

Serie Técnica. Informe Técnico N° 249

Origen - IICA - CATIE

10 OCT 1995

RECIBIDO

***CACAO BAJO SOMBRA DE
MADERABLES EN PUERTO VIEJO,
TALAMANCA, COSTA RICA***

***MANEJO, CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE
CACAO Y MADERA***

Eduardo Somarriba

Luis Meléndez

Wilbert Campos

Carlos Lucas



Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ

Serie Generación y Transferencia de Tecnología

N° 10

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

Turrialba, Costa Rica

1995

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	3
LISTA DE ANEXOS	6
RESUMEN	7
1. INTRODUCCION	9
2. DESCRIPCION DEL SITIO	10
3. DESCRIPCION DEL ENSAYO	13
4. MANEJO AGRONOMICO Y FORESTAL	15
4.1 CULTIVO DEL MAIZ	15
4.2 MANEJO DE LOS ARBOLES DE SOMBRA	16
4.3 CULTIVO DE LA YUCA	17
4.4 MANEJO DEL CACAO	17
4.4.1 Ciclo #1: 20 junio 1990 - 31 marzo 1991	18
4.4.2 Ciclo #2: 01 abril 1991 - 31 marzo 1992	18
4.4.3 Ciclo #3: 01 abril 1992 - 31 marzo 1993	19
4.4.4 Ciclo #4: 01 abril 1993 - 31 marzo 1994	19
5. RESULTADOS	21
5.1 CACAO	21
5.1.1 Arquitectura de cacaoteros	21
5.1.2 Supervivencia	22
5.1.3 Crecimiento de los árboles de cacao	22
5.1.4 D30 a los cuatro años: efectos de los tratamientos	22
5.1.5 Producción anual de cacao e incidencia de enfermedades	24
5.1.6 Patrón mensual de producción	25
5.1.7 Producción de cacao: efectos de los tratamientos	26
5.1.8 Producción de cacao por planta	29
5.2 ARBOLES DE SOMBRA	31
5.2.1 Supervivencia	31
5.2.2 Crecimiento	31
5.2.3 Dinámica de doseles y fenología	35
5.3 EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE SOMBRA	36
6. DISCUSION	38
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47

9. LITERATURA CITADA	51
9. ANEXOS	60
Anexo 1.	60
Anexo 2.	61
Anexo 3.	62
Anexo 4	68
Anexo 5.	69
Anexo 6.	70
Anexo 7.	71
Anexo 8.	72

LISTA DE CUADROS ¹

- Cuadro 1. Promedio y rango de altura al verticilo (mm) de seis "híbridos" de cacao.
- Cuadro 2. Diámetro del tronco de cacaoteros a 30 cm sobre el suelo (D30, cm), área basal (AB, m²/ha), incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) a diferentes edades. IMA e ICA para D30 en cm/año; para AB en m²/ha/año.
- Cuadro 3. Diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30, mm), promedios por especie de sombra e híbrido.
- Cuadro 4. Producción total de cacao seco (P, kg/ha) y porcentaje de mazorcas perdidas por monilia (MONI), fitoftora (FITO), otras causas (OTRO) y total (TOTAL) en los primeros dos ciclos productivos (92-93 y 94-94).
- Cuadro 5. Porcentaje de la producción anual de cacao seco por mes y ciclo agrícola (92-93 y 93-94).
- Cuadro 6. Producción de cacao seco (kg/ha/año) en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por bloque y especie de sombra.
- Cuadro 7. Porcentaje promedio de mazorcas perdidas en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por bloque y especie de sombra.

¹ NOTA :LAUREL=*Cordia alliodora*, GUABA=*Inga edulis*, TERMINALIA=*Terminalia ivorensis*.

- Cuadro 8. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por especie de sombra e "híbrido" en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994.
- Cuadro 9. Porcentaje promedio de mazorcas perdidas en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por especie de sombra e "híbrido".
- Cuadro 10. Distribución de frecuencias de la producción promedio anual de cacao seco (g/año) por árbol, en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994. CLASES de 0.25 kg/árbol/año.
- Cuadro 11. Porcentaje promedio de mortalidad de árboles de sombra por bloque y especie durante los primeros cuatro años de edad.
- Cuadro 12. Diámetro a la altura del pecho (dap, cm) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.
- Cuadro 13. Altura total (h, m) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.
- Cuadro 14. Diámetro de copa (m) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.
- Cuadro 15. Área basal (G, m²/ha) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.
- Cuadro 16. Volumen total del fuste (V, m³/ha) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.
- Cuadro 17. Porcentaje promedio de sombra por bloque y especie en el período marzo - noviembre 1994.

Cuadro 18. Resumen de resultados del crecimiento y producción de cacao y madera, L = *Cordia alliodora*, I = *Inga edulis*, T = *Terminalia ivorensis*; bloques 1-3, "híbridos": 1 = Catongo x Pound 12; 2 = Catongo x Pound 7; 3 = UF 296 x CC 18; 4 = UF 613 x IMC 67; 5 = UF 613 x UF 29; 6 = UF 667 x UF 29. D30 = diámetro del tronco de cacao a 30 cm sobre el suelo, Dcopa = diámetro de la proyección de la copa de los árboles de sombra.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Mapa general del ensayo, Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.
- Anexo 2. Mapa de las parcelas y esquema de aleatorización de "híbridos" de cacao (A-F), Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.
- Anexo 3. Variables, mediciones y análisis de datos.
- Anexo 4. Arreglo de plantación de yuca utilizada como sombra temporal para el cacao
- Anexo 5. Diámetro a la altura del pecho (dap, cm), incremento medio anual (IMA, cm/año) e incremento corriente anual (cm/año) por especie a diferentes edades (años).
- Anexo 6. Altura total (h, m), incremento medio anual (IMA, m/año) e incremento corriente anual (ICA, m/año) por especie a diferentes edades (años).
- Anexo 7. Área basal (G, m²/ha), incremento medio anual (IMA, m²/ha/año) e incremento corriente anual (ICA, m²/ha/año) por especie a diferentes edades (años).
- Anexo 8. Volumen total del fuste (V, m³/ha), incremento medio anual (IMA, m³/ha/año) e incremento corriente anual (ICA, m³/ha/año) por especie a diferentes edades (años).

RESUMEN

En este documento se comparan tres especies de sombra en cacao: dos maderables (laurel, *Cordia alliodora* y terminalia, *Terminalia ivorensis*) y una leguminosa arbórea (guaba, *Inga edulis*). El cacaotal estaba compuesto de una mezcla de seis cruces interclonales ("híbridos"): Catongo x Pound 12, Catongo x Pound 7, UF 296 x CC 18, UF 613 x IMC 67, UF 613 x UF 29 y UF 667 x UF 29. El experimento fue establecido por el Proyecto Agroforestal CATIE /GTZ en 1989 en la finca del Sr. Carlos Salazar, Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica. Los resultados son preliminares, ya que solo abarcan un período de cuatro años de crecimiento de los árboles y los primeros dos ciclos productivos del cultivo.

La producción promedio de cacao seco (360 kg/ha/año) y el porcentaje de mazorcas perdidas (68%) por enfermedades fungosas (especialmente monilia) fue similar bajo las tres especies de sombra. Terminalia y laurel producen madera valiosa y guaba no, por lo que estos resultados favorecen la utilización de especies maderables (y no leguminosas de "servicio") como sombra.

Los híbridos "Catongo x Pound 12" y "UF 296 x CC 18" fueron los mejores productores de cacao seco (554 y 479 kg/ha/año, respectivamente) bajo las tres especies de sombra. Esto sugiere que la producción podría mejorarse incrementando la representación de estos híbridos en la población del cacaotal.

Muchos árboles producen poco cacao y pocos producen bien. Los mejores árboles (5% de la población) producen 1.00-1.75 kg/árbol/año; el grueso de la población (85%) produce menos de 0.75 kg/árbol/año.

La reproducción vegetativa de los mejores árboles (mediante injertación, por ejemplo), ofrece muchas posibilidades para incrementar notoriamente la producción.

Las especies maderables crecieron admirablemente bien. A los 4.3 años de edad, los incrementos medios anuales en dap, altura total y volumen total del fuste fueron de 5.1 cm/año, 4.1 m/año y 17 m³/ha/año para terminalia; en laurel, estas cifras fueron: 4.7, 4.1, y 16.3, respectivamente. A pesar que las pequeñas diferencias de crecimiento favorecen a terminalia (y los datos sugieren que estas diferencias se incrementarán en el futuro), los autores recomiendan la utilización de laurel y no de terminalia, debido a los elevados niveles de mortalidad de esta última especie (en su fase de establecimiento y juvenil) y al poco conocimiento que existe en el mercado local sobre su madera. La producción maderable fue similar (72 m³/ha de volumen total del fuste, a los 4.3 años, con 278 árboles/ha) en ambas especies.

1. INTRODUCCION

En este documento, preparado con fines de capacitación y consulta de extensionistas y técnicos, se comparan tres especies de sombra para cacao: dos maderables (laurel, *Cordia alliodora*, y terminalia, *Terminalia ivorensis*) y una leguminosa (guaba, *Inga edulis*). Esta última especie fue introducida a modo de "testigo del finquero", por ser 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. Carlos Salazar, Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica, que constituye una réplica, reducida, de un ensayo similar en Changuinola, Panamá (SOMARRIBA *et al.*, 1995b).

En este documento se presentan datos del: manejo agronómico y forestal, crecimiento de cacaoteros y árboles de sombra, producción agrícola y maderable, y de los niveles de sombra producidos por los árboles en 1994. Los resultados son preliminares ya que incluyen únicamente cuatro años de crecimiento de los árboles, dos ciclos completos de producción de cacao y nueve meses de datos sobre niveles de sombra. En otros documentos se presentan los antecedentes de esta investigación (SOMARRIBA *et al.*, 1995a) y los criterios para la selección de especies, fincas y sitios experimentales (SOMARRIBA y BEER, 1994).

2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

La finca del Sr. Carlos Salazar (9°38'59" N y 82°47'21" O), Puerto Viejo, Talamanca, se ubica a unos 2 km al Sur de la costa del Atlántico sur de Costa Rica, sobre la llanura aluvial (2% de pendiente) de una pequeña quebrada (Hone Creek) que discurre a unos 20 m del sitio experimental. La altitud es de 5 m, con una precipitación promedio anual² de 2440 mm, en la Zona de Vida de Bosque Húmedo Tropical (TOSI, 1969). La lluvia está bien distribuida a lo largo del año, con dos períodos "menos lluviosos" (ningún mes tiene una precipitación pluvial < 100 mm) de febrero a abril y de setiembre a octubre; los meses más lluviosos se presentan en julio y diciembre.

La temperatura promedio es de 24 a 27 °C a lo largo del año (HERRERA, 1985). El número promedio de horas de sol por día es de 4.51, con valores máximos encima de 5 h/día en enero, marzo y mayo; abril es el mínimo con 3.3 h/día y el resto de los meses reciben alrededor de 4 h/día. Los meses de mayor radiación solar son marzo, agosto y setiembre, con valores de 16-17 megajoules/m²/día; la radiación solar es mínima (13-14) en noviembre y diciembre (KAPP, 1989).

