

Serie Técnica. Informe Técnico N° 276

*CACAO BAJO SOMBRA DE
MADERABLES EN OJO DE AGUA,
CHANGUINOLA, PANAMÁ: MANEJO,
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE
CACAO Y MADERA*

Eduardo Somarriba

Lázaro Domínguez

Carlos Lucas



Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ

Serie Generación y Transferencia de Tecnología N° 17

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 postgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

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



© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1996.

633.7397287

S693 Somarriba, Eduardo

Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua,
Changuinola, Panamá: manejo, crecimiento y producción de
cacao y madera / Eduardo Somarriba, Lázaro Domínguez,
Carlos Lucas. -- Turrialba, C. R. : CATIE. Proyecto Agroforestal
CATIE/GTZ, 1996.

47 p. ; 22 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no 276)

ISBN 9977-57- 250-X

1. Theobroma cacao -sombra-Panamá 2. Arboles maderables -
Panamá 3. Arboles de sombra -Panamá 4. Cultivo mixto 5. Agroforestería
I. Domínguez, L. II. Lucas, C. III. CATIE. Proyecto Agroforestal
CATIE/GTZ IV. Título V. Serie

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	3
2. DESCRIPCION DEL SITIO	5
3. DESCRIPCION DEL ENSAYO	7
3.1 ARBOLES DE SOMBRA Y CACAOTEROS	7
3.2 METODOS DE CAMPO Y ANALISIS DE DATOS	8
4. MANEJO AGRONOMICO Y FORESTAL	9
4.1 SOMBRAS TEMPORALES	9
4.2 MANEJO DEL CACAO	10
4.3 MANEJO DE LOS ARBOLES DE SOMBRA	12
4.4 RALEOS	16
5. RESULTADOS	22
5.1 CACAO	22
5.1.1 <i>Mortalidad</i>	22
5.1.2 <i>Altura de la horqueta, número de ramas primarias y crecimiento diamétrico</i>	22
5.1.3 <i>Producción de cacao</i>	23
5.1.3.1. Ciclos, especie de sombra y bloques	23
5.1.3.2. Cruces interclonales	24
5.1.3.3. Producción por planta	24
5.1.3.4. Patrón mensual	25
5.2 ESPECIES DE SOMBRA	26
5.2.1 <i>Mortalidad</i>	26
5.2.2 <i>Dap</i>	27
5.2.3 <i>Altura total</i>	29
5.2.4 <i>Diámetro de copa</i>	29
5.2.5 <i>Area basal</i>	31

5.2.6 <i>Volumen total del fuste</i>	31
5.2.7 <i>Sombra</i>	32
6. DISCUSION	34
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
8. LITERATURA CITADA	39
9. AGRADECIMIENTOS	43
10. ANEXOS	44

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30) de seis cruces interclonales de cacao a los cuatro años de edad.	23
Cuadro 2.	Producción promedio de cacao seco (kg/ha/año) por ciclo agrícola y especie de sombra.	24
Cuadro 3.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por cruce interclonal y ciclo agrícola.	25
Cuadro 4.	Patrón mensual de la producción de cacao por ciclo. Cifras son porcentajes de la producción total del ciclo.	26
Cuadro 5.	Mortalidad acumulada (%) por especie de sombra y bloque en los primeros seis años de edad de los árboles.	27
Cuadro 6.	Dap (cm) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.	28
Cuadro 7.	Altura total (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba se descumbraron a los dos años de edad.	29
Cuadro 8.	Diámetro de copa (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba se podaron a partir del segundo año de edad.	30
Cuadro 9.	Area basal (m ² /ha) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.	31
Cuadro 10.	Volumen total del fuste (m ³ /ha) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Secuencia e intensidad de raleo hipotético (a-c) y real (d-f) de una de las parcelas de guaba, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.	18
Figura 2.	Voltea de árboles maderables utilizados como sombra en un cacaotal.	21
Figura 3.	Mortalidad acumulada (%) por especie de sombra durante los primeros seis años de edad.	28
Figura 4.	Porcentaje promedio de sombra por especie y fecha.	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Distribución de tratamientos de sombra, finca Fermín Guerra, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.	44
Anexo 2.	Mapa de aleatorización de cruces interclonales de cacao en las parcelas útiles de Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.	45
Anexo 3.	Cronología del establecimiento del ensayo, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.	46
Anexo 4.	Población residual (N/ha) por especie y bloque después del raleo, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.	46
Anexo 5.	Mortalidad (%) de cacao por bloque y tratamiento (sombras) durante el primer año de edad del cacaotal.	47
Anexo 6.	Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque y ciclo agrícola.	47

RESUMEN

En este documento se comparan cuatro especies de sombra en cacao: tres maderables (laurel, *Cordia alliodora*, roble, *Tabebuia rosea*, y terminalia, *Terminalia ivorensis*) y una leguminosa arbórea (guaba, *Inga edulis*), como "testigo del finquero". El cacaotal era una mezcla homogénea de los siguientes seis cruces interclonales de cacao: Catongo x Pound 12, UF 12 x Pound 7, UF 296 x CC 18, UF 613 x UF 29, UF 668 x Pound 7, y UF 676 x IMC 67. El experimento fue establecido en 1989 en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá y aquí se presentan resultados de seis años de crecimiento de los árboles, los primeros tres ciclos productivos del cacao y los niveles de sombra en 1994-1995.

Las especies de sombra no afectaron la mortalidad de los cacaoteros, su crecimiento diamétrico, su arquitectura (número de ramas primarias y altura a la horqueta) ni la producción de cacao. La producción promedio fue de 790 kg/ha/año. Los cruces interclonales de cacao difirieron grandemente en producción, desde un máximo de 1050 kg/ha/año para UF12 x Pound 7 hasta un mínimo de 680 kg/ha/año para UF 676 x IMC 67. Las especies de sombra no afectaron diferencialmente el comportamiento de los cruces interclonales. Se encontraron fuertes diferencias a nivel de la producción por planta: 77% de los árboles produce menos de 1.0 kg/planta/año.

Los árboles maderables crecieron muy bien. A los seis años de edad, el dap promedio de laurel, terminalia y roble fue de 25, 28 y 23 cm, respectivamente. La altura total promedio fue de 19, 20 y 12 m. Al quinto año de edad, antes del raleo, el volumen total del fuste fue de

90, 82 y 46 m³/ha, en laurel, terminalia y roble. Terminalia sufrió de severos problemas de mortalidad (68%) debido al ataque de hormigas durante el primer año de edad y a mortalidad regresiva a edades superiores. Laurel sufrió un 41% de mortalidad y roble 11%. No se recomienda terminalia como sombra para cacao en la zona de estudio debido a sus problemas de mortalidad. Por su copa rala, moderada mortalidad y buen crecimiento, laurel es la especie más apropiada como sombra para cacao en este estudio. Es preferible utilizar maderables y no leguminosas como sombra para cacao.

1. INTRODUCCION

En este documento, preparado con fines de capacitación y consulta de extensionistas y técnicos, se comparan cuatro especies de sombra para cacao: tres maderables (laurel, *Cordia alliodora*, roble, *Tabebuia rosea*, y terminalia, *Terminalia ivorensis*) y una leguminosa (guaba, *Inga edulis*). Guaba fue introducida a modo de "testigo del finquero" por ser una de las especies más comúnmente utilizadas como sombra en cacaotales tecnificados (BUDOWSKI *et al.*, 1984; MAG, 1991; SANCHEZ y DUBON, 1993) y por haber sido la especie preferida por los pocos finqueros que plantaron árboles como sombra para cacao en esta zona. Con este fin se estableció (1989) un ensayo en la finca del Sr. Fermín Guerra, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá. Una réplica reducida de este ensayo se estableció en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica (SOMARRIBA *et al.*, 1995b).

Aquí se presentan datos del manejo agronómico y forestal aplicado en el período mayo 1989 - marzo 1995, de la mortalidad, crecimiento y arquitectura de los cacaoteros, de la producción agrícola y maderable, y de los niveles de sombra producidos en 1994-1995. Los resultados incluyen seis años de crecimiento de los árboles, tres ciclos completos de producción de cacao (01 abril 1992 a 31 marzo 1995) y un año de datos sobre los niveles de sombra producidos por las especies (abril 1994 - abril 1995)¹. En otros documentos se presentan los anteceden-

¹ El manejo y la producción de cacao se presentan con base en el "año agrícola", definido entre el 01 de abril de un año dado y el 31 de marzo del año siguiente

tes de esta investigación (SOMARRIBA *et al.*, 1995a) y los criterios para la selección de especies, fincas y sitios experimentales (BEER 1991; SOMARRIBA y BEER, 1994).

