgos de infección por hongos debido al salpique del agua).

Diámetro del tronco a 30 cm (D30)

A los seis años de edad, el desarrollo del tronco de los cacaoteros a 30 cm de altura sobre el suelo fue ligeramente mayor bajo sombra de poró y madero negro que bajo guaba (Cuadro 1). No se detectaron diferencias entre bloques. Los cruces interclonales también difirieron en D30, con 101-102 mm en Catongo x Pound12 y UF29 x UF613 y 112 mm en Pound7 x UF668. Los otros cruces alcanzaron entre 106-109 mm a los seis años de edad.

El área basal de los cacaoteros a los seis años de edad fue 11 m²/ha bajo poró y un mínimo de 9 m²/ha bajo guaba (Cuadro 2). Los incrementos medios y corrientes anuales en área basal (que se derivan de los datos en Cuadro 2) indican que los máximos incrementos ocurren cerca de los tres años de edad.

Cuadro 1. Diámetro del tronco de los cacaoteros a 30 cm sobre el suelo (D30 en mm) a diferentes edades y bajo diferentes especies de sombra.

Edad (años)	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
1	35	35	30	33
2	69	66	58	64
3	89	86	84	86
4	99	96	91	96
5	106	102	97	102
6	111	106	102	106

Cuadro 2. Area basal (m²/ha) de los cacaoteros a diferentes edades y bajo diferentes especies de sombra.

Edad (años)	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
1	1,6	1,7	1,3	1,5
2	4,2	3,8	3,0	3,7
3	6,6	6,5	5,7	6,3
4	8,7	8,3	7,4	8,1
5	10,0	9,4	8,5	9,3
6	10,9	10,2	9,2	10,1

Fenología

No se encontraron diferencias entre bloques ni entre sombras en la brotación de los cacaoteros. Las diferencias se presentaron únicamente entre cruces interclonales. El máximo nivel (50%) de brotación se registró en el cruce UF613 x IMC67 y el mínimo (41%) en Pound7 x UF668 (Cuadro 3). Considerando todos los cacaoteros del ensayo, se presentan picos de brotación a lo largo de todo el año, con intervalos de 30-45 días. El porcentaje máximo de brotación (94%) se observó en junio 1992; los otros picos de brotación fueron del orden de 50-70% (Anexo 5).

A diferencia de lo observado para brotación, la floración difirió únicamente entre sombras, con porcentajes de 40-44% para madero negro y poró, y un mínimo del 31% bajo sombra de guaba. La floración no mostró picos claramente diferenciados durante el año, aunque los mayores porcentajes se registraron entre octubre y diciembre (Anexo 5).

Producción de cacao

Especies de sombra y ciclos agrícolas

La producción de cacao seco, promedio de todas las especies de sombra, bloques del experimento y cinco ciclos agrícolas (1991-1996), fue de 963 kg/ha/año. Los rendimientos se mantuvieron alrededor de los 900 kg/ha/año durante los primeros cuatro años, con un marcado incremento a 1200 Kg/ha/año en el ciclo 1995-1996 (Cuadro 4).

La producción promedio de los bloques experimentales durante los cinco ciclos productivos fue de 900 kg/ha/año en los bloques dos y tres, y de 1100 kg/ha/año en bloque #1 (Cuadro 5). A pesar de la estabilidad de esta jerarquía entre bloques experimentales durante los cinco ciclos, estas diferencias no son estadísticamente significativas.

Cuadro 3. Brotación y floración (en porcentaje) por cruce interclonal.

Cruce	Brotación	Floración
Catongo x Pound 12	43	40
Pound 7 x UF 668	41	35
UF 29 x UF 613	44	32
UF 613 x IMC 67	50	43
UF 613 x Pound 12	47	43
UF 676 x IMC 67	43	36
Promedio	45	38

Cuadro 4. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por especie de sombra y por ciclo agrícola (1991-1996).

Ciclo	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
91 - 92	718	1082	900	900
92 - 93	680	1257	756	898
93 - 94	932	922	864	906
94 - 95	853	986	808	882
95 - 96	1211	1201	1282	1231
Promedio	879	1090	922	963

Cuadro 5. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque experimental y ciclo agrícola (1991-1996).