Los suelos (Aeric Tropaquept) se originan de sedimentos aluviales, tienen un drenaje natural imperfecto y nivel freático a 70 cm de profundidad (NIEUWENHUYSE, 1994). La textura (0-80 cm) es franco-arcillosa, sin problemas de pedregosidad ni erosión.

² Promedios del período 1981-1993, PAIS, S.A., Daytonia, 9°31'30" Norte y 82°39'53" Oeste, a 18 km del sitio experimental. Por su posición costera, se esperan precipitaciones un poco mayores en el sitio experimental.

Los suelos son bastante homogéneos aunque existen pequeñas variaciones en el drenaje natural. En ciertas secciones se observa, a unos 50-60 cm de profundidad, una capa de grava de 20 cm de espesor, fragmentada y compactada que puede afectar negativamente el desarrollo radical de los cultivos. Debido a la cercanía de una pequeña quebrada (Hone Creek), también es posible observar en ciertas partes, secciones con una capa arenosa de unos 10 cm de espesor. El sitio ha sido afectado por inundaciones frecuentes de esta quebrada, especialmente después del terremoto de 1991.

Desde el punto de vista químico, los suelos tienen un pH (agua) de 5.2-5.7 en los primeros 80 cm de perfil, un contenido de materia orgánica de 1.5-2.5 % en los primeros 20 cm de perfil. El suelo es pobre en Zn y los elevados niveles de Ca y Mg pueden limitar la disponibilidad de K. La fertilidad general es alta (NIEUWENHUYSE, 1994).

La finca tiene una extensión de 4.5 ha. El finquero llegó a este lugar hace más de 30 años, cuando el terreno estaba cubierto de bosque. El bosque fue explotado selectivamente con la llegada del finquero, y el sotobosque plantado con cacao Matina. Con la aparición de la monilia (*Moniliophthora roren*) en 1978 y la caída de los precios en 1979, los árboles maderables existentes en el estrato de sombra del cacaotal fueron cortados y extraídos con un tractor. En 1983, aproximadamente la mitad del cacaotal viejo fue renovada con la introducción de cacao "híbrido" (cruces interclonales de la colección de cacao del CATIE, Turrialba, Costa Rica). Debido a los bajos precios y a la alta incidencia de monilia, todo el cacaotal (viejo e "híbrido") fue abandonado hasta 1989, fecha en que parte del cacaotal viejo se eliminó para establecer el ensayo (1.2 ha).

La voltea del cacaotal viejo depositó sobre el suelo una gran cantidad de biomasa de hojas y troncos. Hasta 1994, el ensayo sigue rodeado de plantaciones de cacao abandonadas, los cuales constituyen una gran fuente de inóculo de monilia.

3. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Las especies de sombra (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 con un espaciamiento de 6 x 6 m (278 árboles/ha). Cada parcela (1296 m²) contiene 36 árboles: 16 árboles centrales útiles y 20 de borde.

Espaciamientos de 6 x 6 m en guaba no son tradicionales en Costa Rica; lo común es 12 x 12 m. La utilización del espaciamiento a 6 x 6 obedece a la necesidad de mantener un tamaño de parcela razonablemente pequeño (facilidad de manejo, menor variabilidad de suelos, etc.) y porque altas densidades de árboles, manejo intensivo de podas, etc. permitirían mantener un fuerte flujo de biomasa al suelo y esto favorecería la producción de cacao y la sostenibilidad del sistema.

Todos los árboles fueron producidos en bolsas de polietileno y plantados en abril de 1990, cuando tenían 3-4 meses de edad y 40-50 cm de altura. No se utilizaron pseudoestacas de laurel (el método más común utilizado en plantaciones de esta especie) para asegurar que el desarrollo radicular (SCHLONVOIGT, 1993) fuera similar en todas las especies. 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 La Marina, San Carlos, Costa Rica, BLSF # 4458; guaba, procedencia Finca del Sr. Lázaro Domínguez, Finca 2, Changuinola, Panamá.

En cada parcela se plantó (junio 1990) una mezcla homogénea de seis "híbridos" de cacao, con espaciamento de 3x3 m (Anexo 2): "UF 667 x UF 29", "UF 613 x UF 29", "UF 296 x CC 18", "UF 613 x IMC 67", "Catongo x Pound 12" y "Catongo x Pound 7". Cada parcela cuenta con un total de 100 cacaoteros: 36 centrales útiles y 64 de borde. En la parcela útil cada "híbrido" está representado por seis árboles distribuidos aleatoriamente. El mismo esquema de aleatorización de "híbridos" de la parcela útil fue utilizado en las nueve parcelas del ensayo (Anexo 2).

La descripción detallada de las variables medidas, sus métodos de cálculo y detalles del análisis de los datos se presenta en el Anexo 3. En la presentación de los resultados, cuando se indica la existencia de diferencias (o su ausencia) entre sombras, bloques o "híbridos", éstas se refieren a diferencias estadísticas con una probabilidad de error del 5% o menos.

parcela o sección del área experimental. La producción promedio de maíz fue de 1610 kg/ha.

4.2 MANEJO DE LOS ARBOLES DE SOMBRA

La cosecha del maíz fue sucedida de una chapea general, rodaja, ahoyada y plantación de los árboles de sombra en abril de 1990. El establecimiento de los rodales fue apoyado con rodajas para control de malezas a los 4 y 5 meses de edad, y resiembras durante el primer año y medio. Para liberar espacio y permitir el desarrollo de los cacaoteros, los árboles de guaba recibieron una poda de ramas bajas al año de edad aproximadamente. Guaba y terminalia recibieron poda a los 2 y 2.5 años de edad; laurel solo una vez a los 2 años. Terminalia fue podada una vez más a los 3.5 años de edad.

Un 50% de los árboles de guaba fueron anillados en diciembre 1993 (4 años de edad) para reducir los costos de podas y para mantener un nivel de sombra adecuado. Los árboles se ralearon en forma sistemática, tomando en consideración la mortalidad existente al momento de los raleos para lograr un patrón de sombra espacialmente homogéneo. El nivel de raleo se determinó con la idea de reducir los costos de podas y para lograr el espaciamiento más comúnmente utilizado con esta especie (12 x 12 m) en la zona. Ya que a la edad de 4 años los cacaoteros han desarrollado una copa que permite el autosombreamiento, se pudo ejecutar un raleo drástico, sin menoscabo de la producción cacaotera.

producción de la zona. A continuación se presentan detalles de la cronología de las labores e insumos aplicados.

4.4.1 Ciclo #1: 20 junio 1990 - 31 marzo 1991

Los cacaoteros fueron plantados el 20 de junio de 1990, 45 días después de la siembra de la yuca. El control de malezas incluyó rodajas a los 0, 30, y 60 dds. Las fertilizaciones ocurrieron a los 0 (10-30-10, 100 g/planta = 111 kg/ha) y 120 dds (15-15-15, 85 g/planta = 95 kg/ha). Es importante notar que en este período, la mayor parte del esfuerzo de control de malezas se contabiliza dentro del ciclo de producción de yuca. No se presentaron problemas de mortalidad de cacaoteros.

4.4.2 Ciclo #2: 01 abril 1991 - 31 marzo 1992

El control de malezas durante este ciclo incluyó tres aplicaciones de herbicida, 1 de Gramoxone con Gesapax (1.5 l/ha y 2.5 l/ha, respectivamente), 1 de Fusilade, un selectivo contra gramíneas (1 l/ha), y una de 2,4-D (1 l/ha), tres chapeas y una rodaja al cacao. Las fertilizaciones se realizaron cada 4 meses, utilizando fórmula completa 12-24-12 a razón de 204 g/planta (227 kg/ha). Las fertilizaciones fueron siempre precedidas de rodajas. Debido a un brote de ataque de fitoftora y antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) se realizó una aplicación de fungicida cúprico al follaje (Kocide 5 g/l = 1.7 kg/ha).

A finales de este ciclo, una vez que los cacaoteros habían desarrollado su arquitectura básica, se realizó una poda de formación en la que se trató de asegurar que cada árbol contaba con 4-5 ramas principales regularmente distribuidas.

A final de este ciclo se comenzó a deschuponar, en forma aproximadamente mensual. Se realizaron dos deschuponas durante este ciclo.

4.4.3 Ciclo #3: 01 abril 1992 - 31 marzo 1993

El control de malezas durante este ciclo incluyó una chapea, tres rodajas y tres aplicaciones de herbicidas. El control químico de malezas incluyó dos aplicaciones de herbicidas de contacto (Gramoxone) con preemergentes (Gesapax), mezclados a razón de 1.5 l/ha y 2.5 l/ha, respectivamente, y una aplicación de Gramoxone con Killuron, un sistémico no selectivo, a razón de 0.6 l/ha cada uno. Las fertilizaciones continuaron su ritmo cada cuatro meses, utilizando 12-24-12 (207 g/planta = 230 kg/ha) en una ocasión, y fórmula 15-15-15 (230 g/planta = 256 kg/ha) en las otras dos fertilizaciones.

Se inició la cosecha y eliminación de mazorcas enfermas en forma quincenal. Los cacaoteros recibieron dos podas: una poda leve, de mantenimiento en julio 1992, y otra fuerte de formación al final del pico de la cosecha (enero 1993). El manejo se complementó con deschuponas mensuales y tres aspersiones de fungicidas al follaje (Kocide 1.7 kg/ha).

4.4.4 Ciclo #4: 01 abril 1993 - 31 marzo 1994

El esfuerzo de control de malezas se redujo debido a la sombra producida por los cacaoteros y árboles de sombra. El control fue proporcionado mediante una sola chapea, una rodaja, y una aplicación de herbicida (Roundup, 1 l/ha). Se realizaron tres fertilizaciones, una con fórmula 18-5-15 (224 g/planta = 249 kg/ha) y dos con fórmula 20-7-12 (200 g/planta = 222 kg/ha).

El manejo se complementó con deschuponas mensuales, una poda sanitaria (para eliminar algunos brotes de fitoftora en el follaje) y otra de mantenimiento en enero 1994.

5. RESULTADOS

5.1 CACAO

5.1.1 Arquitectura de cacaoteros

La altura al verticilo (horqueta) varió entre 0.6-2.6 m, con un promedio general de 1.3 m; no hubo efecto de las especies de sombra. Los cacaoteros con verticilo a más de 1.5 m representaron el 25 % de la población, mientras que los de menos de 1.0 m representaron el 10 %. El 90% de los cacaoteros tenían 4-5 ramas principales en el verticilo, independientemente del "híbrido" y de la sombra que tenían.