2. DESCRIPCION DEL SITIO

La finca (9 °17'59" N y 82 ° 27'54" O) se localiza en la comunidad de Ojo de Agua, en las estribaciones de la Fila Almirante. Un año de registros de precipitación pluvial en el sitio de estudio (marzo 1994 - febrero 1995) mostraron un total de 3080 mm/año. La finca se encuentra dentro de la Zona de Vida de Bosque Húmedo Tropical (TOSI 1971).

La finca mide 18 ha. El finquero llegó a esta finca en 1974, fecha en la que 5 ha eran dedicadas a la producción de hortalizas y 13 ha eran bosque. El bosque fue desapareciendo gradualmente en favor de la producción de maíz, frijoles, arroz y hortalizas. En 1979 se eliminaron las 5 ha remanentes de bosque para establecer cacao híbrido², con sombra de guaba (*Inga edulis*) y naranjas. El cacao fue paulatinamente abandonado entre 1985-1990, hasta su total erradicación entre 1991 - 1993 debido a bajos precios, baja producción y a la moniliasis (*Moniliophthora roreri*).

El sitio experimental se encuentra sobre la cima de una loma a 280 m de altitud, en terrenos cultivados en forma itinerante desde 1980. Los suelos (Aeric Tropaquept y Aquic Distropept) se originan de rocas volcánicas depositadas sobre rocas sedimentarias del Terciario, tienen un drenaje natural pobre y una profundidad efectiva de 60-90 cm (NIEUWENHUYSE, 1994). En general, los suelos muestran variaciones en estructura, pendiente, pedregosidad (1-15%) y espesor

² Mezcla de unos 40 cruces interclonales de la colección de cacao del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

del horizonte A. Estas variaciones están relacionadas con la presencia de cantidades variables de materiales del subsuelo (poco fértiles) a poca profundidad.

La textura es arcillo-limosa en los primeros 30-40 cm de perfil y arcillosa a profundidades mayores, lo cual afecta negativamente el desarrollo radicular de los árboles y de los cultivos. Los suelos tienen un pH (agua) de 5.1 y un contenido de materia orgánica del 6.2 % en los primeros 20 cm de perfil. La fertilidad general es media/alta (NIEUWENHUYSE, 1994).

3. DESCRIPCION DEL ENSAYO

3.1 ARBOLES DE SOMBRA Y CACAOTEROS

Las cuatro especies de sombra (tratamientos) fueron plantadas en un arreglo experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Anexo 1). Los árboles de todas las especies fueron plantados a 6x6 m (278 árboles/ha). Cada parcela (36x36 m = 1 296 m²) incluyó 36 árboles: 16 árboles centrales útiles y 20 de borde.

Todos los árboles fueron producidos en bolsas de polietileno en un vivero en Changuinola, transportados en caballo al sitio experimental y plantados en junio de 1989, cuando tenían 3-4 meses de edad y 40-50 cm de altura. Se utilizaron semillas de las siguientes procedencias: laurel, procedencia Talamanca, Costa Rica, número de acceso del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF) #4108; terminalia, procedencia CATIE, Turrialba, Costa Rica, BLSF #4102; guaba, procedencia Finca del Sr. Lázaro Domínguez, Finca 2, Changuinola, Panamá; y roble, procedencia San Antonio de Belén, Heredia, Costa Rica, BLSF #4252.

En cada parcela se plantó (diciembre 1989) una mezcla homogénea de seis cruces interclonales de cacao de la colección del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Los cacaoteros se plantaron con espaciamiento de 3x3 m. Los cruces utilizados fueron: Catongo x Pound 12, UF 12 x Pound 7, UF 296 x CC 18, UF 613 x UF 29, UF 668 x Pound 7 y UF 676 x IMC 67. Cada parcela contaba con 100 cacaoteros: 36 centrales útiles y 64 de borde. Los 36 cacaoteros útiles constituían una mezcla al azar de seis árboles de cada uno de los seis cruces. Un sólo

esquema de aleatorización de cruces en la parcela útil fue utilizado en las 16 parcelas del ensayo (Anexo 2).

3.2 METODOS DE CAMPO Y ANALISIS DE DATOS

Se midió: 1) sobrevivencia y crecimiento de los árboles de sombra; 2) producción (mazorcas sanas y enfermas), crecimiento y arquitectura de las plantas de cacao; 3) manejo (actividades, mano de obra e insumos) de árboles de sombra y de cacaoteros; y 4) porcentajes de sombra bajo las diferentes especies a lo largo del año. El análisis de la mortalidad de los árboles de cacao y de sombra, las metodologías para la medición de cacaoteros (crecimiento, arquitectura y producción) y de árboles de sombra (alturas, dap, fenología y proyección de sombra) siguieron los métodos descritos en otro estudio similar (SOMARRIBA *et al.*, 1995 b).

Las comparaciones³ del crecimiento de los árboles de sombra se restringieron a las especies maderables, ya que las podas periódicas (para regular sombra) de los árboles de guaba a partir del segundo año de edad, impiden comparaciones con las otras especies. La producción de cacao fue evaluada quincenalmente entre el 01 de abril 1992 y el 31 de marzo 1995. Los porcentajes de sombra producidos por las especies fueron medidos cada tres semanas, entre abril 1994 y abril 1995.

³ Cuando se indica la existencia de diferencias (o su ausencia) entre sombras, bloques o cruce intercional, éstas se refieren a diferencias estadísticas con una probabilidad de error del 5% o menos

4. MANEJO AGRONÓMICO Y FORESTAL

Las actividades de establecimiento del ensayo (voltea de árboles de la vegetación original, chapea y limpieza del terreno) se iniciaron en abril de 1989 (Anexo 3). En mayo de 1989 se plantó maíz y unos días más tarde se plantaron los árboles de sombra. El cacao se plantó en diciembre de 1989 junto con un segundo ciclo de maíz, el cual fracasó debido a baja germinación. En mayo de 1990 se introdujo gandul (*Cajanus cajan*) como sombra temporal para el cacao, pero debido a los bajos niveles de germinación (10%), se introdujo un tercer ciclo de maíz a principios de junio de 1990. Este ciclo de maíz se cosechó en octubre de 1990. Un cuarto ciclo de maíz fue plantado en diciembre de 1990 con los mismos problemas de germinación (30%). Debido a estas circunstancias, los cacaoteros de este experimento sufrieron déficits de sombra durante los primeros dos años de edad.

4.1 SOMBRAS TEMPORALES

El maíz del primer ciclo se plantó entre hileras de árboles de sombra, usando la tecnología del finquero, con un espaciamiento de aproximadamente 0.7 x 0.7 m entre hileras de maíz y entre plantas, dejando 1.25 m entre las hileras de árboles y las de maíz. Se depositaron 4 semillas por golpe para una población de 45 000 plantas/ha. Se utilizó maíz criollo (amarillo), variedad calilla, de procedencia local seleccionada por el propio finquero. Este maíz se fertilizó al momento de la siembra con 172 kg/ha de fórmula 12-24-12, se desyerbó antes de siembra (aplicación de una mezcla de gramoxone y 2,4-D a razón de 1.5 l/ha) y a los dos meses de edad (manual), y se cosechó a los

cuatro meses de edad (octubre 1989). La producción promedio de maíz seco al aire fue de 400 kg/ha.

El segundo y siguientes ciclos de maíz se plantaron entre hileras de cacaoteros, según recomendaciones de los técnicos del Proyecto CATIE/GTZ, usando un espaciamiento de 0.7 m entre hileras y entre plantas de maíz, y dejando 0.8 m entre hileras de cacao y de maíz. En todos los casos se utilizó maíz híbrido Pioneer X-8500. Se depositaron 4 semillas por golpe, para lograr una población de 45 000 plantas/ha. No se obtuvo cosecha de los ciclos #2 y #4 debido a pobre germinación. En ciclo #3, el promedio de producción fue 560 kg/ha de maíz seco al aire.

El gandúl, variedad comercial manchado, procedente de Caisan, Chiriquí, Panamá, se plantó en una sola hilera entre hileras de cacao, con 1 m entre plantas de gandul. La población fue de 3 400 plantas/ha. El bajo nivel de germinación no permitió cosechar grano.

4.2 MANEJO DEL CACAO

Las plantas de cacao fueron producidas en un vivero temporal establecido en el sitio experimental. Las plantas se produjeron en bolsas y se trasplantaron al campo cuando tenían 4-5 meses de edad. La siembra fue precedida de una rodaja en el sitio de plantación y una aplicación de herbicida (mezcla de Gramoxone y 2,4-D a razón de 1.5 l/ha). Al momento de siembra, las plantas se fertilizaron con 230 g/planta de 12-24-12 (31, 62 y 31 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente). Dos meses después de la siembra, se replantaron los cacaoteros muertos, se rodajeó toda la plantación y se hizo una chapea general del ensayo.