Ciclo	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Promedio
91 - 92	990	808	902	900
92 - 93	1164	753	776	898
93 - 94	1097	794	828	906
94 - 95	1146	807	694	882
95 - 96	1279	1147	1268	1231
Promedio	1135	862	894	963

Especies de sombra y bloques

El promedio de cinco ciclos productivos no mostró diferencias estadísticas entre sombras ni entre bloques experimentales (Cuadro 6). Al analizar los datos de producción por sombra y bloque en los diferentes ciclos agrícolas (Anexo 6), se encontró que en ciertos ciclos, las producciones difirieron entre sombras, mientras que en otros ciclos, las producciones difirieron entre bloques. Así, en el ciclo 92-93, la producción bajo madero negro (1257 kg/ha/año) fue mayor que los 680-756 kg/ha/año bajo las otras especies. En ciclo 94-95 la producción del bloque #1 (1146 kg/ha/año) fue mayor que la registrada en el bloque #3 (694 kg/ha/año). En los ciclos 91-92, 93-94 y 95-96 no se detectaron diferencias ni entre sombras ni entre bloques.

Cuadro 6. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque y sombra. Promedios de cinco ciclos de producción (1991-1996).

Bloque	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
1	960	1438	1007	1135
2	766	960	860	862
3	910	871	899	893
Promedio	879	1090	922	963

Cruces interclonales

Los cruces interclonales mostraron fuertes diferencias en sus niveles de producción durante los cuatro ciclos evaluados (1991-1995). El cruce Pound7 x UF668 produjo un promedio de 1200 kg/ha/año, 500 kilogramos más que UF613 x IMC67, el peor productor (Cuadro 7). Pound7 x UF668, junto con UF 613 x Pound 12 y UF 676 x IMC 67 ocuparon siempre las primeras posiciones durante los cuatro años de evaluación. Los peores cruces produjeron alrededor de 700 kg/ha/año. La producción de los cruces no fue modificada por las especies de sombra.

Producción por planta

La producción de cacao seco por planta (promedio de cuatro ciclos productivos 1991-1995) varió entre 0-2900 g/árbol/año. El 69% de los árboles produjeron menos de 1 kg/árbol/año, mientras que apenas el 10% produce > 1.5 kg/árbol/año (Anexo 7). La población de cacaoteros de este ensayo se caracteriza por la existencia de muchos árboles que producen poco y pocos que producen bien.

Cuadro 7. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por cruce interclonal y ciclo agrícola.

Cruce	91 - 92	92 - 93	93 - 94	94 - 95	Promedio
Pound 7 x UF 668	1128	1280	1210	1183	1200
UF 613 x Pound 12	1118	1011	1177	1145	1113
UF 676 x IMC 67	931	945	953	839	917
UF 29 x UF 613	677	776	755	699	727
Catongo x Pound 12	835	698	666	696	724
UF 613 x IMC 67	711	675	676	731	698

Patrón mensual

La producción de cacao en el sitio experimental es bimodal, con un primer período entre marzo - julio y otro entre octubre - enero. Un 42% de la cosecha total se produce en cada período. Las más bajas producciones se registran en los meses de agosto, setiembre y febrero (Cuadro 8). Los picos de producción en un año dado pueden desplazarse 1-2 meses de estos promedios. El promedio mensual es del 7%, lo que con una producción promedio de 963 kg/ha/año, resulta en una producción mensual de 67 kg/ha.

Pérdidas de mazorcas por patógenos

El porcentaje de pérdida de mazorcas en este experimento durante cinco ciclos de cosechas fue del 37%. No se detectaron diferencias entre sombras, bloques, ni entre cruces interclonales de cacao (Cuadro 9). Las

pérdidas fueron causadas principalmente por el ataque de monilia, aunque también se registraron pérdidas por fitóftora. Las diferencias en los niveles de pérdidas ocurrieron principalmente entre años: un mínimo del 17% para el ciclo de cosechas 1993-1994 y un máximo del 60% para el ciclo 1995-1996.

Cuadro 8. Producción mensual y por ciclo, como porcentaje de la producción total por ciclo. Porcentajes redondeados al entero más cercano.

Mes	91 - 92	92 - 93	93 - 94	94 - 95	95 - 96	Promedio
04	6	6	7	8	7	7
05	9	6	9	16	10	10
06	12	8	9	6	7	8
07	8	6	7	4	13	8
08	5	6	2	3	5	4
09	6	1	3	8	7	5
10	7	4	17	16	14	12
11	10	8	25	10	9	12
12	7	20	9	5	5	9
01	6	16	4	6	11	9
02	9	8	2	4	5	6
03	16	10	4	14	7	10

Cuadro 9. Mazorcas perdidas (%) por ataque de patógenos bajo diferentes especies de sombra y durante cinco ciclos productivos.