Sin embargo, ciertos "híbridos" mostraron horquetas más altas que otros (Cuadro 1). Las plantas de porte más alto alcanzaron un promedio de 1.43 m de altura a la horqueta (UF 296 x CC 18) y las más bajas a 1.15 m (UF 667 x UF 29). Plantas muy altas (2 m o más) dificultan la cosecha, mientras que plantas muy bajas (1 m o menos) dificultan la movilización durante las labores de manejo.

Cuadro 1. Promedio y rango de altura al verticilo (mm) de seis "híbridos" de cacao, Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.

HÍBRIDO	PROMEDIO	RANGO
UF 296 x CC 18	143	82-260
Catongo x Pound 7	132	62-210
UF 613 x IMC 67	130	79-214
Catongo x Pound 12	129	80-164
UF 613 x UF 29	121	67-184
UF 667 x UF 29	115	68-174

5.1.2 Supervivencia

La supervivencia de los cacaoteros fue muy alta (la mortalidad fue < 1%). Las muertes observadas ocurrieron durante el segundo y tercer año de edad de los cacaoteros debido al hongo *Corticium salmonicolor* (mal rosado). La construcción de drenajes al tercer año de edad redujo la incidencia de este hongo.

5.1.3 Crecimiento de los árboles de cacao

El diámetro del tronco de los cacaoteros a 30 cm sobre el suelo (D30) alcanzó 3 cm el primer año y 9 cm al cuarto año de edad (Cuadro 2). La fase de máximo crecimiento en D30 se alcanzó al segundo año de edad, ya que el incremento medio anual fue de 3 cm/año durante el primer año de edad, 3.5 cm/año en el segundo año, y ha decrecido constantemente en el tercero (2.7) y cuarto (2.3) año de edad (Cuadro 2). Este decrecimiento también se refleja en el incremento medio anual en área basal y en los incrementos corrientes anuales en D30 y área basal (Cuadro 2). Los resultados indican que, bajo el manejo aplicado, el desarrollo de los cacaoteros está "saturando" el espacio y otros recursos disponibles para el crecimiento. En términos de desarrollo vegetativo y manejo de podas, el cacaotal está entrando a su fase adulta.

5.1.4 D30 a los cuatro años: efectos de los tratamientos

Las especies de sombra y los bloques del ensayo no afectaron el crecimiento en D30 de los cacaoteros. Así, el D30 fue ligeramente mayor bajo sombra de laurel o terminalia (9.3 cm en ambas) que bajo guaba (9.0 cm). A nivel de los bloques, D30 fue mayor (9.3 cm) en el bloque #1 que en los otros dos (9.2 cm). El D30 promedio para todo el ensayo fue de 9.2 cm a los cuatro años de edad.

Cuadro 2. Diámetro del tronco de cacaoteros a 30 cm sobre el suelo (D30, cm), área basal (AB, m²/ha), incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) a diferentes edades. IMA e ICA para D30 en cm/año; para AB en m²/ha/año.

EDAD	D30	AB	IMA		ICA	
			D30	AB	D30	AB
1	3.0	0.8	3.0	0.8	3.0	0.8
2	7.0	4.1	3.5	2.1	4.0	3.3
3	8.2	6.0	2.7	2.7	1.2	1.9
4	9.2	7.5	2.3	1.9	1.0	1.5

Los "híbridos" mostraron grandes diferencias en términos de su crecimiento en D30. Así, Catongo x Pound 12 alcanzó un D30 de 9.6 cm a los cuatro años de edad, mientras que UF 667 x UF 29 solo alcanzó 8.7 cm (Cuadro 3). Además, algunos alcanzaron sus mayores D30 bajo ciertas especies de sombra que otros (Cuadro 3). Por ejemplo, Catongo x Pound 12 alcanzó D30 de 9.9, 9.6 y 9.3 cm bajo laurel, guaba y terminalia, respectivamente, mientras que Uf 667 x UF 29 alcanzó cifras de 8.3, 8.4 y 9.3 cm para el mismo orden de especies de sombra. Es decir, un patrón inverso. Otros "híbridos" mostraron patrones de crecimiento diferentes de los anteriores (Cuadro 3). Esto abre posibilidades para optimar el diseño de los futuros cacaotales.

Cuadro 3. Diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo (D30, mm), promedios por especie de sombra e "híbrido

CRUCE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
Catongo x Pound 12	99	96	93	96
UF 296 x CC 18	93	94	96	95
UF 613 x IMC 67	98	85	96	93
UF 613 x UF 29	95	86	95	92
Catongo x Pound 7	92	95	87	91
UF 667 x UF 29	83	84	93	87
PROMEDIO	93	90	93	92

5.1.5 Producción anual de cacao e incidencia de enfermedades

La producción de cacao seco fue de alrededor de 320 en el primer ciclo agrícola y de 400 kg/ha en el período 93-94, es decir, un incremento del 21% (Cuadro 4). La producción promedio para los dos ciclos fue de 363 kg/ha.

Paralelo al aumento en la producción, se registró una reducción del total de mazorcas perdidas por enfermedades fungosas, del 73 al 65 % de las mazorcas producidas entre los ciclos 92-93 y 93-94. El promedio total de mazorcas perdidas fue del 68 %. La monilia fue causante de la mayoría de estas pérdidas, con un promedio del 61 % de todas las pérdidas en ambos ciclos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción total de cacao seco (P, kg/ha) y porcentaje de mazorcas perdidas por monilia (MONI), fitoftora (FITO), otras causas (OTRO) y total (TOTAL) en los primeros dos ciclos productivos (92-93 y 94-94)

CICLO	P	MONI	FITO	OTRO	TOTAL
92-93	321	69	3	1	73
93-94	404	52	5	6	63
PROMEDIO	363	61	5	4	68

5.1.6 Patrón mensual de producción

La producción de cacao ocurre durante todo el año, aunque se presentan dos períodos especialmente productivos: mayo - junio y octubre - diciembre (Cuadro 5). Aparentemente, el patrón temporal de cosecha no se ha estabilizado en este cacaotal, ya que se presentaron diferencias marcadas entre ciclos. Así, el ciclo 92-93 concentró la gran mayoría de la producción en un período de cinco meses entre octubre 92 y febrero 93, mientras que en el ciclo 93-94 la cosecha se "distribuyó mejor" en los picos típicos de la zona: mayo-junio 1993 y octubre-noviembre 1993.

Cuadro 5. Porcentaje de la producción anual de cacao seco por mes y ciclo agrícola (92-93 y 93-94). Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.

MES	% COSECHA	
	92-93	93-94
4	17	4
5	0	19
6	2	17
7	0	3
8	2	0
9	6	1
10	14	10
11	12	28
12	14	3
1	20	9
2	11	3
3	2	4

5.1.7 Producción de cacao: efectos de los tratamientos

Las especies de sombra no afectaron la producción de cacao en ningún ciclo agrícola: la producción entre sombras varió solamente entre 359-368 kg/ha/año, con un promedio global para todo el ensayo de 363 kg/ha/año. (Cuadro 6). Las diferencias más fuertes se registraron entre bloques y entre "híbridos". Así, en el bloque #3 la producción promedio alcanzó 437 kg/ha/año, mientras que en el bloque #1 esta cifra fue de 260 (Cuadro 6).

El porcentaje de mazorcas perdidas por problemas fungosos no fue afectado por las especies de sombra ni por los bloques del ensayo. El promedio global de pérdidas de mazorcas fue del 68% (Cuadro 7).

Cuadro 6. Producción de cacao seco (kg/ha/año) en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por bloque y especie de sombra.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
1	239	218	322	260
2	432	385	354	391
3	410	501	401	437
PROMEDIO	360	368	359	363

Cuadro 7. Porcentaje promedio de mazorcas perdidas en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por bloque y especie de sombra.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
1	78	79	63	73
2	60	63	68	64
3	73	69	64	68
PROMEDIO	70	70	65	68

Se encontraron fuertes diferencias en la producción de cacao entre "híbridos": Catongo x Pound 12 fue el mejor, con una producción de 554 kg/ha/año, mientras que UF 667 x UF 29 solo produjo 199 kg/ha/año (Cuadro 8). Además, los "híbridos" respondieron diferente (en producción) dependiendo de la especie de sombra (Cuadro 8).

Así, la mejor combinación fue Catongo x Pound 12 bajo sombra de guaba (687 kg/ha/año) y la peor UF 667 x UF 29 bajo sombra de laurel (140 kg/ha/año).

Cuadro 8. Producción de cacao seco (kg/ha/año) por especie de sombra e "híbrido" en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994.

HIBRIDO	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
Catongo x Pound 12	443	687	532	554
UF 296 x CC 18	650	396	390	479
Catongo x Pound 7	394	333	312	346
UF 613 x UF 29	346	263	417	343
UF 613 x IMC 67	187	298	277	254
UF 667 x UF 29	140	231	227	199
PROMEDIO	360	368	359	363

Aunque, en términos del porcentaje de mazorcas perdidas los promedios por "híbrido" variaron entre 55-73 % (Cuadro 9), estas diferencias no permiten explicar las diferencias en la producción de cacao por "híbrido". Se puede concluir que los "híbridos" sufrieron similares pérdidas de mazorcas por efecto de las enfermedades fungosas, con un promedio global del 68%.

Cuadro 9. Porcentaje promedio de mazorcas perdidas en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994, por especie de sombra e "híbrido".

HIBRIDO	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
Catongo x Pound 7	69	74	75	73
UF 613 x UF 29	74	79	66	73
Catongo x Pound 12	79	69	65	71
UF 613 x IMC 67	80	71	59	70
UF 667 x UF 29	69	67	59	65
UF 296 x CC 18	51	57	57	55
PROMEDIO	70	70	64	68

5.1.8 Producción de cacao por planta

La estructura productiva de este ensayo se caracteriza por la presencia de muchos árboles de cacao que producen muy poco y pocos que producen bien. Así, un 53 % produce menos de 0.25 kg/año/planta, mientras que solo un 5% produce más de 1.0 kg/planta/año (Cuadro 10). Este patrón es común en poblaciones de cacao reproducidas sexualmente.

Cuadro 10. Distribución de frecuencias de la producción promedio anual de cacao seco (g/año) por árbol, en el período 01 abril 1992 - 31 marzo 1994. CLASES de 0.25 kg/árbol/año.

CLASE	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
0	14	4.3	4.3
> 0 - 250 ≤	156	48.1	52.5
251 - 500 ≤	76	23.5	75.9
501 - 750 ≤	43	13.3	89.2
751 - 1000 ≤	19	5.9	95.1
1001 - 1250 ≤	9	2.8	97.8
1251 - 1500 ≤	5	1.5	99.4
1501 - 1750 ≤	2	0.6	100.0

5.2 ARBOLES DE SOMBRA

5.2.1 Supervivencia

La mortalidad de terminalia en los primeros cuatro años (34%) fue considerablemente mayor que en guaba (15%) y laurel (9%) (Cuadro 11). Hormigas y hongos de raíz fueron responsables de la elevada mortalidad en terminalia. Se registraron mayores mortalidades (para todas las especies) en el bloque #3 (30%) que en los demás (14-15%). El bloque #3 tiene malas condiciones de drenaje y es afectado con severidad por las inundaciones de la quebrada que bordea al ensayo.