Cada año, durante los primeros dos años de edad, se hicieron sendas aplicaciones (160 g/planta) de 10-30-10 (18, 54 y 18 kg/ha/aplicación de N, P₂O₅ y K₂O) y 12-24-12 (21, 42 y 21 kg/ha/aplicación de N, P₂O₅ y K₂O). Durante el tercer y cuarto año de edad, se utilizó únicamente fórmula 12-24-12 a razón de 226 g/planta/aplicación, en dos aplicaciones por año (62, 124 y 62 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O). Las fertilizaciones se ejecutaron en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre de cada año, aproximadamente. A partir del cuarto año, se aplicó el equivalente en fórmulas comerciales a 100, 50 y 60 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, fraccionada en tres aplicaciones por año (enero, mayo y octubre). La aplicación de fertilizantes fue siempre precedida de rodajas.

Se hicieron tres aplicaciones anuales de cal agrícola en el área de goteo de todas las plantas de cacao. La primera aplicación se realizó al año de edad de los cacaoteros (noviembre 1990) a razón de 396 g/planta (440 kg/ha); en la segunda y tercera aplicación se utilizaron 226 g/planta (251 kg/ha) y 453 g/planta (503 kg/ha), respectivamente. Las enmiendas de suelo se complementaron con la construcción de drenajes (hasta unos 50 cm de profundidad) en todo el sitio experimental cuando los cacaoteros tenían unos tres años de edad.

Las plantas de cacao recibieron una poda de formación al año de edad, una poda de mantenimiento entre el primero y segundo año de edad, y a partir del segundo año, dos podas de mantenimiento por año. Las podas de mantenimiento incluyeron una poda "fuerte" en enero - febrero y una poda "leve" en junio - julio. El manejo de los cacaoteros incluyó, además, la eliminación mensual de brotes

ortotrópicos (chupones) hasta los cuatro años de edad. A partir de esa edad, para reducir los costos de manejo, la deschupona se realizó simultáneamente con las cosechas quincenales de cacao.

Durante el primer año, se requirieron seis chapeas y seis aplicaciones de herbicidas de contacto (Paraquat, 1.5 l/ha). Durante el segundo año, se realizaron tres chapeas, seis aplicaciones de herbicidas de contacto y una desyerba manual para erradicar coyolillo (*Cyperus spp*). Durante el tercer año, se realizaron dos chapeas y cinco aplicaciones de herbicidas, alternando aplicaciones de Gramoxone (1.5 l/ha) con Round-up (1 l/ha). A partir del cuarto año el control de malezas incluyó 1-2 chapeas por año y 1-2 aplicaciones de Round-up a razón de 1 l/ha.

La cosecha de los frutos maduros de cacao y la eliminación de las mazorcas enfermas por monilia y fitóftora (*Phytophthora palmivora*) se realizó en forma quincenal. En períodos excesivamente lluviosos y de alta producción, la frecuencia de cosechas y de eliminación de mazorcas enfermas se realizó en forma semanal. En períodos de baja producción, la frecuencia se redujo a un evento cada tres semanas.

4.3 MANEJO DE LOS ARBOLES DE SOMBRA

Los árboles se plantaron a principios de junio 1989, quince días después de la aplicación de gramoxone y 2,4-D, previa al establecimiento del primer ciclo de maíz. Una semana antes de la plantación se distribuyeron cebos (Hormitox) para erradicar nidos de hormigas defoliadoras o "zompopas" (*Atta spp* y *Acromyrmex spp*). Durante el primer año de edad, los árboles de todas las especies recibieron cinco rodajas para el control de malezas: la primera a los 30 días después de la plantación y las otras cada dos meses,

aproximadamente. Otras actividades de manejo difirieron entre especies.

Guaba: El manejo de esta especie durante el primer año de edad incluyó únicamente unas pocas resiembras de árboles muertos por chapeas mal ejecutadas. Entre el primero y segundo año de edad, los árboles recibieron una poda de ramas bajas y una poda fuerte de formación de dosel. Entre el segundo y tercer año, se realizaron tres podas para regular las condiciones de sombra dentro del cacaotal. Entre el tercero y el cuarto año sólo se realizó una poda. La mitad de la población fue raleada entre los 4.5-5.0 años de edad. Los detalles del raleo de todas las especies se presentan más abajo.

Terminalia: En el primer año, la recurrente defoliación producida por el ataque de zompopas requirió dos nuevos intentos de erradicación de los hormigueros con Hormitox y una aplicación de Furadán alrededor de la base de los arbolitos. La efectividad del control fue muy baja, lo que resultó en numerosas plantas muertas y constantes resiembras. Al final de primer año de edad, los árboles con copas bien desarrolladas se podaron para eliminar ramificaciones bajas que afectaban el desarrollo de los cacaoteros.

El manejo entre el primero y el segundo año de edad incluyó: 1) un evento de rodaja y numerosas resiembras, y 2) una segunda poda de ramas bajas para facilitar el desarrollo de los cacaoteros. Las zompopas constituyeron el principal problema de manejo de esta especie en su fase de establecimiento. Los ataques fueron constantes durante los seis años de evaluación, pero la mortalidad ocurrió solamente en árboles de menos de 1.5 años de edad.

Entre el segundo y tercer año de edad, el único evento de manejo de los árboles fue una tercera poda hasta 12 m de altura. Podas tan altas no son rentables en la mayoría de las plantaciones forestales puras; la justificación en este caso estaba relacionada con la necesidad de mantener adecuados niveles de sombra para el cacao. El excesivo desarrollo de los doseles en esas fechas exigía considerar la posibilidad de ralear, pero éste no se hizo porque: 1) no se contaba con información que permitiera orientar el diseño de los raleos, 2) faltaba idear un método de raleo que evitara dañar considerablemente el cacaotal, y, en especial, 3) la aparición de mortalidad regresiva de los árboles de terminalia debido al hongo *Rosellinia spp* (ARGUEDAS 1993) obligaban a tomar una actitud muy conservadora con la eliminación de árboles. Ralear sin la posibilidad de estimar la mortalidad futura podría diezmar la población de terminalia y dejar totalmente sin sombra al cacao. Ante estas circunstancias se prefirió podar en lugar de ralear.

A los 2.5 años de edad (diciembre 1991), fuertes vientos volcaron o quebraron un elevado porcentaje de la población de terminalia. El rápido crecimiento apical y la ubicación del sitio experimental en la parte alta de una colina favorecieron esta situación. Entre el tercero y cuarto año de edad continuaron los daños por muerte regresiva y vientos fuertes y aparecieron nuevas plagas y enfermedades. Se intensificaron los ataques del barrenador *Cossula sp* (larva de un lepidóptero que también ataca a especies nativas de *Terminalia*), y el daño por termitas (*Coptotermes sp*) que comen madera viva (ARGUEDAS 1993).

Los problemas de muerte regresiva y daño por vientos fuertes continuaron en el quinto y sexto año de edad. Los árboles muertos

fueron eliminados y los sitios de plantación desinfectados mediante la aplicación de cal en dosis de 2 kg/árbol. Raleos fuertes, destinados a mejorar la calidad maderable del rodal y a reducir los niveles de sombra proyectados por esta especie se ejecutaron en febrero de 1995, a los 5.5 años de edad.

Roble: Durante el primer año de edad, los árboles de roble se podaron para eliminar bifurcaciones. Entre el primero y segundo año, se aplicaron dos podas más y una rodaja para el control de malezas. Nuevas podas de bifurcaciones se realizaron entre el segundo y tercer año y entre éste y el cuarto. No se realizó ninguna labor de manejo entre el cuarto y quinto año de edad, hasta el momento del raleo a los 5.5 años de edad.

Laurel: Entre el primero y segundo año de edad los laureles recibieron dos podas de eliminación de ramas bajas, resiembras y una rodaja para control de malezas. Los ataques del chinche *Dictyla monotropidia* constituyeron el principal problema de manejo durante los primeros 1.5 años de edad de los árboles. Sin embargo, los niveles de mortalidad ocasionados por este insecto fueron bajos. Las infestaciones del chinche fueron atenuadas durante los primeros dos años de edad, mediante dos aspersiones con una mezcla de Thiodan o Malathion a razón de 1.5 g/l de agua, rociados a razón de 100 l de solución por hectárea.

Entre el segundo y tercer año de edad, el manejo del laurel incluyó sólo una poda de ramas bajas. No hubieron otras actividades de manejo hasta los 5.5 años de edad (febrero 1995) cuando se raleó para mejorar las condiciones de iluminación del cacaotal y la calidad maderable del rodal.