Ciclo	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
91 - 92	36	45	33	38
92 - 93	41	37	43	40
93 - 94	17	21	14	17
94 - 95	34	23	23	30
95 - 96	60	62	59	60
Promedio	37	37	34	37

ESPECIES DE SOMBRA

Mortalidad

La mortalidad promedio de los árboles de sombra en el sitio experimental fue del 19%. No se detectaron diferencias entre sombras ni entre bloques (Cuadro 10). Condiciones desfavorables de drenaje se observan en las parcelas de madero negro en bloque 1 (mortalidad 42%) y de guaba en bloque 3 (mortalidad 46%). La distribución de la mortalidad a lo largo de ocho años de observación difirió entre especies (Anexo 8). En poró, la mortalidad se inició al segundo año de edad y se estabilizó en el cuarto año. En madero negro, la mortalidad se inició al cuarto año de edad e incrementó hasta el séptimo año. En guaba, la mortalidad se inició al tercer año y se incrementó hasta el séptimo año. La población residual al octavo año (considerando mortalidad natural y raleos) fue de 203 árboles/ha de madero negro, 139 árboles/ha de poró y de 75 árboles/ha de guaba (Anexo 8).

Cuadro 10. Mortalidad (%) por especie de sombra y bloque experimental durante el período 1988-1996.

Bloque	Poró	Madero negro	Guaba	Total bloque
1	6	42	17	23
2	11	6	17	11
3	11	0	46	22
Total especie *	9	18	29	19

* Calculados sobre una población inicial de 48 árboles útiles. Las estimaciones de mortalidad incluyen resiembras y mortalidad recurrente.

Proyección de sombra

La proyección de sombra fue mayor bajo guaba (52%) que bajo madero negro (49%) y poró (43%). No se detectaron diferencias entre bloques (Cuadro 11). Las pequeñas diferencias entre estos promedios enmascaran los amplios rangos de variación intraanual producidas por raleos y podas. El porcentaje promedio de sombra en las parcelas de poró y guaba varió entre 28-72% y en las de madero negro entre 20-71% (Anexo 9).

Cuadro 11. Sombra (%) por especie y bloque en el período marzo 1994 - marzo 1996.

Bloque	Poró	Madero negro	Guaba	Promedio
1	45	47	55	48
2	42	49	48	46
3	42	50	52	48
Promedio	43	49	52	47

DISCUSION

Las especies de sombra no produjeron diferencias en la arquitectura de los cacaoteros, en la brotación de follaje, ni en los niveles de producción de cacao. El diseño experimental basado en tres repeticiones no permite manejar adecuadamente los amplios rangos de variación de estas variables. Experimentos similares con cuatro (Somarriba *et al.* 1996b) o tres repeticiones (Somarriba *et al.* 1995), utilizando especies maderables como sombra, pero incluyendo guaba como testigo leguminoso, produjeron resultados similares. Únicamente los cruces interclonales mostraron diferencias en términos de todas estas variables.

La homogeneidad en el manejo de la sombra podría ser un factor determinante en el comportamiento similar de los cacaoteros bajo las tres especies de sombra. Las diferencias en los porcentajes de la sombra proyectada por las especies entre 1994 y 1996 no tienen ningún significado práctico y no reflejan las grandes diferencias observadas (pero no medidas) en la sombra proyectada por las especies a lo largo de ocho años de crecimiento, ni los fuertes cambios a corto plazo producidos por podas y raleos.

El comportamiento productivo de los cacaoteros en este ensayo es similar al observado en otros experimentos en la zona de estudio (Somarriba *et al.* 1996b; Somarriba *et al.* 1995), a pesar de que las listas de cruces interclonales no fueron las mismas en todos los experimentos. Este comportamiento puede caracterizarse por la existencia de fuertes diferencias en la producción entre cruces y por la fuerte estructuración a nivel de planta: muchos cacaoteros producen poco mientras que pocos producen satisfactoriamente. Estos resultados abren la posibilidad de mejorar sustancialmente la producción de las plantaciones mediante la utilización

de los mejores cruces interclonales (POUND7 X UF668 y UF613 X POUND 12 en este ensayo), o mejor, mediante la reproducción asexual de los mejores árboles. En el primer caso, la producción esperada puede ser del orden de los 1200 kg/ha/año de cacao seco, mientras que la selección a nivel de planta podría elevar la producción a niveles de 2000-3000 kg/ha/año.