Cuadro 11. Porcentaje promedio de mortalidad de árboles de sombra por bloque y especie durante los primeros cuatro años de edad.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
1	0	12	29	14
2	6	6	33	15
3	21	28	40	30
PROMEDIO	9	15	34	19

5.2.2 Crecimiento

A los 4.3 años de edad, terminalia alcanzó mayor dap promedio (22 cm) que las otras especies; guaba solo alcanzó 18 cm (Cuadro 12). El menor dap promedio (para las tres especies) se registró en el bloque #3 (18 cm); los otros bloques registraron un promedio de 21 cm (Cuadro 12). Con estas cifras, el incremento medio anual en dap a los 4.3 años fue de 5.1 cm/año para terminalia y 4.7 para laurel.

Los máximos incrementos (medio anual y corriente) se alcanzan entre los 2.5-3.5 años de edad para todas las especies (Anexo 5).

Cuadro 12. Diámetro a la altura del pecho (dap, cm) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.

BLOQUE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
1	22	18	23	21
2	21	20	21	21
3	18	16	21	18
PROMEDIO	20	18	22	20

La altura total promedio para laurel y terminalia fue de 18 m a los 4.3 años de edad (Cuadro 13), con un incremento medio anual de 4.1 m/año para ambas especies. El promedio de altura fue mayor en el bloque #1 (19 m) que en los otros dos (17 m). Los máximos incrementos (medio anual y corriente) se alcanzan a los 2.5-3.5 años de edad (Anexo 6).

Cuadro 13. Altura total (h, m) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.

BLOQUE	LAUREL	TERMINALIA	PROMEDIO
1	19	18	19
2	17	17	17
3	17	16	17
PROMEDIO	18	17	18

El diámetro promedio de copa a la edad de 4.3 años fue similar para laurel y terminalia; el promedio para todo el ensayo fue de 6 m, lo que equivale a un incremento medio anual de 1.4 m/año (Cuadro 14). El diámetro promedio de copa fue similar en todos los bloques. Con estas dimensiones, 278 árboles/ha, y suponiendo copas circulares y totalmente opacas, el nivel de cobertura del suelo a los 4.3 años sería del 79%. El diámetro promedio de copa de todas las especies iguala al espaciamiento (6 m) entre árboles a los 2.5-3.0 años de edad: el dosel "cierra" a esta edad.

Cuadro 14. Diámetro de copa (m) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.

BLOQUE	LAUREL	TERMINALIA	PROMEDIO
1	5	6	6
2	6	6	6
3	6	7	7
PROMEDIO	6	6	6

A los 4.3 años de edad, terminalia alcanzó un área basal (G) de 10 m²/ha, valor ligeramente superior al alcanzado por laurel (9 m²/ha). Las diferencias más fuertes se registraron entre bloques (Cuadro 15): en bloque #3 G = 5 m²/ha, mientras que en los otros dos bloques G = 8 m²/ha. Con estos resultados, el incremento medio anual en G a los 4.3 años de edad varió entre 2.3-2.1 m²/ha/año para laurel y terminalia, respectivamente. En laurel, el incremento medio anual iguala al incremento corriente entre los 3.5-4.3 años de edad; en terminalia esto no ha ocurrido a los 4.3 años de edad (Anexo 7).

Cuadro 15. Area basal (G, m²/ha) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.

BLOQUE	LAUREL	TERMINALIA	PROMEDIO
1	10	11	10.5
2	10	11	10.5
3	7	8	7.5
PROMEDIO	9	10	9.5

Laurel y terminalia produjeron similares volúmenes de madera a los 4.3 años de edad, con cifras entre 70-73 m³/ha (Cuadro 16). Estas cifras equivalen a incrementos medios anuales de 6-17 m³/ha/año. El bloque #1 produjo más madera (83 m³/ha) que el bloque #3 (55 m³/ha). Aún a la edad de 4.3 años, los incrementos corrientes anuales de ambas especies son mayores que los correspondientes incrementos medios anuales (Anexo 8). Esto indica que las condiciones de crecimiento en ambos sistemas son aún favorables y que, desde el punto de vista de la acumulación de madera, no se requieren raleos.

Cuadro 16. Volumen total del fuste (V, m³/ha) promedio por bloque y especie a los 4.3 años de edad.

BLOQUE	LAUREL	TERMINALIA	PROMEDIO
1	82	83	83
2	73	83	78
3	56	54	55
PROMEDIO	70	73	72

5.2.3 Dinámica de doseles y fenología

El porcentaje de sombra (S) producido por terminalia (55%) fue mayor que el de las otras especies: laurel S = 41% y guaba S = 33% (Cuadro 17). A nivel de bloque las diferencias fueron de menor magnitud, con 50% en el bloque #2 y entre 38-42% en los demás (Cuadro 17).

La distribución temporal de la sombra fue similar para todas las especies (Figura 1). Los mínimos niveles de sombra (20-30%) se presentan en los meses de mayo-julio y los máximos en octubre - noviembre (45-78%). Terminalia presentó los niveles más altos de sombra y guaba los más bajos. Los resultados indican que se pueden presentar mayores niveles de sombra en guaba más allá de noviembre 1994; los máximos para laurel y terminalia parecen haberse estabilizado desde octubre 1994.

Cuadro 17. Porcentaje promedio de sombra por bloque y especie en el período marzo - noviembre 1994

BLOQUE	LAUREL	GUABA	TERMINALIA	PROMEDIO
1	41	29	55	42
2	53	34	62	50
3	30	37	48	38
PROMEDIO	42	33	55	43

5.3 EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE SOMBRA

La evaluación del desempeño global de una especie de sombra puede reducirse a dos comparaciones :

- 1) la producción de cacao, y
- 2) la producción de madera.

La mejor especie será aquella que produce la mayor cantidad de madera y cacao.

Los resultados indican que no existen diferencias considerables entre especies de sombra en términos de la producción de madera (excluyendo a la guaba) y de la producción de cacao (Cuadro 18). Las diferencias genéticas entre "híbridos" fueron responsables de la mayor parte de la variabilidad en el crecimiento, arquitectura de planta y producción de cacao (Cuadro 18).

Cuadro 18. Resumen de resultados del crecimiento y producción de cacao y madera. Bloques 1-3, "híbridos": 1 = Catongo x Pound 12; 2 = Catongo x Pound 7; 3 = UF 296 x CC 18; 4 = UF 613 x IMC 67; 5 = UF 613 x UF 29; 6 = UF 667 x UF 29. D30 = diámetro del tronco de cacao a 30 cm sobre el suelo, Dcopa = diámetro de la proyección de la copa de los árboles de sombra. L=Laurel, T=Terminalia, G= Guaba.

VARIABLE	ORDEN DE LA RELACION		
	BLOQUE	SOMBRA	HIBRIDO
Cacao	-	-	-
Horqueta	-	-	3>2>4>1>5>6
Sobrevivencia	-	-	-
D30	-	(L=T)>G	1>3>4>5>2>6
Cosecha	3>2>1	-	1>3>2>5>4>6
Moniliasis	-	-	-
Arboles	-	-	-
Sobrevivencia	(2=1)>3	L>T>G	-
dap	(1=2)>3	T>L>G	-
Altura	1>(2=3)	-	-
Dcopa	1>2>3	-	-
Area basal	(1=2)>3	(T=L)>G	-
Volumen ¹	1>2>3	-	-
% sombra ²	3>2>1	G>T>L	-

¹ Comparaciones únicamente entre laurel y terminalia

² Ajustado a la población de guaba previa al raleo de 50% de los árboles

6. DISCUSION

La regulación de la sombra es una de las herramientas de manejo mas importantes en el cultivo de cacao, y por esto, no es de extrañar que exista una rica literatura sobre este tema (IICA, 1991). Existen numerosas indicaciones generales sobre las especies a utilizar (BEER, 1987) y los arreglos de plantación recomendados. En los últimos años, varios estudios han medido la contribución de la vegetación utilizada como sombra en cacao al ciclaje de nutrientes y la sostenibilidad biológica del sistema (BEER, 1988; CABALA *et al.*, 1987; HERRERA *et al.*, 1987; SANTANA Y CABALA, 1985). Sin embargo, la literatura es particularmente pobre en datos cuantitativos sobre el manejo de la sombra, de los efectos sobre la producción de grano, sobre la dinámica de los patógenos, y de las relaciones entre el manejo de la sombra, el microambiente de la plantación y los factores determinantes de la producción. El estudio presentado en este documento aporta información en este sentido.

En este ensayo, la producción de cacao y de madera (excluyendo guaba) fue similar entre las especies evaluadas. Varios posibles factores pudieron provocar estos resultados. Por un lado, los árboles de sombra son muy jóvenes y el desarrollo actual de los doseles aún no difiere grandemente. Estudios de muy largo plazo muestran que el desarrollo de terminalia (a 6.1 x 6.1 m) produjo sombra excesiva y muy baja producción de cacao, en comparación con otros tratamientos (AHENKORAH *et al.*, 1974; EGBE AND ADENIKINJU, 1990).

Otro factor causal lo constituye el manejo de la guaba. Podas y raleos de guaba evitan el desarrollo excesivo del dosel de esta

especie, produciendo un nivel de sombra entre 20-50%. Laurel y terminalia producen, a los 4.3 años de edad, niveles de sombra dentro de este rango, sin diferencias entre ellas. Obviamente, el manejo diferencial entre maderables y leguminosos tiende a "homogeneizar" las condiciones de sombra proyectada sobre el cacaotal.

En los años venideros, en ausencia de raleos y ante la imposibilidad de podar los árboles maderables para regular sombra, las diferencias entre las especies se incrementarán. Estas diferencias podrían traducirse en diferencias en la producción de cacao. Hacia el futuro, es clara la necesidad de practicar raleos de maderables en los próximos 1-2 años. Los efectos de esos raleos durarán varios años y la posibilidad de detectar diferencias entre tratamientos exigirá contar con 5-10 años de datos de producción de cacao.

No existe literatura sobre las densidades óptimas de laurel o terminalia a mantener cuando se desea la producción combinada de madera y cacao. Sin embargo, varios elementos pueden ayudar a fijar (tentativamente) poblaciones de estas especies en cacaotales. Algunos autores (ENRIQUEZ, 1985) han sugerido poblaciones de 100 árboles/ha de terminalia como sombra en cacaotales. Sin embargo, estudios puramente forestales con esta especie han llegado a la misma cifra poblacional, cuando el objetivo del rodal es únicamente la producción de madera de aserrío (LAMB AND NTIMA, 1971). Terminalia tiene copas muy anchas y una población de 100 árboles adultos por hectárea asegura la utilización completa del sitio.

Cuando, además de la producción maderable, se requiere el mantenimiento de un nivel de sombra (que puede representarse en términos del porcentaje de oclusión del dosel) del 30-50%, parece evidente que la cifra de 100 árboles/ha resulta excesiva.