4.4 Raleos

Las razones que justificaron los raleos, la edad a la que se ejecutaron, así como los criterios aplicados para la determinación de la intensidad y la selección de los árboles a ralear difirieron entre especies.

En guaba, los raleos pretendían reducir los costos de poda, ya que el desarrollo en altura de los árboles incrementaba continuamente el nivel de dificultad y el costo de las podas, y elevaba los riesgos personales y la probabilidad de ocasionar daños severos al cacaotal por la caída de ramas gruesas desde alturas considerables. Se prescribió un raleo del 50% de la población original, escalonado en dos eventos de 25 % para evitar cambios bruscos en el micro-ambiente del cacaotal. El raleo se inició cuando los árboles tenían 4.5 años de edad (febrero 1994) y finalizó seis meses después (julio 1994).

En el primer evento, los árboles se mataron mediante anillamiento a 30 cm de altura sobre el suelo, eliminando la corteza en un "anillo" de 30 cm de ancho y "pintándolo" con una mezcla de 2,4,5-T (Tordón) y aceite quemado en relación 650/1000 ml, respectivamente. Con esto se pretendía: 1) abrir paulatinamente el dosel de sombra para favorecer al cacao, 2) reducir los costos de raleo, y 3) minimizar los daños al cacao, ya que la pudrición y caída paulatina de las ramas de guaba ocasionaría daños menores al cacaotal.

Los efectos del anillamiento y envenenamiento fueron evidentes a los 30 días, y aunque se logró una apertura paulatina del dosel de sombra y los costos fueron bajos, los riesgos de daño personal y el nivel observado de daño ocasionado al cacaotal por la caída de ramas

secas, aconsejaron la eliminación cuidadosa de los árboles con motosierra al momento del segundo evento de raleo.

Para minimizar el daño al cacaotal, los árboles a voltear se amarraron de sus vecinos y se direccionó la caída entre las hileras de plantación de los cacaoteros. En algunas ocasiones, fue necesario amarrar las ramas de los cacaoteros para "abrir" la calle donde caerían los troncos y ramas gruesas de los árboles de guaba. En el segundo evento de raleo, los árboles se eliminaron con motosierra, sin previo anillamiento ni envenenamiento. Antes de la volteo, se podaron las copas de los árboles a ralear, y se direccionó la caída amarrándolos a sus vecinos para amortiguar la caída sobre los cacaoteros.

Los árboles de guaba se ralearon en forma sistemática. Durante el primer evento, se anilló árbol de por medio, cada línea de por medio. Las líneas no raleadas durante el primer evento se ralearon de igual manera durante el segundo evento (Figura 1). Este esquema básico se modificó ligeramente dependiendo de la mortalidad natural existente en cada parcela al momento del raleo.

La densidad promedio después del segundo raleo fue de 158 árboles/ha, con variaciones entre 139-185 árboles/ha (Anexo 4)⁴. Debido al rápido desarrollo de las copas de los guabas residuales y a la necesidad de mantener bajos costos de manejo (podas), se hizo un tercer raleo a los 6.5 años de edad (i.e. año y medio después del segundo raleo), con la intención de dejar un espaciamiento promedio

⁴ Todas las especies de sombra se plantaron con una densidad inicial de 278 árboles/ha

de 12x12 m (69 árboles/ha). Los resultados del tercer raleo no se presentan aquí.

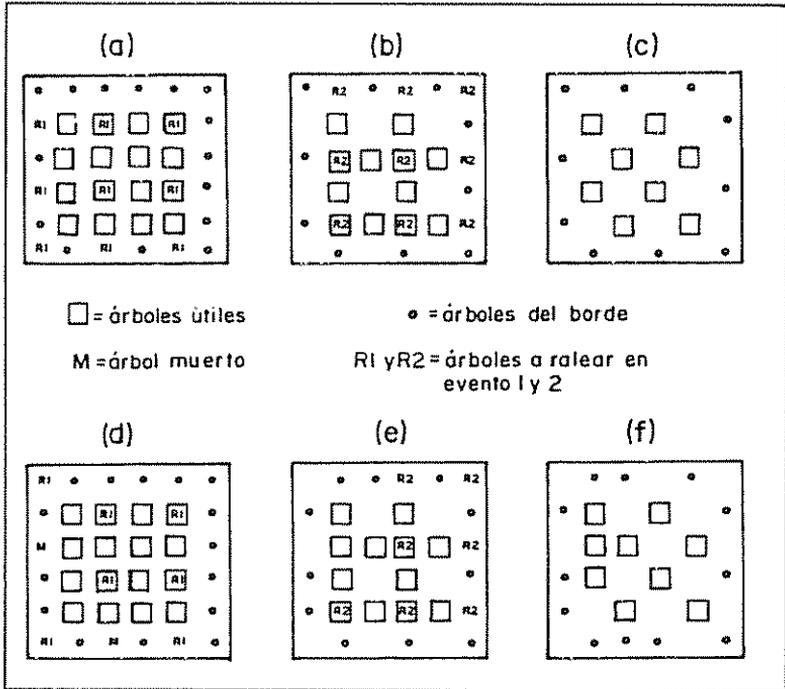


Figura 1. Secuencia e intensidad de raleo hipotético (a-c) y real (d-f) de una de las parcelas de guaba, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.

En todas las especies maderables los raleos se ejecutaron a los 5.5 años de edad. A diferencia de guaba, los raleos no se hicieron en forma sistemática en consideración del valor maderable de cada árbol. Además, se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- 1) Las anchas copas de terminalia y el denso follaje de roble y terminalia producían más sombra que la producida por laurel (de copa

pequeña y abierta). Por estas razones, se requerían raleos más intensos en terminalia y roble que en laurel.

2) Los notorios problemas de mortalidad regresiva en terminalia y los virtualmente inexistentes problemas de mortalidad en roble aconsejaban ralear terminalia en forma más conservadora que roble.

3) Las necesidades de sombra del cacao requerían mantener niveles de sombra menores al 50%.

Estudios anteriores (SOMARRIBA *et al.*, 1995b) mostraron que laurel, terminalia y roble, utilizados como sombra en cacaotales, deben llegar al final del turno forestal con poblaciones de 120-140, 50-60 y 100-120 árboles/ha, respectivamente. Estas cifras guiaron la fijación de la intensidad de los raleos. Se decidió llegar a estas cifras en dos eventos de raleo, con un futuro segundo evento a ejecutarse a los 9-10 años de edad.

Para la selección de árboles a eliminar, se prepararon mapas de cada parcela indicando "huecos" debidos a la mortalidad natural, e identificando árboles enfermos, de mala forma o de bajo crecimiento que debían ser cortados en forma prioritaria. El raleo de árboles vigorosos y de buena forma, que debían eliminarse por consideraciones de sombra en el cacaotal, fue siempre un recurso de última instancia. En este sentido, en los raleos privaron fuertes consideraciones sobre el valor maderable de rodal.

En laurel, la población residual promedio después del raleo fue de 179 árboles/ha, con variaciones entre 170-193 árboles/ha. El promedio para roble fue de 177, con variaciones entre 162-193

árboles/ha. En terminalia, estas cifras fueron de 170 y 154-193 árboles/ha (Anexo 4).

A continuación se describe el procedimiento utilizado para la voltea y trocea de los árboles raleados:

1) La base de la copa del árbol a cortar se amarró con un mecate largo y resistente.

2) Se escogió un árbol vecino de tamaño similar al árbol a ralear, asegurándose que contara con una horqueta o bifurcación gruesa a una altura similar al punto de amarre del árbol a cortar.

3) Se hizo pasar la cuerda amarrada al árbol a voltear a través de la horqueta del vecino escogido, para que éste funcionara como una polea.

4) Se escogió un tercer árbol, ubicado en forma perpendicular a la línea que une al árbol "polea" con el árbol a cortar, y se enrolló (sin atar) el mecate en la base del tronco del árbol de "amarre". Dos operarios manejaban la cuerda en el árbol de "amarre".

5) El árbol a eliminar se cortó de modo que cayera encima (o en dirección) del árbol "polea", al tiempo que se "recuperaba" mecate en la base del tercer árbol (Figura 2).

Con este procedimiento, el árbol cortado quedaba colgando de la copa del árbol "polea" y podía ser bajado paulatinamente mientras se troceaba. Con este procedimiento se cortaron árboles de 15-20 m de altura total y dap entre 20-35 cm sin dañar el cacao.