Los resultados sugieren que estos cruces interclonales producen mejor con poca sombra. Por eso, la selección del material genético apropiado debe combinarse con la selección de especies que produzcan poca sombra, a bajo costo. Así, madero negro mostró altos niveles de producción en todo el ensayo y durante la totalidad del período de estudio (1991-1996). Esta especie se caracteriza por un lento desarrollo de la copa durante los primeros cuatro años de edad, la formación de copas abiertas y follaje ralo, además de la pérdida total de las hojas durante la época seca. Todo esto resultó en bajos niveles de sombra entre y dentro del año. No obstante, en las etapas iniciales de la plantación, la cantidad de sombra proyectada por esta especie fue insuficiente para cubrir las necesidades del cacao durante los primeros años de edad, cuando el autosombreamiento es muy reducido y requirió mayores esfuerzos en control de malezas. Madero negro sufre de elevada mortalidad bajo un régimen severo de podas o en condiciones de mal drenaje.

Guaba desarrolla rápidamente sus copas, provee una sombra adecuada al cacao durante los primeros años de edad y permite mantener bajos niveles de malezas (al contrario de madero negro). Sin embargo, sufre de mortalidad por podas severas y frecuentes, o por mal drenaje. La imposibilidad de ejecutar descumbres severos provoca un aumento constante en la altura del dosel, lo que dificulta y encarece la regulación de sombra en plantaciones adultas de cacao.

Poró mostró elevados niveles de sobrevivencia, vigor y tolerancia a podas fuertes y frecuentes. La rusticidad y el vigor del poró, constituyen,

sin embargo, su mayor limitación de manejo, dado que obliga a incurrir en altos costos de poda. Esta especie es poco atractiva para los finqueros de la zona de estudio, donde la mano de obra es cara y el precio del cacao es considerado bajo (Calvo y Somarriba 1997). Esta situación fue la que motivó la implementación de fuertes raleos que permitieran reducir los costos de podas.

Los resultados de cinco años de cosechas mostraron que la producción en este ensayo es bimodal, con una distribución casi exacta de la cosecha en ambos períodos. Los finqueros de la zona de estudio cosechan cacao únicamente "durante la cosecha fuerte", entre octubre y enero. No es posible saber si el patrón mensual observado es un reflejo del manejo regular aplicado en el sitio experimental, pero es indicativo de la necesidad de cosechar quincenalmente durante todo el año.

¿Cómo mejorar los sistemas de manejo de sombra evaluados? Esta pregunta exige una consideración de la selección y manejo de las especies de sombra temporal, de las sombras permanentes, y obviamente, del mejoramiento genético de las poblaciones de cacao. La secuencia yuca - gandul utilizada como sombra temporal en este experimento podría intensificarse y modificarse con una secuencia maíz-yuca-plátano, reemplazando al gandul, que aunque proporciona buena sombra rápidamente, no ofrece un producto comercializable en la zona de estudio. El plátano provee sombra rápidamente y ofrece productos valiosos y comercializables, pero sus poblaciones deben regularse en forma rigurosa para evitar atrasos en el desarrollo de los cacaoteros por excesos de sombra o por daños causados por la caída de las cepas (Almeida 1990; Meléndez 1993). Las bondades (y limitaciones) de la yuca y del maíz como sombras temporales han sido destacadas por muchos autores (Dubón y Sánchez 1991; Martínez y Enríquez 1981).