Muy probablemente, se requerirá mantener poblaciones en el orden de 50-60 árboles/ha (por ejemplo, espaciamientos más amplios que el 12 x 12 m utilizado comúnmente en guaba).

Además del ¿cuánto ralear?, consideraciones sobre ¿cuando ralear y cómo ralear? son también aspectos que merecen especial consideración. Los finqueros son reuentes a eliminar árboles de dimensiones medianas. Por esto, es recomendable plantar lo mínimo posible o ralear en forma temprana. En el caso de terminalia, el desarrollo de las copas indica que ralear al final del segundo año de edad podría ser adecuado. Sin embargo, debido al riesgo adicional de mortalidad de esta especie en sus fases juveniles y adulta temprana, los raleos deben ser ligeros y escalonados.

En la estimación de ¿cuánto ralear? en laurel se sigue un razonamiento similar. Desde el punto de vista de la sombra, un promedio de 42% a los 4.3 años de edad sugiere la conveniencia de ralear inmediatamente el 29% de la población actual (dejar 198 árboles/ha) para lograr un promedio del 30%. Un raleo de esta magnitud producirá un espaciamiento promedio de 7 m, el cuál, si se mantienen las tasas de crecimiento de copas, "abrirá" el dosel durante uno, máximo dos años. Desde el punto de vista de manejo, no es conveniente un efecto de tan corto plazo. Se requiere de un raleo más intenso para mantener (por varios años) un buen nivel de sombra para el cacao.

En plantaciones puras de laurel se mencionan comúnmente densidades finales de 200-250 árboles/ha (GREAVES AND McCARTER, 1990). Nuevamente, la consideración adicional de un cierto nivel de sombra para el cacao exigirá poblaciones menores. Cifras finales de 120-140 árboles/ha podrían usarse tentativamente

como densidades finales. Cifras similares han sido recomendadas para laurel utilizado como sombra en cafetales (BARKER, 1991; BEER, 1992) y cacaotales (BEER, 1980; MUSSAK Y LAARMAN, 1989; SOMARRIBA Y BEER, 1986). Las consideraciones sobre cuándo y cómo raleo presentadas para terminalia son aplicables a laurel, con la diferencia que en laurel los riesgos de mortalidad son menores, por lo que se pueden planificar raleos con mayor confianza.

En el caso de guaba, numerosos informes (MAG 1991; MUSALEM, 1989) sugieren espaciamientos del orden de 12 x 12 m (69 árboles/ha), con la intención de mantener un nivel de sombra del orden del 30-50% (ENRIQUEZ, 1985; MAG, 1991). Los raleos practicados en este ensayo producen el espaciamiento y los niveles de sombra recomendados en la literatura.

A pesar que en la región de origen de terminalia (costa tropical oeste de Africa) no se mencionan problemas severos de plagas o enfermedades (LAMB AND NTIMA, 1971), y a que en el sitio experimental aún no se han presentado problemas severos de mortalidad regresiva, otras experiencias en San Carlos y Talamanca, en Costa Rica y en Bocas del Toro, Panamá han mostrado que esta especie muere masivamente por problemas de hongos del suelo (ARGUEDAS, 1993; LUJAN *et al.*, 1994; SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994) o mal desarrollo radicular (por niveles freáticos altos o capas de arcillas endurecidas) combinado con períodos anormalmente prolongados de déficits hídricos (CANNON, 1979; CANNON *et al.*, 1994). Durante la fase de establecimiento, los ataques de un complejo de varias especies de hormigas constituyeron la causa de mortalidad más importante para esta especie (34%).

Observaciones en otras reforestaciones en Talamanca y Bocas del Toro (KAPP *et al.*, 1994; LUJAN *et al.*, 1994; SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994) corroboran estos resultados. Las hormigas constituyen un problema de manejo para terminalia en la zona.

Terminalia es una especie pionera, exigente de luz, y de muy rápido crecimiento (LAMB and NTIMA, 1971). Incrementos de 7.5 cm/año y 4.5 m/año, en dap y altura total, en sitios buenos a los cuatro años de edad son relativamente comunes (PARRY, 1956). A edades mayores (hasta 15 años) los incrementos son del orden de 2-3 cm/año y 1.5-3.0 m/año, dap y altura total, respectivamente (HORNE, 1953; MCGREGOR, 1934, citados en LAMB and NTIMA, 1971). Plantaciones en líneas en Talamanca y Bocas del Toro registraron incrementos medios de 4.7 cm/año y 3.7 m/año, dap y altura total a los 6 años, respectivamente (KAPP *et al.*, 1994; LUJAN *et al.*, 1994). En cacaotales abandonados, en los que se ha introducido terminalia para reemplazar la sombra original, los incrementos (a los 4.3 años de edad) son del orden de 4.3 cm/año y 3.8 m/año (SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994). Los incrementos encontrados en este estudio (5.1 cm/año y 4.1 m/año, a los 4.3 años de edad) corresponden a crecimientos en sitios buenos.

A nivel de Costa Rica, se han indicado tasas promedio de mortalidad para laurel de 33% (MARTINEZ, 1981; ver también BOSHIER, 1984), aunque en sitios mal drenados o en suelos compactados de potreros, la mortalidad puede ser mayor del 50% (ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990; LUJAN y CAMACHO, 1994). En Colombia, por el contrario, en zonas excesivamente lluviosas y con problemas de drenaje, la sobrevivencia del laurel fue superior al 70% (CAYCEDO, 1988; CAYCEDO y POEL, 1988; VARGAS y KLOP,

1987). En sitios fértiles con buen drenaje, la sobrevivencia de laurel es muy buena (LUCAS *et al.*, 1994; SOMARRIBA *et al.*, 1994) Los resultados obtenidos en este estudio (9%) corresponden a la mortalidad esperada en sitios muy buenos.

Los crecimientos registrados para el laurel en este ensayo (incrementos medios a los 4.3 años de edad de 4.7 cm/año y 4.1 m/año, dap y altura total, respectivamente) son comparables con los señalados en la literatura para plantaciones puras de esta especie, en sitios buenos. Crecimientos, durante los primeros 6-10 años de edad, de más de 2 cm/año y 2 m/año, en dap y altura total respectivamente, son comunes (GREAVES and McCARTER, 1990; HUDSON, 1984; KAPP *et al.*, 1994; LUJAN *et al.*, 1994; LUJAN y CAMACHO, 1994; SALAS y VALENCIA, 1979; SOMARRIBA y BEER, 1986; VARGAS y KLOP, 1987). En sitios malos (e.g. potreros con suelos compactados o mal drenados) los crecimientos son del orden de 1.5 cm/año o menos en dap, y 1.7 m/año en altura (CAMACHO, 1981; ESPINOZA y BUTTERFIELD, 1990; SOMARRIBA y BEER, 1986).

Los resultados obtenidos en este ensayo también son comparables con los crecimientos observados en varios sistemas agroforestales con laurel. Así, en sitios buenos, con densidades menores (12 x 12 m) y en asociación con cacao y plátano, los incrementos del laurel en los primeros cuatro años de edad pueden llegar a 6-7 cm/año y 4 m/año, para dap y altura (SOMARRIBA *et al.*, 1994). Plantaciones de laurel introducidas en cacaotales ya establecidos han registrado crecimientos (a los 4.3 años de edad) de 3.6 cm/año y 3.2 m/año, en dap y altura total, respectivamente (SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994). En sistemas agrosilviculturales permanentes (LUCAS *et al.*, 1994) los crecimientos hasta los cinco años de edad son de 24.5 cm y 17.6 m.

Laurel utilizado como sombra permanente en cacaotales híbridos en Turrialba, Costa Rica (aproximadamente 600 msnm) muestran crecimientos de 2.3 cm/año y 1.4 m/año, en dap y altura total, a los 10.4 años de edad (BEER *et al.*, 1990).

Los árboles de guaba fueron sometidos a podas fuertes a partir de los dos años de edad para regular la sombra sobre el cacaotal. Este manejo es indicativo de altas tasas de desarrollo de copas (5.8 m de diámetro de copa a los 2 años de edad, lo que equivale a un incremento medio de 2.9 m/año). Estos crecimientos son superiores a los registrados para árboles de guaba introducidos en cacaotales establecidos (SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994) donde se alcanzaron diámetros de copa de 6.2 m a los 4 años de edad (1.55 m/año). En suelos más arcillosos, a elevaciones de 280 m, y en cacaotales similares a los de este estudio, los árboles de guaba alcanzaron diámetros de copa de 4.9 m a los 3 años de edad, es decir, 1.63 m/año (SOMARRIBA *et al.*, 1995b). Estudios en Amazonas muestran que guaba a 5x5 m, en sistemas agroforestales mixtos, proveen 45 y 85% de cobertura a los 1.5 años de edad, en suelos con 7 y 17% de arcilla, respectivamente (AREVALO *et al.*, 1993). Los diámetros de copa se estiman en 3.8 y 5.3 m, a los 1.5 años, respectivamente, lo que equivale a incrementos de 2.5 y 3.5 m/año.

En términos de dap, los árboles de guaba en este estudio, alcanzaron dimensiones de 18 cm a los 4.3 años de edad (4.2 cm/año). Guaba introducida en cacaotales establecidos alcanzó un dap promedio de 14 cm a los 4.4 años de edad, lo que equivale a un incremento medio de 3.5 cm/año (SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994). En cacaotales nuevos, en Bocas del Toro, los árboles de guaba alcanzaron 19 cm de dap a los 5 años de edad (SOMARRIBA *et al.*,

1995b) y en sistemas agroforestales mixtos en Amazonas, se citan crecimientos del orden de 21 cm a los 5 años de edad, en suelos con 7 o 17 % de contenido de arcilla. Con estas cifras, los incrementos medios son del orden de 4 cm/año (AREVALO *et al.*, 1993).

A los 2.4 años de edad, los árboles de guaba de este estudio alcanzaron una altura total promedio de 9.3 m (3.9 m/año). En cacaotales establecidos, se han registrado alturas promedios de 11 m a los 4.4 años de edad, es decir, incrementos medios de 2.75 m/año (SOMARRIBA Y DOMINGUEZ, 1994). En estudios en cacaotales nuevos, los crecimientos en altura total fueron de 8.3 m a los 3 años de edad, es decir, 2.8 m/año (SOMARRIBA *et al.*, 1995b). En sistemas agroforestales mixtos en Amazonas los árboles de guaba alcanzan los 9 m de altura total a los 3 años de edad (3 m/año), sin cambios fuertes en la altura total entre los 3 y 5 años de edad (AREVALO *et al.*, 1993). La rápida cobertura del suelo, los adecuados niveles de sobrevivencia y crecimiento, la producción de frutos y leña proporcionados por *Inga edulis* podrían parcialmente explicar la generalizada utilización de esta especie como sombra en cacao y café (CATIE, 1992; HERRERA *et al.*, 1987; LAWRENCE, 1994; LEON, 1966).