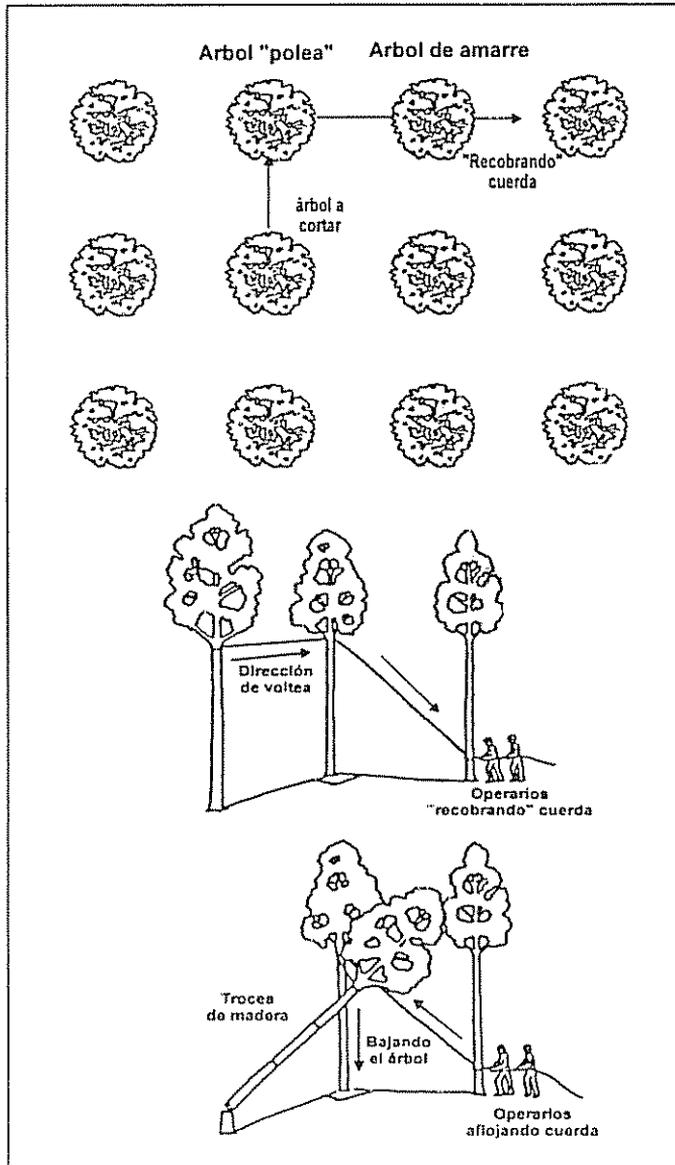


Figura 2. Voltea de árboles maderables utilizados como sombra en un cacaotal.

5. RESULTADOS

5.1 CACAO

5.1.1 Mortalidad

El promedio de mortalidad de cacaoteros en todo el ensayo fue del 8%, sin diferencias entre tratamientos (sombras) y con ligeras diferencias entre bloques. La mortalidad varió entre 5% (bajo roble) y 12 % (bajo laurel). Las mayores pérdidas se registraron en bloques 2 y 4 (13-14 %), mientras que en bloques 1 y 3 la mortalidad varió entre 3-4% (Anexo 5). La totalidad de los eventos de mortalidad ocurrieron durante el primer año de edad.

5.1.2. Altura de la horqueta, número de ramas primarias y crecimiento diamétrico

Los cacaoteros desarrollaron una horqueta a 101-105 cm, con un promedio de cuatro ramas principales. No se encontraron diferencias debidas a las especies de sombra ni a los bloques experimentales.

A los cuatro años de edad, el diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30) alcanzó un promedio de 80 mm, sin diferencias entre especies de sombra ni entre bloques. En cambio, los cruces de cacao mostraron diferencias en D30, con un máximo de 87 mm para UF 12 x Pound 7 y un mínimo de 75 mm para UF 296 x CC 18 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30) de seis cruces interclonales de cacao a los cuatro años de edad.

CRUCE INTERCLONAL	D30 (mm)
UF 12 x Pound 7	87
UF 668 x Pound 7	83
UF 676 x IMC 67	80
UF 613 x UF 29	79
Catongo x Pound 12	78
UF 296 x CC 18	75
PROMEDIO	80

5.1.3. Producción de cacao

5.1.3.1. Ciclos, especie de sombra y bloques

La producción promedio de cacao seco en todo el ensayo fue de 789 kg/ha/año (Cuadro 2). La producción fue menor, para todas las especies de sombra en la tercera cosecha de 94-95. Sin embargo, la reducción (en relación a la cosecha de 93-94) fue proporcionalmente mayor bajo roble (48%) y terminalia (36%) que bajo laurel (29%) y guaba (18%).

Bajo roble se produjo más (863 kg/ha/año) que bajo las demás especies; la menor producción se registró bajo terminalia, con 726 kg/ha/año (Cuadro 2). Bloque #3 produjo ligeramente más

(871 kg/ha/año) que los otros bloques, pero las diferencias entre tratamientos y entre bloques no fueron significativas (Anexo 6).

Cuadro 2. Producción promedio de cacao seco (kg/ha/año) por ciclo agrícola y especie de sombra.

CICLO	92-93	93-94	94-95	PROMEDIO
LAUREL	667	1000	709	762
GUABA	723	874	720	772
ROBLE	922	1096	573	863
TERMINALIA	644	934	599	726
PROMEDIO	739	976	650	789

5.1.3.2. Cruces interclonales

Los cruces difirieron fuertemente en sus niveles de producción, con diferencias mayores a 350 kg/ha/año (Cuadro 3). El mejor cruce fue UF12 x Pound 7, con una producción de 1046 kg/ha/año. Los cruces UF613 x UF29 y UF668 x Pound7 produjeron alrededor de 800 kg/ha/año y los demás unos 700 kg/ha/año.

5.1.3.3. Producción por planta

Muchos cacaoteros produjeron poco y pocos produjeron bien. Así, 35% de los árboles produjo menos de 0.5 kg/ha/año, 77% produjo menos de 1.0 kg/ha/año, y apenas un 6% produjo más de

1.5 kg/ha/año. Unos pocos árboles (tres de un total de 576) produjeron entre 2.75 - 3.0 kg/ha/año.

Cuadro 3. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por cruce interclonal y ciclo agrícola.

CRUCE	92-93	93-94	94-95	PROMEDIO
UF12-POUND7	960	1344	834	1046
UF613-UF29	903	933	670	835
UF668-POUND7	681	1122	628	810
UF296-CC18	700	788	576	688
CATONGO-POUND12	640	794	588	674
UF676-IMC67	549	874	606	676

5.1.3.4 Patrón mensual

La producción se concentró en dos períodos bien diferenciados durante el año (abril-junio y noviembre-enero), con una magnitud de 37% y 39% de la cosecha total del ciclo, respectivamente (Cuadro 4). Dependiendo de las condiciones climáticas de un año dado, los picos de producción pueden desplazarse 1-2 meses.

Cuadro 4. Patrón mensual de la producción de cacao por ciclo. Cifras son porcentajes de la producción total del ciclo.

MES	92-93	93-94	94-95	PROMEDIO
abril	15	10	9	11
mayo	10	18	19	16
junio	14	9	6	10
julio	4	9	1	5
agosto	3	4	0	2
setiembre	2	1	1	1
octubre	2	5	6	4
noviembre	8	21	12	14
diciembre	14	6	25	15
enero	12	9	10	10
febrero	7	4	5	5
marzo	9	3	4	5

5.2 ESPECIES DE SOMBRA

5.2.1 Mortalidad

A los seis años de edad, el total acumulado de mortalidad en todo el ensayo fue del 43 %, con grandes diferencias entre especies de sombra (Cuadro 5). La mortalidad fue del 41% en laurel, 68% en

terminalia, 22 % en guaba y 11 % en roble. Los niveles de mortalidad difirieron también entre bloques, con un máximo del 49 % en bloque #2 (muy afectado por viento) y un mínimo del 36 % en bloque #1. La mayor parte de la mortalidad ocurrió durante el primer año para todas las especies. Sin embargo, especies como terminalia y guaba sufrieron (esporádicamente) mortalidad hasta los 5-6 años de edad (Figura 3).

Cuadro 5. Mortalidad acumulada (%) por especie de sombra y bloque en los primeros seis años de edad de los árboles.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	TOTAL
1	11	0	6	66	36
2	57	42	27	61	49
3	56	25	6	65	45
4	6	6	0	78	41
TOTAL	41	22	11	68	43

5.2.2 Dap

A los cinco años de edad, inmediatamente antes del raleo, el dap promedio fue de 23, 25 y 21 cm para laurel, terminalia y roble (Cuadro 6), lo que equivale a incrementos medios anuales entre 4.2-5.0 cm/año. Los diámetros promedio a los seis años de edad, después del raleo, fueron de 25, 28 y 23 cm para laurel, terminalia, y roble. El crecimiento inicial en

dap fue muy rápido en todas las especies; los máximos incrementos medios y corrientes se alcanzaron a los dos o tres años de edad.