Conjuntamente con la intensificación del cultivo de las sombras temporales, se deben hacer ajustes en las poblaciones y en el manejo de la sombra permanente recomendada, en este caso, madero negro. Un esquema maíz-yuca-plátano permite manejar la sombra durante los primeros 2.5-3.0 años de la plantación. Los árboles de madero negro deberían plantarse al espaciamiento de 6x6 m utilizado en este experimento o a 6x3 m, con raleo al año 4-5 para obtener una plantación a 6x6 m al año cinco y otro raleo al año siete para obtener una población de 6x12 m. Un incremento en la población de madero negro permitiría manejar adecuadamente los problemas de mortalidad de esta especie y minimizar los déficits de sombra observados durante los primeros años. La elevada mortalidad de madero negro ha sido documentada por otros autores (Thienhaus 1991). En las condiciones experimentales, los árboles de madero negro recibieron un raleo del 25% a inicios del noveno año (no reportado en este documento), pero los niveles de sombra medidos en estas parcelas excedían las necesidades del cacao desde el año siete.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El manejo diferencial de las especies de sombra, diseñado para ofrecer similares condiciones de sombra según las necesidades del cacao, resultó en diferencias estadísticamente no significativas en la producción de cacao. Sin embargo, los menores niveles de sombra producidos por madero negro estuvieron sistemáticamente asociados con mayores niveles de producción de cacao que bajo las otras especies. Si consideramos los menores costos de podas requeridos por esta especie, se recomienda madero negro como sombra para cacao en la zona de estudio, siempre y cuando existan condiciones favorables de drenaje.
2. Aunque la producción de cacao en este ensayo es relativamente alta (963 kg/ha/año de cacao seco), la estructura genética actual de las poblaciones de cacaoteros limita los niveles de producción. Se recomienda la utilización de los dos mejores cruces interclonales (Pound7 x UF668 y UF613 x Pound12) para el establecimiento de cacaotales desarrollados a partir de semillas. Aún más recomendable es el desarrollo de cacaotales basados en la reproducción asexual de los árboles más productivos de este experimento (2.9 kg/planta/año de cacao seco).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Almeida J (1990) Influencia de la sombra temporal de plátano en el crecimiento y desarrollo de plantas en el sotobosque de un cacaotal. Universidad de Costa Rica (UCR), Centro de Investigaciones Agronómicas, San Jose, Costa Rica.
- Beer, JW, *et al*(1991) Implementing on-farm agroforestry research: lessons learned in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 15:229-243.
- Calvo, G; Somarriba, E. (1997) Cacao bajo sombra de leguminosas en Margarita, Talamanca, Costa Rica: costos de manejo. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. Turrialba, Costa Rica. En preparación.
- Dubón A; Sánchez J (1991) Algunos cultivos anuales asociados con cacao en un nuevo sistema de producción. En: Sombras y cultivos asociados con cacao. W Phillips, editor. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico #206. Turrialba, Costa Rica. pp. 69-80.
- Greenwood M; Posnette AF (1950) The growth flushes of cacao. *Journal of Horticultural Science* 25:164-174.
- 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.
- Martínez A; Enríquez G (1981) La sombra para el cacao. CATIE, Serie Técnica, Boletín Técnico # 5. Turrialba, Costa Rica. 41 p.
- Meléndez, L (1993) Sombras temporales para cacao. En: Sombras y cultivos asociados con cacao. W Phillips, editor. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 206. Turrialba, Costa Rica. pp. 99-110.
- Niewenhuyse, A (1994) Los suelos de los sitios experimentales del Proyecto CATIE/GTZ, Cantón de Talamanca, Costa Rica y Distrito de Changuinola, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 133 p. (mimeo).

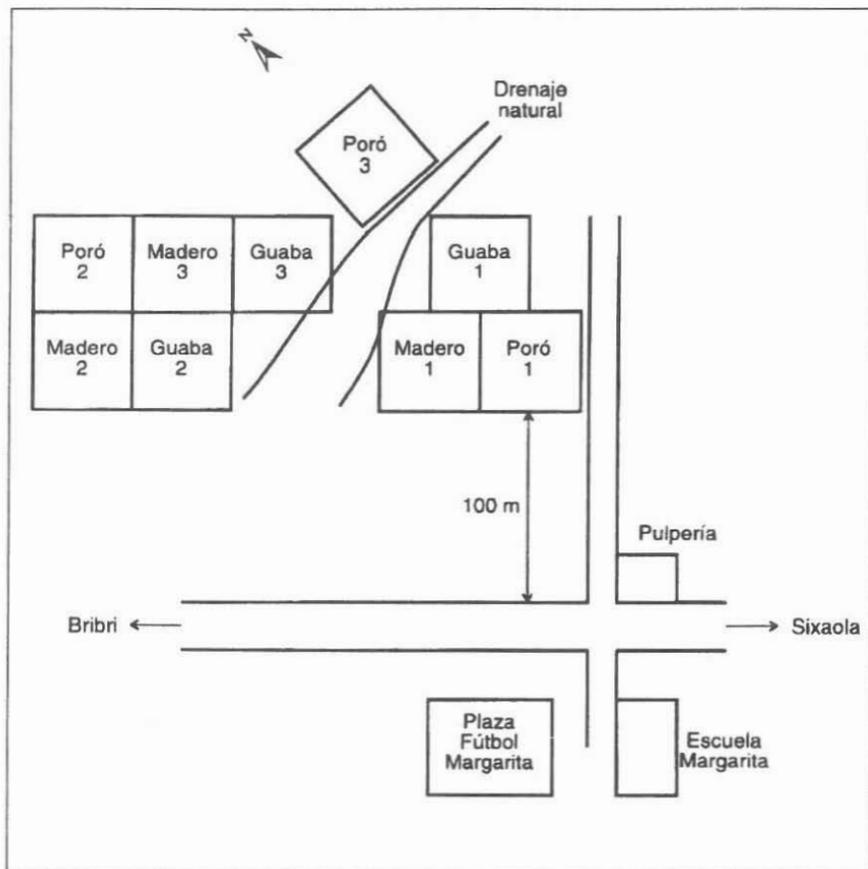
- Sokal RR; Rohlf FJ (1979) *Biometria: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H Blume Ediciones, Madrid, España. pp. 425-426.
- Somarriba, E (1993) *Allocation of farm area to crops in an unstable costarican agricultural community*. Tesis Ph.D, Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA. 165 p.
- Somarriba, E; Meléndez, L; Campos, W; Lucas, C. (1995) *Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico #249. 75 p.
- Somarriba, E; Beer, JW; Bonnemann, A (1996a) *Arboles leguminosos y maderables como sombra para cacao: el concepto*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 274. Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- Somarriba, E; Domínguez, L; Lucas, C. (1996b) *Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: manejo, crecimiento y producción de cacao y madera*. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico #276. 47 p.
- Thienhaus S (1991) *Evaluación de diferentes leguminosas arbóreas como sombra del cacao en El Recreo, Nicaragua*. En: *Sombras y cultivos asociados con cacao*. W Phillips, editor. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 206. Turrialba, Costa Rica., pp. 191.
- Tosi, JA (1969) *República de Costa Rica, Mapa ecológico según la clasificación de Zonas de Vida del mundo de LR Holdridge*. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica. Escala 1:750000.