Los rendimientos de 363 kg/ha/año de cacao seco registrados en este estudio son muy bajos en comparación con los rendimientos esperados en plantaciones similares y con buen manejo, las cuales producen entre 600-1000 kg/ha/año (ENRIQUEZ, 1986; BEER *et al.*, 1990; IICA, 1989; LUJAN, 1992; MELENDEZ, 1993). Los elevados índices de incidencia de moniliasis parecen explicar los bajos niveles de producción.

En cacaotales similares al de este estudio, en el Valle de Sixaola, Costa Rica, con leguminosas arbóreas de sombra, pero sin cacaotales abandonados en los alrededores que sirvan como fuente de inóculo, las pérdidas de mazorcas son del orden del 30-40 % y los rendimientos alrededor de 900 kg/ha/año (LUJAN, 1992; MELENDEZ, 1993). Cacaotales híbridos en Turrialba, Costa Rica, bajo sombra de laurel producen 1040 kg/ha/año entre los años 6-10 (BEER *et al.*, 1990).

Si se ajustan los niveles de producción observados en este estudio, a los niveles de moniliasis encontrados en el Valle del Sixaola, los rendimientos son del orden de 700-800 kg/ha/año. Estos niveles de producción son comparables con lo consignado en la literatura, especialmente si se considera que en este estudio se citan únicamente los primeros dos ciclos productivos de los cacaoteros. Cacaotales bajo sombra de laurel o la leguminosa poró (*Erythrina poeppigiana*) han mostrado que los rendimientos del "híbrido" Catongo x Pound 12 (el cuál se encuentra en este estudio) se estabilizan a partir del sexto año de edad (BEER *et al.*, 1990). En este último estudio, tampoco se detectaron diferencias en la producción de cacao bajo sombra de laurel o de poró.

Todo parece indicar que los bajos niveles de producción de cacao registrados en este ensayo son producto, no de los efectos de las especies de sombra o suelo en este sitio, sino de las condiciones de abandono de los cacaotales vecinos, los cuales constituyen una gran fuente de inóculo de monilia y fitoftora. Las condiciones microambientales producidas por las tres especies de sombra no son suficientes para modificar el impacto de una fuerte presión de inóculo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. No se detectaron diferencias entre especies de sombra en términos de la producción de cacao y madera. Ante este resultado, es más conveniente utilizar maderables (laurel o terminalia) y no guaba como especie de sombra, dados los menores costos de manejo de los maderables (no requieren podas constantes, las cuales son costosas) y la posibilidad de generar ingresos importantes por la producción maderable.
2. No se detectaron diferencias entre especies de sombra en términos de la incidencia de enfermedades fungosas que afectan el cacao (monilia, principalmente). Estas enfermedades son responsables de la pérdida de un 70% del total de mazorcas producidas. La ubicación del sitio experimental dentro de una extensa área de cacaotales abandonados que sirven como fuente casi inagotable de inóculo podría ser una explicación de la incapacidad para detectar diferencias entre especies. Aparentemente, los diferentes ambientes producidos por las especies en evaluación no son suficientemente grandes como para afectar diferencialmente la ecología de los patógenos en el sitio experimental.
3. No se detectaron diferencias entre especies maderables en términos del crecimiento maderable. Ante esta situación, es conveniente utilizar laurel y no terminalia como especie de sombra, ya que la madera de laurel

tiene alto valor y está asegurada su aceptabilidad en el mercado local (no existe experiencia con terminalia). Además, los árboles de laurel mostraron buen crecimiento y forma, y baja tasa de mortalidad, a diferencia de terminalia, para la que existe incertidumbre con la sobrevivencia de árboles grandes (25-35 cm dap y más de 20 m altura).

4. Las diferencias genéticas entre "híbridos" de cacao constituyeron la mayor fuente de variabilidad en este ensayo. A nivel de "híbrido" se registraron claras diferencias en términos de producción de cacao. Además, ciertas combinaciones de "híbrido" - especie de sombra fueron más productivas que otras, lo que abre las posibilidades para diseñar cacaotales más productivos. En este sentido, tres "híbridos" destacaron como los más productivos bajo las tres especies de sombra, estos fueron: "Catongo x Pound 12", "UF 296 x CC 18" y "Catongo x Pound 7". Los primeros dos "híbridos" figuraron siempre como primeros o segundos lugares en producción bajo las tres sombras; "Catongo x Pound 7" figuró siempre en tercer lugar.
5. La estructura productiva del cacaotal de este ensayo está caracterizada por la presencia de muchos árboles que producen poco y muy pocos árboles que producen mucho. Este patrón productivo ha sido observado en otras poblaciones híbridas similares a la del sitio de estudio. Esta situación sugiere que un incremento del número de árboles altamente productivos (mediante

injertación) mejorará sustancialmente la producción de estos cacaotales.

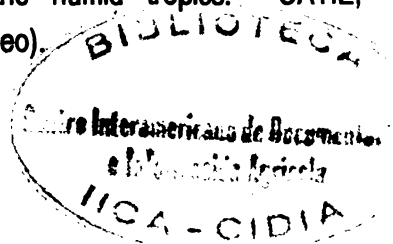
6. Los resultados presentados en este documento son preliminares. Las tendencias en el desarrollo vegetativo de los cacaoteros (por ejemplo, en el área basal), la inestabilidad en los ritmos mensuales de producción de cacao, el incremento en la producción de cacao en los dos períodos observados, la reducción en el nivel de infestación de monilia entre ciclos de producción, y la evolución rápida de las condiciones de sombra características de cada especie, indican que los sistemas de manejo de sombras evaluados en este documento no han alcanzado su madurez.

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. Carlos Salazar, propietario de la finca y activo colaborador en esta investigación. Heriberto Hernández, Geovanni Campos y otros asistentes del Proyecto CATIE/GTZ manejaron el ensayo. John Beer y Wilbert Phillips revisaron el manuscrito.

9. LITERATURA CITADA

- AHENKORAH, Y; AKROFI, GS ; ADRI, AK (1974) The end of the first cocoa shade, ; manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Journal of Horticultural Science* 49:43-51.
- AREVALO, LA; SZOTT, LT ; PEREZ, JM (1993) El pijuayo como componente de un sistema agroforestal. En: IV Congreso Internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo, J Mora Urpí, LT Szott, M Murillo y VM Patiño, editores. EUNED, San José, Costa Rica. pp. 267-286.
- ARGUEDAS, M (1993) Diagnóstico y recomendaciones del manejo de problemas fitosanitarios en especies forestales del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 44 p. (mimeo).
- BARKER, DJ (1991) An economic analysis fo farming coffee ; trees at Turrialba, Costa rica: comparing small farms with poró (*Erythrina poeppigiana*) only to those with both laurel (*Cordia alliodora*) ; poró. Tesis Mag. Sci., CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- BEER, J (1987) Advantages, disadvantages ; desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao, ; tea. *Agroforestry Systems* 5(1):3-13.
- BEER, JW (1980) *Cordia alliodora* with *Theobroma cacao*: a traditional agroforestry combination in the humid tropics. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 5 p. (mimeo).



- BEER, JW (1988) Litter production ; nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems* 7:103-114.
- BEER, JW (1992) Production ; competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* ; *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph.D Thesis, University of Oxford, Oxford, Engl;.
- BEER, J; BONNEMANN, A; CHAVEZ, W; FASSBENDER, H; IMBACH, A ; MARTEL, I (1990) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) ; poró (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. V. Productivity indices, organic material models ; sustainability over ten years. *Agroforestry Systems* 12:229-249.
- BOSHIER, D (1984) The international provenance trial of *Cordia alliodora* (R&P) Oken in Costa Rica. IUFRO, Actas, Mutare, Zimbabwe. 26 p.
- BUDOWSKI, R; KASS, DCL ; RUSSO, RHO (1984) Leguminous trees for shade. Edición especial, Pesquisa Agropecuaria Brasileira 19:205-222.
- CABALA, P; SANTANA, M ; CADIMA, A (1987) Associations between cacao (*Theobroma cacao*) ; shade trees in Southern Bahía, Brazil. En: *Advances in agroforestry research*, JW BEER, HW, FASSBENDER ; J HEUVELDOP, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 137-154.

- CAMACHO, P (1981) Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. ITCR/DGF, Cartago, Costa Rica. 287 p.
- CANNON, PG (1979) The distribution ; severity, etiology ; preventive management of the dieback of *Terminalia ivorensis* in Ghana. Thesis Ph.D, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.
- CANNON, PG; SALAS, F; OKUMOTO, S (1994) Mortalidad de *Terminalia ivorensis* en San Carlos, Costa Rica. Enlace Madeña-3, Boletín #1. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE (1992) Informe final: Proyecto árboles fijadores de nitrógeno (3p-89-0113) CATIE-CIID. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (mimeo).
- CAYCEDO, H (1988) Evaluación preliminar del crecimiento de 20 especies maderables en la región de Lloró-carretera interamericana, Chocó, Colombia. Serie Técnica #29, Bogotá, Colombia. 31 p.
- CAYCEDO, H; POEL, P van der (1988) Comportamiento de 11 especies forestales en diferentes unidades fisiográficas de la región de Bojaya, Chocó, Colombia. Serie Técnica #27, CONIF, Bogotá, Colombia. 35 p.
- EGBE, NE; ADENIKINJU, SA (1990) Effect of intercropping on potential yield of cacao in South Western Nigeria. *Café Cacao* Thé 34(4):281-284.

- ENRIQUEZ, G A (1985) Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza # 22. 239 p.
- ENRIQUEZ, G A (1986) Respuesta del cacao híbrido a dos sistemas de sombra en Turrialba, Costa Rica. En: *Advances in agroforestry research*. JW Beer, HW, Fassbender ; J Heuvelodop, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 141-154.
- ESPINOZA, M; BUTTERFIELD, R (1990) Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. In: *Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple*. R. Salazar, editor. Actas Reunión IUFRO. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 159-172.
- GREAVES, A ; McCARTER, PS (1990) *Cordia alliodora*: a promising tree for tropical agroforestry. *Tropical Forestry Papers #22*, Oxford Forestry Institute, Oxford, Engl.; 37 p.
- HERRERA, R *et al* (1987) Coffee ; cacao plantations under shade trees in Venezuela. En: *Advances in agroforestry research*. JW Beer, HW, Fassbender ; J Heuvelodop, editores. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 173-181.
- HERRERA, W (1985) *Vegetación y clima de Costa Rica*. v.2. EUNED, San José, Costa Rica. 118 p.
- HORNE, JEM (1953) *Growth rates in the timber plantations of Western Nigeria*. Nigerian Forestry Department, Information Bulletin #12, Ibadan, Nigeria.