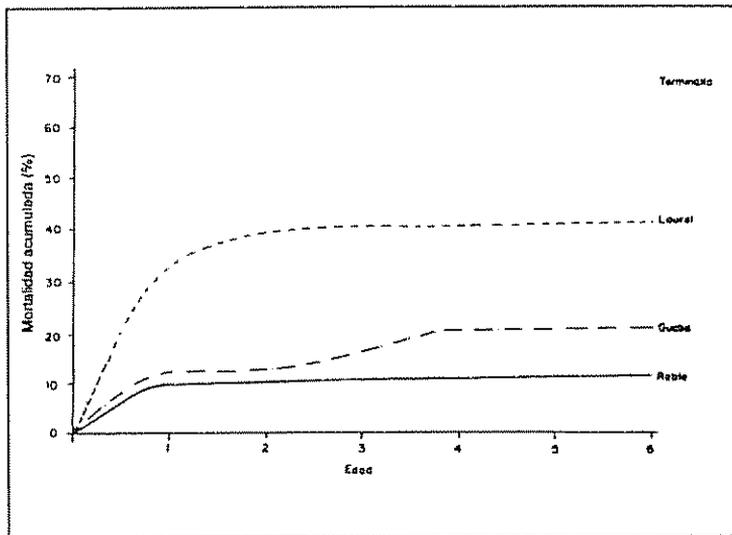


Figura 3. Mortalidad acumulada (%) por especie de sombra durante los primeros seis años de edad.

Cuadro 6. Dap (cm) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.

EDAD	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
1	3.4	3.0	3.9	4.5
2	10.4	9.8	9.7	10.9
3	16.2	14.0	13.9	16.9
4	19.7	16.7/16.4*	17.5	21.1
5	22.5/23.5*	19.1	20.7/21.2*	24.5/25.7*
6	25.4	20.2	22.7	27.5

5.2.3 Altura total

Laurel y terminalia alcanzaron alturas totales de 19-20 m a los seis años de edad; roble alcanzó 12 m (Cuadro 7). Con estas cifras, los incrementos medios anuales son del orden de 2.0-3.3 m/año. Con excepción de roble, el cual crece muy rápidamente durante el primer año de edad y luego muestra crecimientos menores, laurel y terminalia alcanzan sus máximos crecimientos medios a los 4-5 años de edad. Los incrementos corrientes para estas especies alcanzan sus máximos al segundo año de edad. Los árboles de guaba alcanzaron 6.3 m de altura total a los dos años de edad.

Cuadro 7. Altura total (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba se descumbraron a los dos años de edad.

EDAD	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
1	2.5	2.8	3.6	2.5
2	6.4	6.3	6.1	6.7
3	10.0	-	8.0	10.6
4	13.6	-	9.5	13.9
5	17.0	-	11.8	17.7
6	19.1	-	12.3	19.7

5.2.4. Diámetro de copa

Las especies de sombra difirieron grandemente en el crecimiento de la copa. Guaba desarrolló rápidamente su copa, con un diámetro promedio de 5.8 m a los dos años de edad (Cuadro 8). Considerando el espaciamiento inicial de 6x6 m, la cobertura del suelo por las copa de guaba era del 73% a esa edad.

Entre las especies maderables, terminalia alcanzó dimensiones similares a las de guaba a los dos años de edad (5.7 m) y sobrepasaron el espaciamiento inicial de 6x6 m a partir del tercer año (Cuadro 8). Roble y laurel alcanzaron un desarrollo de copa equivalente al espaciamiento inicial hasta los cuatro años de edad, pero a edades posteriores roble desarrolló copas de más anchas que laurel.

Cuadro 8. Diámetro de copa (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba de podaron a partir del segundo año de edad.

EDAD	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
1	1.8	3.5	1.3	2.6
2	4.4	5.8	3.0	5.7
3	5.1	-	4.8	7.1
4	6.0	-	5.9	7.9
5	6.0	-	7.2	8.6

5.2.5. Area basal

A los cinco años de edad, inmediatamente antes del raleo, laurel, terminalia y roble mantenían 12, 11 y 10 m²/ha de área basal (Cuadro 9). Esto equivale a 2.36, 2.2 y 1.92 m²/ha/año. A esta edad, el incremento medio anual de laurel y terminalia parecía aproximarse a su máximo, no así para roble, el cual aún crecía vigorosamente. Los raleos redujeron el área basal a aproximadamente 9, 9 y 7 m²/ha para laurel, terminalia y roble. La intensidad de raleo fue de 27, 15 y 28%.

Cuadro 9. Area basal (m²/ha) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.

EDAD	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
1	0.15	0.17	0.35	0.28
2	2.54	2.13	2.11	2.38
3	5.91	4.22	4.33	5.52
4	9.10	5.90/3.28*	6.81	8.61
5	11.75/8.58*	4.47	9.57/6.94*	10.98/9.39*
6	9.66	4.65	7.98	11.33

5.2.6 Volumen total del fuste

A los cinco años de edad, inmediatamente antes del raleo, el volumen total de madera en pie era de 90, 81 y 46 m³/ha, para laurel, terminalia y roble (Cuadro 10). Esto equivale incrementos medios entre

9-18 m³/ha/año. Al momento del raleo, los rodales se encontraban en una fase activa de crecimiento en volumen, por lo que se puede concluir que estos raleos respondieron más a las necesidades de luz del cacao que a la necesidad de mejorar las condiciones de crecimiento maderable del rodal. Los raleos redujeron el volumen en pie a 68, 70 y 34 m³/ha, en laurel, terminalia y roble (Cuadro 10). La intensidad de raleo fue de 24, 14 y 26%.

Cuadro 10. Volumen total del fuste (m³/ha) por especie y edad (años). El asterisco indica después del raleo.

EDAD	LAUREL	ROBLE	TERMINALIA
1	0.23	0.52	0.46
2	7.95	5.06	7.73
3	27.86	14.02	25.94
4	56.47	26.33	51.91
5	89.86/67.70*	46.13/34.12*	81.22/70.33*
6	80.08	40.04	91.46

5.2.7. Sombra

Las especies difirieron en el porcentaje promedio de sombra producida durante el año. Terminalia y roble produjeron más sombra (ambas 48%) que guaba (38 %) y laurel (28%). No se detectaron

diferencias entre bloques. El patrón mensual también varió entre especies (Figura 4). Roble mostró los cambios más marcados, con periodos de mucha sombra (50-80%) entre junio y noviembre y muy poca sombra (<20%) en marzo (período seco). La sombra producida por laurel y guaba varió dentro del rango de 20-40%; terminalia mantuvo niveles de sombra entre 40-50%.

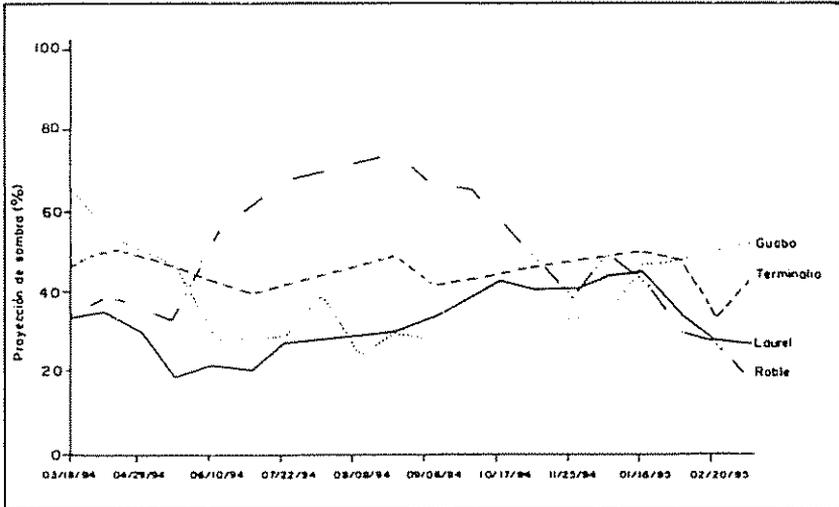


Figura 4. Porcentaje promedio de sombra por especie y fecha.

6. DISCUSION

Las especies de sombra no afectaron la mortalidad, la arquitectura (altura a la horqueta y número de ramas principales) ni el crecimiento diamétrico de las plantas de cacao. Esto es consistente con lo encontrado en un estudio similar desarrollado en Talamanca, Costa Rica (SOMARRIBA *et al.*, 1995b) y refleja el hecho de que el manejo diferencial por especie, el cual pretende lograr condiciones similares de sombra, ha logrado su objetivo.