AGRADECIMIENTOS

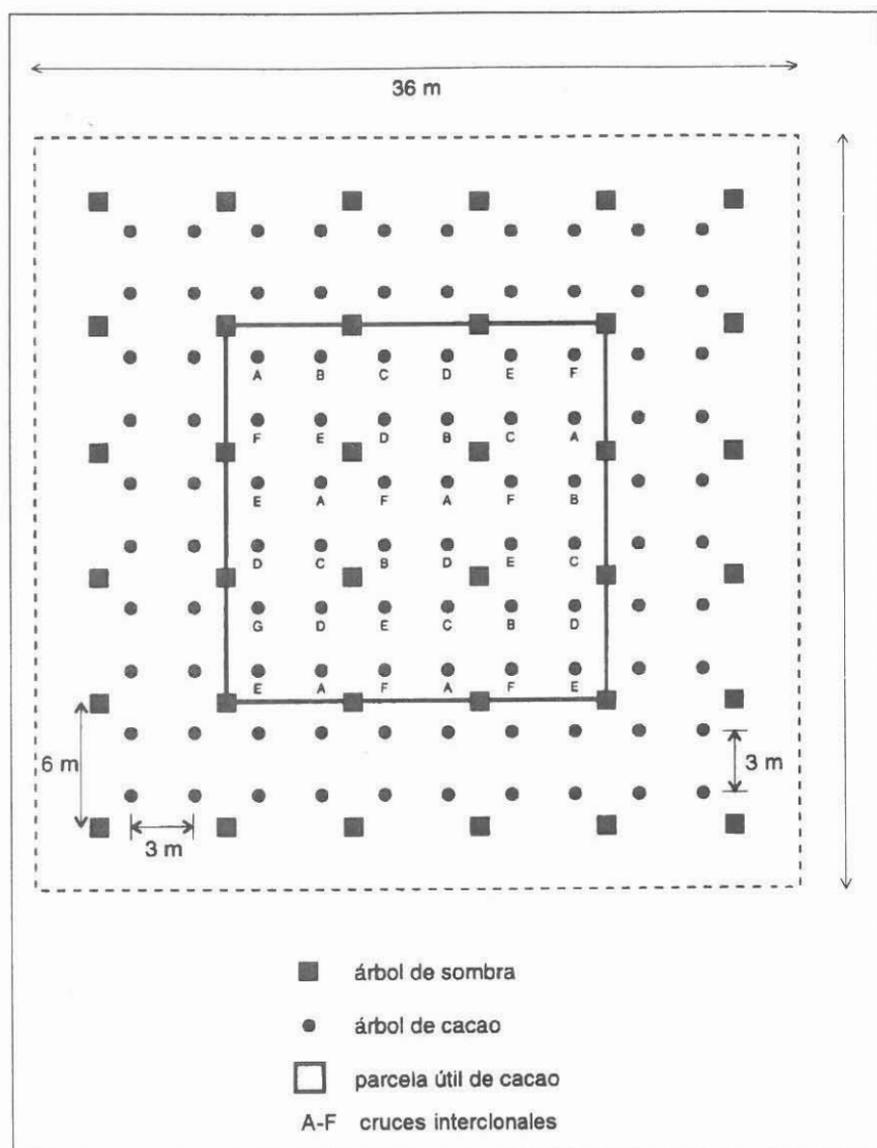
El apoyo técnico y financiero fue proporcionado por el CATIE y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH). Se agradece el apoyo del Sr. Onías Rodríguez, propietario de la finca. Juan Guevara, Geovanni Campos y Heriberto Hernández, asistentes de campo del Proyecto CATIE/GTZ, manejaron el ensayo. John Beer, Wilbert Phillips, Edgar Kopsell y Andrea Schlonvoigt revisaron el manuscrito.