- HUDSON, JM (1984) A note on *Cordia alliodora* in Vanuatu. Commonwealth Forestry Review 63(3):181-183.
- IICA (1989) Compendio de agronomía tropical, tomo II. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. pp. 478-494.
- _____ (1991) Sombras y cultivos asociados al cacao. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), PROCACAO, Servicio de Información bibliográfica. Turrialba, Costa Rica. 195 p.
- KAPP, GB (1989) Perfil ambiental de la zona baja de Talamanca, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico # 155. Turrialba, Costa Rica. 96 p.
- _____ ; BEER, J ; LUJAN, R (1994) Timber tree planting trials on farm boundaries in the Atlantic lowlands of Costa Rica ; Panamá. Part 1. Tree growth ; survival. Sometido para publicación en Agroforestry Systems.
- LAMB, AFA ; NTIMA, O O Comp. (1971) *Terminalia ivorensis*. Fast growing timber trees of the lowland tropics, #5. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, Engl.;. 71 p.
- LAWRENCE, A (1994) Farmer knowledge ; use of *Inga*. En: Workshop on Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils, L. Szott, editor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (en prensa).
- LEON, J (1966) Central American ; West Indian species of *Inga*. Annals of the Missouri Botanical Garden 53(3):265-369.
- LUCAS, C; BEER, J; KAPP, G (1994) Evaluación de dos sistemas agrosilviculturales permanentes vs. reforestación pura en

Talamanca, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. En prensa.

LUJAN, R (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.

_____ ; BEER, J; KAPP, G (1994) Manejo y crecimiento de linderos en el Valle de Sixaola, Talamanca, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico. En prensa.

_____ ; CAMACHO, A (1994) Manejo y crecimiento de linderos. Serie Técnica, Informe Técnico #224, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 94 p.

McGREGOR, W D (1934) Silviculture of the mixed deciduous forests of Nigeria. Oxford Forestry Memories #18, Oxford, Engl.;

MAG (1991) Aspectos técnicos sobre 45 cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. pp. 3-18.

MARTINEZ, H (1981) Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sci., CATIE/UCR, Turrialba, Costa Rica. 172 p.

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. Sci., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 80 p.

- MUSALEM, M A (1989) Los aclareos en plantaciones de árboles de uso múltiple. 1. Definición, métodos y grado de los aclareos. En: Curso Centroamericano de silvicultura de plantaciones de árboles de uso múltiple, v. 2., CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- MUSSACK, M ; LAARMAN, J G (1989) Farmers' production of timber trees in the cacao-coffee region of coastal Ecuador. *Agroforestry Systems* 9(2):155-170.
- NIEUWENHUYSE, A (1994) Los suelos de los sitios del Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Cantón de Talamanca, Costa Rica y Distrito de Changuinola, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 133 p.
- PARRY, M S (1956) Tree planting practices in tropical Africa. FAO Forestry Division, Paper #8, Rome, Italy.
- SALAS, G de las; VALENCIA, J (1979) Notas sobre la reforestación con *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Oken en dos zonas tropicales de bajura: Tumaco y Carare-Opón, Colombia. Serie Técnica #10, CONIF, Bogotá, Colombia. 34 p.
- SANCHEZ, J; 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.
- SANTANA, M B ; CABALA, P (1985) Reciclagem de nutrientes en uma plantacao de cacau sombreada com *Erythrina*. En: International Cocoa Research Conference IX. Lagos, Nigeria. pp. 205-210.

SCHLONVOIGT, M (1993) Aufwuchsentwicklung von *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken in Abhängigkeit verschiedener Pflanzmethoden in agroforstlichen Systemen in der Atlatikzone von Costa Rica. Ph.D Thesis, Gottingen, Alemania.

SOMARRIBA, E; BEER, J (1986) Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Serie Técnica, Informe Técnico # 16, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 23p.

_____ (1994) Maderables como alternativa para la substitución de sombra de cacaotales establecidos: el concepto. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico # 238 . 29 p.

SOMARRIBA, E; DOMINGUEZ, L (1994) Maderables como alternativa para la substitución de sombra en cacaotales establecidos: manejo y crecimiento. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico #240. 95 p.

SOMARRIBA, E; DOMINGUEZ, L; LUCAS, C (1994) Cacao-plátano-laurel: producción agrícola y crecimiento maderable. Serie Técnica, Informe Técnico #233, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p.

_____ (1995b) Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: manejo, crecimiento y producción de cacao y madera. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico, en prensa.

SOMARRIBA, E; BEER, BONNEMANN, A (1995a) Sombras leguminosas o maderables para cacao: el concepto. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico, en preparación.

TOSI, JA (1969) República de Costa Rica, Mapa ecológico según la clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica. Escala 1:750000.

VARGAS, R; KLOP, A (1987) Especies forestales potencialmente aptas para la reforestación en Urabá, Colombia. Resultados iniciales de ensayos de adaptación y comportamiento. Serie Técnica #21, CONIF, Bogotá, Colombia. 29 p.

WOOD, G A R ; LASS, P A. Eds. (1987) Cocoa. Longman Scientific ; Technical, Harlow, United Kingdom.

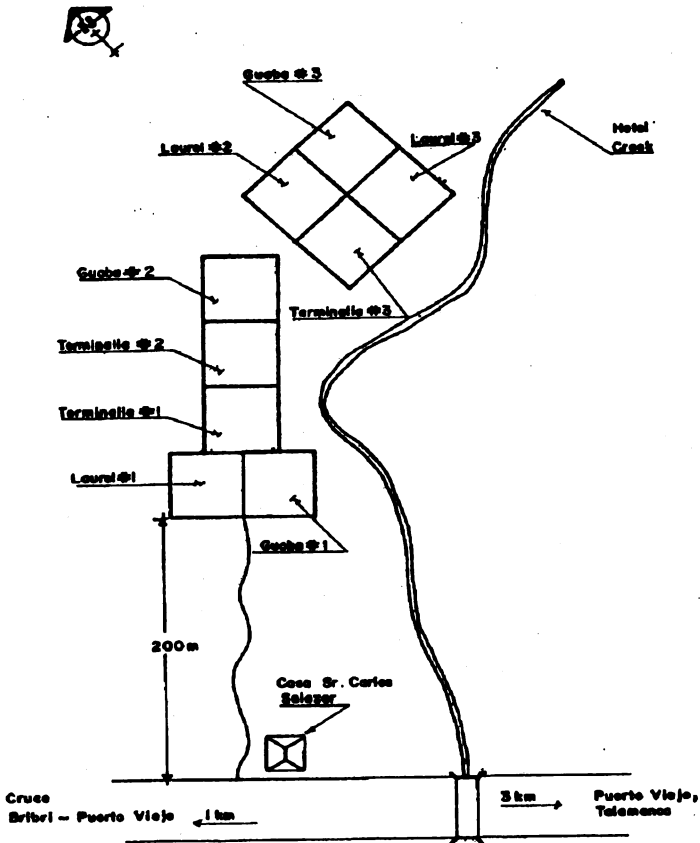
9. ANEXOS

ANEXO 1.

Mapa general del ensayo, Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.

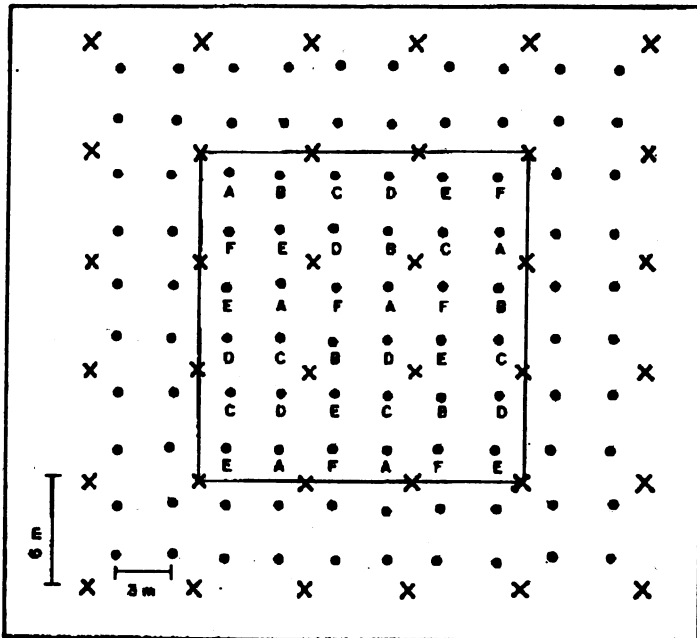
Laurel : *Cordia alliodora*, Guaba: *Inga edulis*,

Terminalia : *Terminalia ivorensis*



ANEXO 2.

Mapa de las parcelas, esquema de aleatorización de "híbridos de cacao (A - F)".



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

- A= UF667 x UF29
- B= UF613 x IMC67
- C= UF613 x UF29
- D= Catongo x Pound 12
- E= Catongo x Pound 7
- F= UF296 x CC18

ANEXO 3.

Variables, mediciones y analisis de datos

Se llevaron registros de:

- 1) sobrevivencia, crecimiento y forma del fuste de los árboles de sombra;
- 2) crecimiento y arquitectura de las plantas de cacao, y producción;
- 3) las actividades, mano de obra e insumos utilizados para el manejo de los árboles de sombra y cacaoteros; y
- 4) fenología y dinámica de los doseles de sombra.

La estimación de la sobrevivencia de los árboles de sombra se basó en registros de sobrevivencia tomados bimestralmente durante los primeros dos años de edad, en forma semestral durante el tercer año de edad, y luego en forma anual como parte de las mediciones de crecimiento. Debido a que un mismo sitio de plantación pudo ser replantado más de una vez (en el caso de mortalidad recurrente), el porcentaje de mortalidad (M) se estimó como:

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

donde **D** = número de muertes registradas en una parcela útil en el periodo abril 1990 - abril 1994, **R** = número de replantaciones en el periodo, y **P** = número de plantas originalmente plantadas (16 en este ensayo). La comparación de la mortalidad por bloque y especie se realizó mediante un análisis de varianza, con datos de mortalidad transformados por arcoseno de la raíz cuadrada.

Los registros de crecimiento incluyeron mediciones semestrales de altura total (h), diámetro de copa y diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) durante los primeros dos años de edad y luego en forma anual hasta los 4.3 años (en este documento). Las mediciones de altura total se hicieron con vara telescópica y con clinómetro Suunto en árboles de alturas superiores a 15 m. El dap fue medido con cinta diamétrica y el diámetro de copa se estimó con base en dos proyecciones perpendiculares de la copa.

Las evaluaciones de la forma del fuste se iniciaron a los tres años de edad. La forma del fuste se evaluó conjuntamente con las mediciones anuales de crecimiento utilizando las siguientes categorías: sinuoso (poco o mucho), con torcedura basal, bifurcado, inclinado, copa asimétrica, fuste quebrado (con o sin recuperación) y sin copa.

Guaba es una especie leguminosa de servicio (sombra), a diferencia de laurel y terminalia que además de sombra están destinadas a la producción de madera. El manejo de la guaba incluye la aplicación de podas fuertes para regular las condiciones de sombra en el cacaotal, lo que impide compararla directamente con laurel y terminalia en términos de altura total y diámetro de copa a partir de la iniciación de las podas.

Debido al exceso de sombra y elevados costos por podas, el 50% de los árboles de guaba fueron raleados a los 4 años de edad. Por esta razón, la comparación del crecimiento en área basal se realizó a los 3.56 años, fecha en la que se midieron las poblaciones completas de todas las especies. En el caso del volumen, las comparaciones se restringen a laurel y terminalia, ya que guaba no produce madera aserrable al igual que las otras dos especies.

El desarrollo de los cacaoteros se evaluó en forma anual mediante mediciones del incremento del tronco a 30 cm de altura sobre el suelo. La arquitectura básica de la planta de cacao, la cuál es determinada por aspectos genéticos, tipo de material utilizado para reproducción (semillas, yemas, etc.) y por las condiciones generales de sombra (WOOD AND LASS, 1987), se evaluó una sola vez al año de edad, aproximadamente, una vez que los cacaoteros desarrollaron la primer horqueta de ramas principales y no se habían iniciado las podas de formación. Se midió la altura a la horqueta (o verticilo) y el número de ramas primarias.

La producción de cacao se midió cada 14 días tan pronto los cacaoteros entraron en su fase productiva (en ciertas plantas esto ocurrió a los 1.5 años después de siembra). En cada evaluación se registró (por planta) el número de mazorcas maduras (sanas) y enfermas (de todas las edades) y el peso fresco de las almendras contenidas en las mazorcas sanas. El peso seco de grano fue calculado usando un factor de conversión de 0.40 del peso fresco (ENRIQUEZ, 1985). En este documento se presentan los resultados de dos ciclos agrícola completos (01 abril 1992 - 31 marzo 1994); en abril de 1992 los cacaoteros tenían una edad de 1.88 años.

Las mazorcas cosechadas se clasificaron dependiendo de su estado fitosanitario en: sanas, afectadas por monilia, afectadas por fitoftora (*Phytophthora palmivora*), y mazorcas afectadas por otras causas (roedores, aves, etc.). Esta separación de las mazorcas permite:

- 1) determinar el nivel de pérdidas ocasionadas por los patógenos más importantes en la región, y

- 2) eliminar de la plantación las mazorcas afectadas por patógenos, evitando la esporulación y diseminación de monilia y fitoftora, y reduciendo el nivel de inóculo en la plantación. Esta práctica es de recomendación común para plantaciones de cacao donde estos patógenos están presentes (ENRIQUEZ, 1985).

Los cambios en las condiciones de sombra bajo las diferentes especies fueron monitoreados cada tres semanas, iniciando las mediciones cuando los árboles tenían 4 años de edad. La ausencia de una metodología sencilla y práctica impidió iniciar estas mediciones con mucha anterioridad (idealmente deberían tomarse registros a partir del primer año de edad de los árboles).

El método utilizado está basado en dos estimaciones visuales del grado de apertura (u oclusión) del dosel de sombra, proporcionadas simultánea e independientemente por dos evaluadores. Una primera estimación está basada en el diámetro promedio (D) de las copas de los árboles en la parcela útil, el número (N) de copas completas en la parcela útil, y el nivel de "frondosidad" promedio (F) de las copas. El diámetro medio de copa (D) se utiliza para calcular el área promedio de la proyección de copa (C) suponiendo una forma circular. Como los árboles se plantaron siguiendo un espaciamiento regular (6 x 6 m), la estimación de D es relativamente precisa.

La "frondosidad" se estima trazando una línea imaginaria que conecta las puntas de las ramas y delinea la copa y preguntándose si agrupando imaginariamente todo el follaje éste ocupa el 100, 75, 50, etc. por ciento del área delimitada. Con los datos de cada árbol, se calcula un promedio para la parcela útil.

La frondosidad, así definida, mide el porcentaje del espacio encima de los cacaoteros "ocupado" por las hojas y ramas de los árboles de sombra.

El área total de la parcela útil "cubierto" por el dosel de sombra (A) se obtiene como $A = C \cdot N \cdot F$. El porcentaje de sombra (S) expresa A como fracción del área total de la parcela útil. Obviamente, S no mide "sombra" directamente, pero al representar la fracción del área cubierta de hojas y ramas de los árboles de sombra, en cierta medida mide la oclusión o impedimento que ofrece el dosel de sombra al paso de la radiación solar.

Una vez se han realizado numerosas estimaciones de este tipo, los evaluadores desarrollan la habilidad para "estimar al ojo" el nivel de sombra de la parcela. Esta habilidad se utilizó para controlar el nivel de error en la primera estimación. Los evaluadores, independientemente, "estiman al ojo" el porcentaje de sombra (S) de la parcela, antes de realizar sus estimaciones de diámetros de copa y frondosidad promedio por árbol. Si el valor de S calculado "al ojo" difiere del estimado con información promedio por árbol en más del 25%, se evalúan nuevamente ambas determinaciones. Una vez completadas ambas mediciones, se comparan las estimaciones, y nuevamente, si las diferencias exceden el 25%, se repite todo el proceso.

En un intento de explicar los cambios en el porcentaje de sombra proporcionado por cada especie, conjuntamente con la estimación de sombra se llevaron registros del estado fenológico de los árboles en cada parcela. Para esto, se definieron los siguientes estados

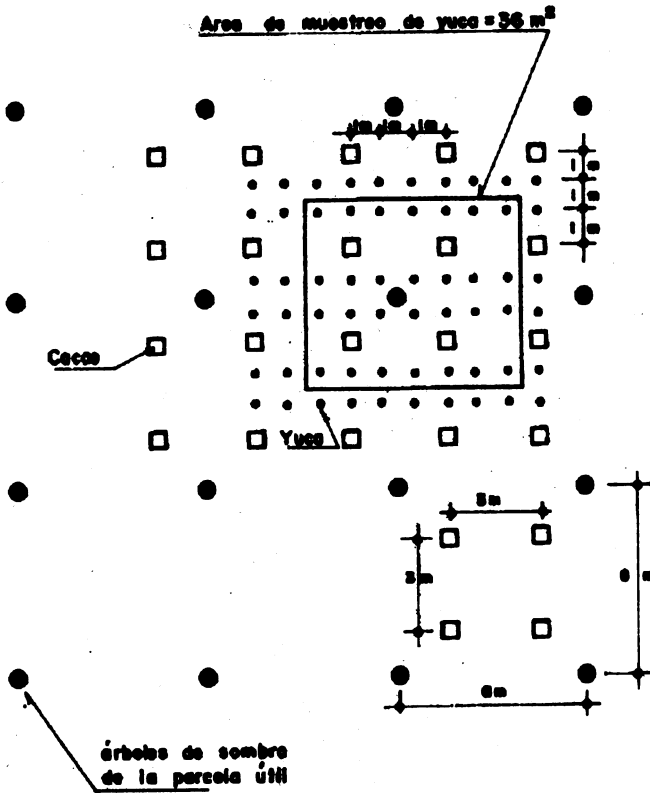
fenológicos: brotación de follaje, caída de follaje, caída de ramas, floración, fructificación y herbivoría.

Si en una fecha determinada > 25% de los árboles de una parcela presentaban uno o más estados fenológicos (por ejemplo, el 10 de marzo de 1994, > 25% de los laureles del bloque #1 se encontraban fructificando y botando ramas) se registraba un valor de 1 en fructificación y caída de ramas y 0 en el resto de posibles estados.

El análisis de estos datos fue puramente descriptivo. Debido a que los datos de fenología y proyección de sombra abarcan solo nueve meses, los resultados aquí presentados deben considerarse como muy preliminares.

ANEXO 4

Arreglo de plantación de yuca utilizada con sombra temporal para el cacao. Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica.



ANEXO 5.

Diámetro a la altura del pecho (dap, cm), incremento medio anual (IMA, cm/año) e incremento corriente anual (ICA, cm/año) por especie a diferentes edades (años).

ESPECIE	VARIABLE	1.3	2.4	3.6	4.3
LAUREL	dap	6.6	13.6	18.5	20.1
	IMA	5.1	5.7	5.1	4.7
	ICA	5.1	6.4	4.1	2.3
GUABA	dap	6.4	13.7	16.4	17.8
	IMA	4.9	5.7	4.6	4.1
	ICA	4.9	6.6	2.3	2.0
TERMINALIA	dap	5.0	13.5	19.6	21.8
	IMA	3.8	5.6	5.4	5.1
	ICA	3.8	7.7	5.1	3.1

ANEXO 6.

Altura total (h, m), incremento medio anual (IMA, m/año) e incremento corriente anual (ICA, m/año) por especie a diferentes edades (años). GUABA recibió podas fuertes a partir de los 2.4 años.

ESPECIE	VARIABLE	1.3	2.4	3.6	4.3
LAUREL	h	5.8	10.7	15.8	17.4
	IMA	4.5	4.5	4.4	4.0
	ICA	4.5	4.5	4.3	2.3
GUABA	h	4.9	9.3	-	-
	IMA	3.8	3.9	-	-
	ICA	3.8	4.0	-	-
TERMINALIA	h	4.3	10.6	14.8	17.1
	IMA	3.3	4.4	4.1	4.0
	ICA	3.3	5.7	3.5	3.3

ANEXO 7.

Area basal (G, m²/ha), incremento medio anual (IMA, m²/ha/año) e incremento corriente anual (ICA, m²/ha/año) por especie a diferentes edades (años).

ESPECIE	VARIABLE	1.3	2.4	3.6	4.3
LAUREL	G	1.0	4.3	7.8	9.1
	IMA	0.8	1.8	2.2	2.1
	ICA	0.8	3.0	2.9	1.9
TERMINALIA	G	0.6	4.2	8.2	10.0
	IMA	0.5	1.8	2.3	2.3
	ICA	0.5	3.3	3.3	2.6

ANEXO 8.

Volumen total del fuste (V, m³/ha), incremento medio anual (IMA, m³/ha/año) e incremento corriente anual (ICA, m³/ha/año) por especie a diferentes edades (años).

ESPECIE	VARIABLE	1.3	2.4	3.6	4.3
LAUREL	V	3.0	22.0	55.0	71.0
	IMA	2.3	9.2	15.3	16.5
	ICA	2.3	17.3	27.5	22.9
TERMINALIA	V	1.0	20.0	53.0	74.0
	IMA	0.8	8.3	14.7	17.2
	ICA	0.8	17.3	27.5	30.0

Dirección Postal	Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ 7170 CATIE Apartado Postal Nº 126 Costa Rica Teléfono : (506) 556-6438 Fax : (506) 556-1891
Serie Publicación	Generación y Transferencia de Tecnología Nº 10
Título	Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica Manejo, crecimiento y producción de cacao y madera
Autores	Eduardo Somarriba Luis Meléndez Wilbert Campos Carlos Lucas
Edición	Alfonso Pérez Gómez
Diagramación	Armando Camacho Brown
Impresión	Unidad de Producción de Medios CATIE