La producción promedio de cacao en este estudio (790 kg/ha/año) fue el doble que la registrada en un estudio similar con sombras maderables en Talamanca, Costa Rica (SOMARRIBA *et al.*, 1995b), pero menor que los 900 kg/ha/año medidos en un experimento con sombra de leguminosas en Talamanca (LUJAN, 1992; MELENDEZ, 1993; SOMARRIBA *et al.*, 1995c). Las diferencias parecen deberse a la severidad de la incidencia de monilia en los diferentes sitios. Así, mientras que en el experimento con maderables en Talamanca se registró una pérdida del 70% de las mazorcas producidas (SOMARRIBA *et al.*, 1995b), en el experimento con leguminosas el nivel de pérdidas fue del 32% (SOMARRIBA *et al.*, 1995c). En este estudio, los niveles de pérdida fueron del 50%. Si ajustamos la producción en todos estos sitios a un nivel de cero pérdidas, la producción variaría entre 1200-1600 kg/ha/año; la cifra más elevada corresponde a la medida en este estudio. El nivel de pérdidas por sitio está relacionado con la existencia (o no) de cacaotales abandonados que sirven de fuente de inóculo en las inmediaciones de los sitios experimentales.

La menor producción de cacao en la tercera cosecha parece estar estrechamente relacionada, no sólo con la ritmicidad natural de la producción de cacao (ENRIQUEZ 1985; WOOD AND LASS, 1987), sino también con el desarrollo de los árboles, y por ende, del incremento de la sombra. Roble, que muestra un desarrollo inicial lento de la copa, produce fuertes condiciones de penumbra a partir del cuarto año de edad. Así, las elevadas condiciones de iluminación en los primeros dos años de edad fueron acompañadas de elevados niveles de producción de cacao, seguidas de una fuerte caída entre el cuarto y sexto año debido al vigoroso desarrollo de las copas.

Guaba tuvo un comportamiento radicalmente diferente. Su vigoroso crecimiento inicial fue acompañado de mucha penumbra (LUJAN 1992; SOMARRIBA *et al.*, 1995c), por lo que se esperarían bajos niveles de producción. Sin embargo, esta situación no se reflejó en los rendimientos debido a que guaba se raleó y podó en forma temprana y fuerte para abrir el dosel. Similares resultados se obtuvieron en un estudio comparativo de guaba con laurel y terminalia en Talamanca, Costa Rica (SOMARRIBA *et al.*, 1995b).

Terminalia, al igual que guaba, desarrolló rápidamente su copa, produciendo fuertes condiciones de penumbra a partir del segundo año de edad. Dado que terminalia no es podada para regular sombra (como es el caso en guaba), se esperaba una disminución continua en la producción de cacao. Esto no se observó en este estudio, probablemente debido a que la severa mortalidad y las podas de ramas bajas hasta los tres años de edad, produjeron niveles de sombra tolerables para el cacao. El rápido desarrollo de las copas de terminalia y los severos problemas de mortalidad regresiva han sido

documentados en otros estudios (KAPP *et al.*, 1994; LAMB AND NTIMA, 1971; SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994; SOMARRIBA *et al.*, 1995b).

Laurel desarrolló lentamente su copa durante los primeros años de vida, produciendo mejores condiciones de sombra para el cacao que roble y terminalia durante los primeros seis años de edad de los árboles. Numerosos estudios documentan las ventajas de laurel como sombra en café y cacao (BEER, 1992; GREAVES AND McCARTER, 1990; SOMARRIBA Y BEER, 1986).

A pesar de las diferencias en la producción entre ciclos, no se detectaron diferencias entre especies de sombra en términos de la producción promedio de cacao en los tres ciclos evaluados. Esto parece ser resultado de: 1) la invariancia de la respuesta del cacao dentro del rango de niveles de sombra observado en este estudio, y 2) a que el manejo diferencial por especie y la mortalidad natural en terminalia han producido niveles de sombra dentro de este rango de tolerancia, al menos durante los primeros seis años de edad de la plantación. Dado que no es posible ralea frecuentemente, la situación puede variar radicalmente en los próximos años debido al vigoroso crecimiento de roble durante los últimos años y la mortalidad impredecible en terminalia.

Fuertes diferencias en la producción de cacao entre cruces interclonales (independientemente de la especie de sombra) y entre árboles individuales han sido también encontradas en otros estudios (SOMARRIBA *et al.*, 1995bc). Esta situación abre la posibilidad de mejorar sustancialmente la producción seleccionando los mejores cruces, y especialmente, reproduciendo los árboles más productivos.

Las técnicas agronómicas para lograr esto son ya conocidas (ENRIQUEZ 1985; WOOD AND LASS, 1987).

Las especies maderables crecieron admirablemente bien; las cifras reportadas en este estudio corresponden a los crecimientos esperados en los mejores sitios (ver SOMARRIBA *et al.*, 1995b y numerosas referencias allí citadas). Evidentemente, los árboles se benefician de la bondad de los suelos donde se cultiva cacao y del manejo dispensado al cultivo (control de malezas, fertilización, drenajes, etc.). En cacaotales con sombra de especies maderables, los largos turnos, característicos de muchas reforestaciones puras en terrenos de vocación forestal, al igual que los largos lapsos sin ingresos corrientes, son sólo un mal recuerdo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El manejo diferencial de las especie de sombra y la plasticidad de la respuesta del cacao, resultaron en insignificantes diferencias en la producción de cacao bajo las cuatro especies de sombra. En un futuro cercano, la imposibilidad de ralear o podar frecuentemente los maderables hacen prever divergencias en la producción cacaotera bajo las diferentes especies.

2. La actual estructura genética de los cacaotales limita los niveles de producción. La utilización de los mejores cruces interclonales y de los árboles más productivos permitirá incrementar significativamente la producción del cacaotal.

3. La elevada producción de madera, aunada a la ausencia de diferencias en la producción cacaotera entre especies maderables y la leguminosa "testigo" (guaba), favorecen la utilización de maderables y no leguminosas como sombra para cacao. Entre las maderables, laurel es la especie más recomendable por su elevada producción de madera, moderada mortalidad y sombra rala. La mortalidad regresiva en terminalia no permite recomendarla como especie de sombra en la zona de estudio.

4. Los esquemas de reforestación basados en la utilización de sistemas agroforestales pueden resultar atractivos para los finqueros, ya que el rápido crecimiento maderable permite planificar turnos cortos y tanto el cacao como los cultivos asociados (maíz, yuca, plátano, etc.) permiten obtener ingresos tempranos y regulares.

8. LITERATURA CITADA

- ARGUEDAS, M (1993) Diagnóstico y recomendaciones de manejo de problemas fitosanitarios en especies forestales del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Informe de consultoría. Fundación Tecnológica de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Cartago, Costa Rica. 44 p.
- BEER, JW (1991) Implementing on-farm agroforestry research: lessons learned in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 15:229-243.
- BEER, JW (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.
- BUDOWSKI, R; KASS, DCL and RUSSO, RO (1984) Leguminous trees for shade. Edición especial, *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 19:205-222.
- ENRIQUEZ, GA (1985) Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza # 22. 239 p.
- GREAVES, A and McCARTER, PS (1990) *Cordia alliodora*: a promising tree for tropical agroforestry. *Tropical Forestry Papers* #22, Oxford Forestry Institute, Oxford, England. 37 p.

- KAPP, GB; BEER, J; LUJAN, R (1994) Timber tree planting trials on farm boundaries in the Atlantic lowlands of Costa Rica and Panamá. Part #1. Tree growth and survival. Sometido para publicación en *Agroforestry Systems*.
- LAMB, AFA and NTIMA, OO. Comp. (1971) *Terminalia ivorensis*. Fast growing timber trees of the lowland tropics, #5. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, England. 71 p.
- 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. Sc., 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.
- MELLENDEZ, L (1993) Microambiente, cantidad de esporas en el aire e incidencia del hongo *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans *et al.*, bajo tres sistemas de manejo de sombra leguminosa en cacao. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 80 p.
- 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.