Anexos

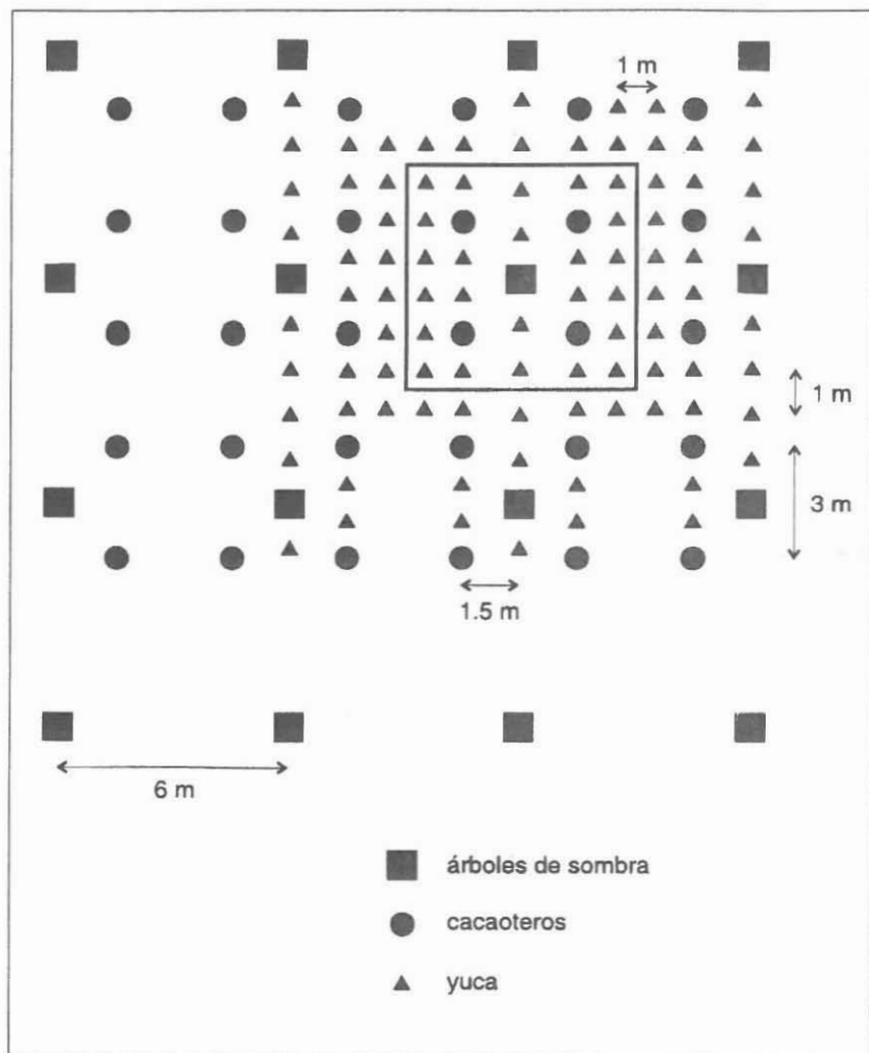
Anexo 1. Distribución de tratamientos de sombra, finca Onías Rodríguez, Margarita, Talamanca, Costa Rica. Los números indican repeticiones



Anexo 2. Distribución de cacaoteros y árboles de sombra en las parcelas



Anexo 3. Esquema de plantación de la yuca como sombra temporal para cacao.



Anexo 4. Manejo de las especies de sombra.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Poró								
Resiembra	D	MJ						
Eliminar gandul		N	FJO					
Podar ramas bajas		N	JO	JO	Y			
Descumbre				A				
Poda formación dosel					L	M		
Poda regular						JN	YSD	YD
Raleo						N	Y	
Madero Negro								
Resiembra	D	MJ			EJ	Y		
Eliminar gandul		N	MJ					
Deshija		N						
Podar ramas bajas			JO	JOD	YD			
Poda formación dosel					L	J		
Poda regular							YSD	YD
Guaba								
Resiembra	D			A		F		
Eliminar gandul		N	E					
Podar ramas bajas		N						
Poda formación dosel			JO					
Poda regular				JOD	MAD	J	L	
Raleo							EY	J

Las letras son los meses del año: E = enero, F = febrero,... Y = mayo, J = junio, L = julio, A = agosto,..., D = diciembre. No se reportan eventos en abril.

Anexo 5. Brotación y floración quincenal (en porcentaje).

Fecha	Floración	Brotación
27 nov 91	64	23
12 dic 92	46	23
07 ene 92	44	25
21 ene 92	32	69
06 feb 92	22	47
18 feb 92	31	33
04 mar 92	29	54
17 mar 92	35	64
31 mar 92	34	43
14 abr 92	29	48
28 abr 92	34	53
12 may 92	32	40
26 may 92	36	28
09 jun 92	44	94
23 jun 92	35	32
07 jul 92	33	47
22 jul 92	42	53
06 ago 92	30	38
18 ago 92	27	38
01 set 92	41	46
15 set 92	48	70
29 set 92	46	52
14 oct 92	40	42
28 oct 92	48	24
10 nov 92	51	37
24 nov 92	43	38

Anexo 6. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por ciclo agrícola (1991-1996). Promedios por bloque y especie de sombra.

Bloque	Poró	Madero negro	Guaba
Ciclo 91 - 92	647	1324	1000
1	735	1024	665
2	771	899	1036
3			
Ciclo 92 - 93			
1	877	1711	903
2	510	1102	647
3	653	957	719
Ciclo 93 - 94			
1	1135	1270	885
2	673	760	949
3	989	735	759
Ciclo 94 - 95			
1	1060	1398	979
2	712	913	797
3	787	646	648
Ciclo 95 - 96			
1	1082	1487	1269
2	1199	999	1243
3	1351	1118	1334

Anexo 7. Frecuencia y distribución porcentual acumulada de la producción de cacao seco por árbol (g/árbol/año). Promedio de cuatro ciclos agrícolas 1991-1995, en clases de 250 g/árbol/año. Total cacaoteros = 324.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	1	0,3
1 - 250	40	12,7
251 - 500	60	31,2
501 - 750	65	51,2
751 - 1000	57	68,8
1001 - 1250	35	79,6
1251 - 1500	32	89,5
1501 - 1750	19	95,4
1751 - 2000	5	96,9
2001 - 2250	6	98,8
2251 - 2500	1	99,1
2501 - 2750	2	99,7
2751 - 3000	1	100,0

Anexo 8. Mortalidad acumulada (MO, %) y poblaciones residuales (N, árboles/ha) por especie de sombra y año. P = poró, M = madero negro, G = guaba.

Año	MO-P	MO-M	MO-G	N-P	N-M	N-G
88 - 89	0	0	0	278	278	278
89 - 90	8	0	0	261	278	278
90 - 91	8	0	6	278	278	278
91 - 92	9	4	13	278	266	261
92 - 93	9	8	18	278	272	272
93 - 94	9	16	24	139	249	139
94 - 95	9	18	29	139	243	75
95 - 96	9	18	29	139	203	75

Anexo 9. Sombra (%) por especie y fecha.

Fecha	Poró	Madero negro	Guaba
11 marzo 1994	34	53	61
08 abril 1994	43	69	67
30 abril 1994	59	71	59
23 mayo 1994	60	50	72
11 junio 1994	45	31	53
04 julio 1994	56	36	58
22 julio 1994	57	42	45
15 agosto 1994	72	49	28
05 setiembre 1994	43	53	33
23 setiembre 1994	45	26	36
15 octubre 1994	57	28	45
04 noviembre 1994	61	37	45
25 noviembre 1994	66	51	56
13 enero 1995	37	23	66
06 febrero 1995	35	27	64
25 abril 1995	62	50	49
09 junio 1995	28	25	53
06 julio 1995	28	30	60
09 agosto 1995	37	35	60
04 setiembre 1995	43	43	50
02 octubre 1995	50	55	50
08 noviembre 1995	63	63	45
04 diciembre 1995	65	68	45
05 enero 1996	32	20	47
05 febrero 1996	42	35	47
05 marzo 1996	42	40	47