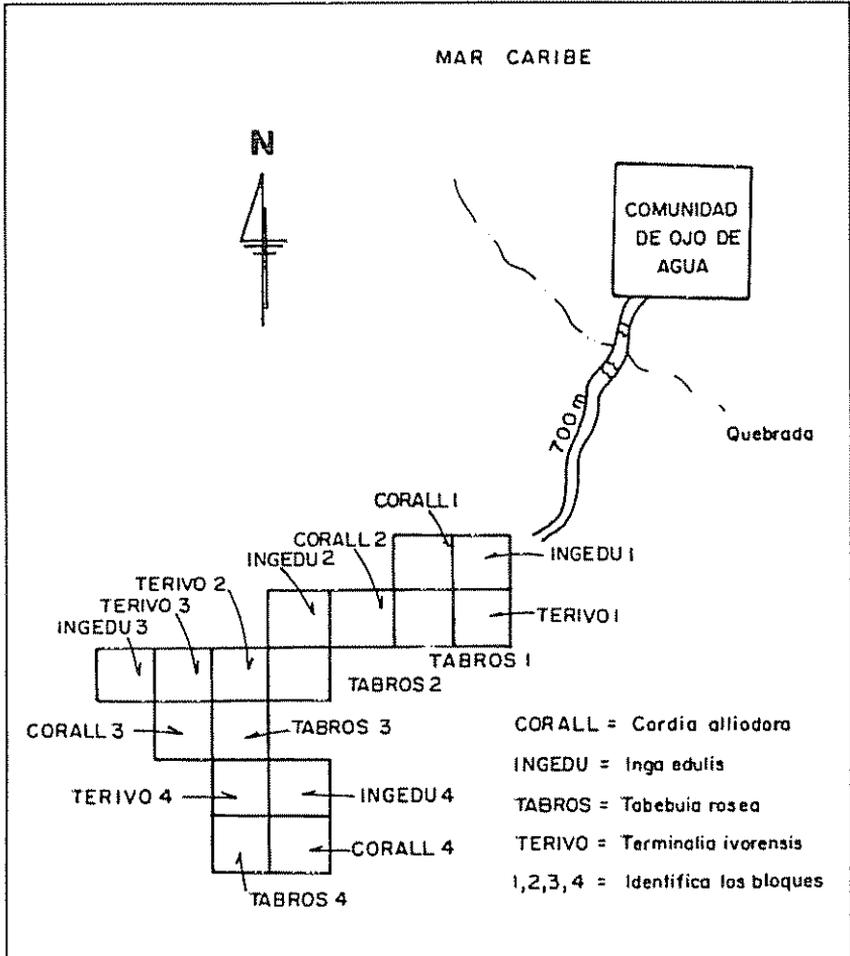
- SANCHEZ, J Y DUBON, A (1993) Especies no tradicionales como sombra permanente del cacao en Honduras. En: Sombras y cultivos asociados con cacao. W. Phillips, editor. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 206, Turrialba, Costa Rica. pp. 141-153.
- SOMARRIBA, E Y BEER, JW (1986) Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. CATIE, Serie Técnica, Boletín Técnico #16. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 23 p.
- SOMARRIBA, E Y 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. 30 p.
- SOMARRIBA, E Y 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; BEER, J; BONNEMANN, A (1995a) Árboles leguminosos y maderables como sombra para cacao: el concepto. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico. En prensa.
- SOMARRIBA, E; MELENDEZ, L; CAMPOS, W; LUCAS, C (1995b) Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 249. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 75 p.

- SOMARRIBA, E; MELENDEZ, L; CAMPOS, W; LUCAS, C (1995c)
Cacao bajo sombra de leguminosas en Margarita,
Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción.
CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. CATIE, Turrialba,
Costa Rica. En preparación.
- TOSI, JA (1971) Zonas de vida de Panamá. Informe #2, FAO, Roma,
Italia.
- WOOD, GAR and LASS, PA. Eds. (1987) Cocoa. Longman, Harlow,
United Kingdom.

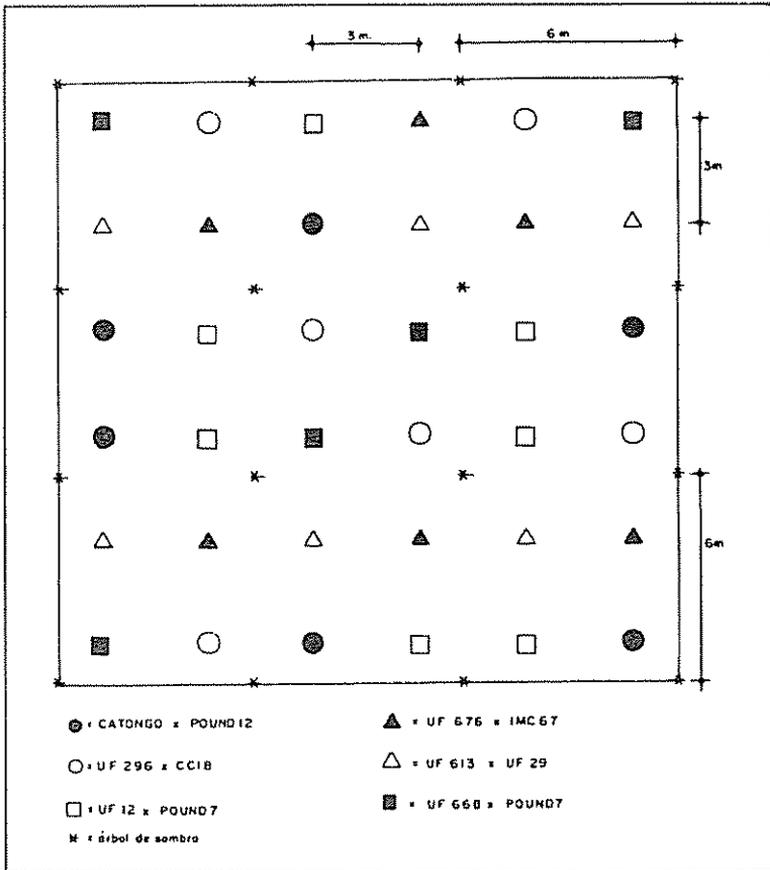
AGRADECIMIENTOS

El apoyo técnico y financiero fue proporcionado por el CATIE y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH). Se agradece el apoyo del Sr. Fermín Guerra, propietario de la finca. Maxell Pitti, David Ramos, Meivis Ortiz y otros asistentes del Proyecto CATIE/GTZ manejaron el ensayo. Wilbert Phillips, Edgar Brenes y John Beer revisaron el manuscrito.

Anexo 1. Distribución de tratamientos de sombra, finca Fermín Guerra, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.



Anexo 2. Mapa de aleatorización de cruces interclonales de cacao en las parcelas útiles de Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.



Anexo 3. Cronología del establecimiento del ensayo, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.

Actividad	1989			1990			1991		
	Feb.	Jun.	Set.	Feb.	Jun.	Set.	Feb.	Jun.	Set.
Preparación terreno	■								
1er ciclo maíz		■							
Plantación árboles		■							
2do ciclo maíz			■						
Siembra cacao			■						
Siembra gandul				■					
3er ciclo maíz					■				
4to ciclo maíz						■			

Anexo 4. Población residual (N/ha) por especie y bloque después del raleo, Ojo de Agua, Changuinola, Panamá.

BLOQUE	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	LAUREL
1	154	193	193	177
2	154	177	177	193
3	185	177	154	177
4	139	162	154	170
PROMEDIO	158	177	170	179

Anexo 5. Mortalidad (%) de cacao por bloque y tratamiento (sombras) durante el primer año de edad del cacaotal.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA	PROMEDIO
1	10	0	3	3	4
2	22	18	12	5	14
3	5	3	0	5	3
4	10	16	3	22	13
PROMEDIO	12	9	5	9	8

Anexo 6. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por bloque y ciclo agrícola.

CICLO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4
92-93	650	646	910	749
93-94	1051	1038	974	841
94-95	630	657	730	584
PROMEDIO	777	780	871	725

Fe de erratas

En la página 27, en el título del Cuadro 5, léase correctamente:

Cuadro 5. Mortalidad acumulada (%) por especie de sombra y bloque en los primeros seis años de edad de los árboles. El cálculo de la mortalidad incluye resiembras.

En la página 29 en el título del Cuadro 7 léase correctamente:

Cuadro 7. Altura total (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba se descumbraron a los dos años de edad, por lo que no se presentan datos de altura a partir del tercer año.

En la página 30, párrafo 1, línea 3, léase correctamente:

Considerando el espaciamiento inicial de 6x6 m, y sin mortalidad, la cobertura del suelo por las copas de guaba era del 73% a esa edad. Con una mortalidad del 13% a los 2 años de edad (datos no publicados), la cobertura del suelo sería del 64%.

En la página 30, en el título del Cuadro 8, léase correctamente:

Cuadro 8. Diámetro de copa (m) por especie y edad (años). Los árboles de guaba de podaron a partir del segundo año de edad, por lo que no se presentan datos de diámetros de copas a partir del tercer año.

En la página 33, se ha modificado la escala del eje x de la figura 4:

