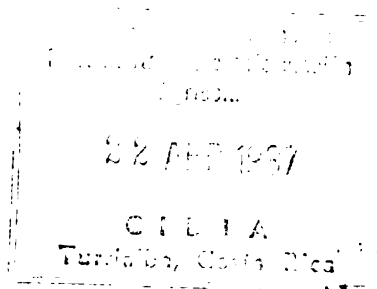


VENTAJAS, DESVENTAJAS Y CARACTERISTICAS DESEABLES DE LOS

ARBOLES DE SOMBRA PARA CAFE, CACAO Y TE

John Beer



La impresión y distribución de este trabajo fueron patrocinadas por el Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, COSUDE, por medio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical.

CENTRO AGRONOMO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica, marzo 1987

BEER, J.* 1987. Ventajas, desventajas y características deseables de los árboles de sombra para café, cacao y té**. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 97 ref. 18 p.

RESUMEN

Se hace una revisión de las interacciones ecológicas que existen entre los árboles de sombra y los cultivos perennes: café (Coffea spp.L.), cacao (Theobroma cacao L.) y té (Camellia sinensis L. Kuntze). Estas interacciones se clasifican primero como ventajas y desventajas y segundo como: efectos en el manejo de los cultivos, efectos en el ciclo hidrológico, efectos en patógenos, insectos y condiciones climáticas y efectos en los suelos. Se dan referencias para las 20 consecuencias ventajosas y las 16 desventajosas de usar árboles de sombra, enfatizando en las publicaciones que proveen datos originales y metodologías útiles. Finalmente se presenta una lista de características deseables de los árboles de sombra para cultivos perennes.

Palabra clave: café, cacao, té, árboles de sombra, revisión.

* M.S. Investigador Agroforestal, Proyecto Agroforestal CATIE/GIZ, Turrialba, Costa Rica.

** Traducido del inglés por C. Rojas, del artículo aceptado en Agroforestry Systems (Holanda), 1987.

INTRODUCCION

Las principales interacciones biológicas que existen entre los árboles de sombra y los cultivos que crecen debajo han sido revisadas por varios autores (23,40,63,73,74). Este informe provee listas de todas las ventajas y desventajas sugeridas que se atribuyen a los árboles de sombra usados para café (Coffea spp.L.), cacao (Theobroma cacao L.) y té (Camellia sinensis L. Kuntze) (16, 35, 76, 79, 96). Estas listas se diseñaron para ayudar al estudiante, investigador o agente de extensión a indentificar las interacciones árbol-cultivo más importantes, o las especies de árboles de sombra más adecuados cuando se trabaja con una combinación agroforestal nueva y/o un nuevo sitio. Las referencias que se mencionan en estas listas son de publicaciones que contienen datos experimentales y que describen una metodología utilizada para estudiar una interacción particular. En pocos casos, cuando los datos experimentales son escasos o no existen, se hace la referencia de publicaciones previas que incluyen la misma indicación (por ejemplo véase más adelante 3.4.7. Efectos beneficiosos en los organismos del suelo [35]. No se dan referencias cuando la posible ventaja o desventaja es obvia (por ejemplo 4.1.4. Impedimentos en la mecanización del cultivo).

EL USO DE ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS TROPICALES PERENNES

La tendencia actual de las agencias de servicio de extensión agrícola es la de recomendar el cultivo de café y cacao sin árboles de sombra, para así obtener el más alto rendimiento posible. Tales recomendaciones están basadas en un trabajo experimental realizado en muchos países tropicales, en los que se ha demostrado que en los sitios

indicados, con el manejo intensivo de monocultivos auto-sombreados se puede incrementar la producción en 2 ó 3 veces, si se compara con los sistemas mixtos tradicionales (4, 18, 25, 26, 46, 66, 68, 95, 96). Sin embargo existe poca información en relación a la rentabilidad a largo plazo del cultivo sin sombra en relación al cultivo con sombra, como la información que provee Akenkorah et al (1).

Para el pequeño agricultor resulta menos controvertida la inclusión de árboles de sombra, porque ellos generalmente tienen su cultivo en un sitio de clase sub-óptima (Nair [71], Purseglove [76], Wrigley [96] para descripciones de las condiciones óptimas para el café, cacao, té, etc.) Purseglove (76, p. 587) resume algunas de las más importantes consideraciones en el caso en que, como él afirma, "La sombra reduce la fotosíntesis, la transpiración, el metabolismo y el crecimiento, por consiguiente se reduce también la demanda de nutrimentos del suelo y así se capacita a un cultivo para que se mantenga en suelos de baja fertilidad." La sombra se recomienda invariablemente en cacao joven (4,31) y en los lugares óptimos debe removerse en forma gradual hasta que el cacao se autosombree (17, 26, 68). Sin embargo, en aquellos casos en que no se puede garantizar un manejo intensivo, más que todo con respecto a la aplicación regular de fertilizantes, se recomienda el mantenimiento de algunos árboles de sombra, tanto para el cacao (95) como para el café (74). Algunas de las muchas ventajas y desventajas de los árboles de sombra se indicarán en este informe, pero parece ser que el aspecto fundamental cuando se planea la renovación o establecimiento de plantaciones de cacao y café, es si el dueño tiene el lugar, educación y recursos para mantener estos cultivos sin sombra. En el caso de cultivos que se exportan, se presenta un riesgo adicional y consiste en que el valor del producto puede fluctuar temporalmente, y en ocasiones caer a un nivel tal que el finquero no puede proporcionar los gastos necesarios por más tiempo y por lo tanto abandonará su plantación. Cacao o café bajo sombra sobrevivirán mejor a esta contrariedad que los monocultivos de estas especies (44, p 88).

El alto riego que en sí tienen los cultivos de cacao sin sombra, ha sido indicado por estudios económicos hechos por Cunningham (24) en Ghana. "Los gastos y trabajo asociados a la tumba de todos los árboles existentes, y el cultivo del cacao sin sombra con el uso de altas dosis de fertilizantes, se justificarán sólo cuando se obtengan producciones mayores o iguales a 3,000 lb/acre (3,360 kg/ha) de cacao seco" (véase también Vernon [90]).

Se ha observado que en la gran mayoría de los experimentos de fertilización realizados en plantaciones de cacao hay poca respuesta a la fertilización cuando se utiliza la sombra (1, 4, 17, 18, 23, 26, 69), y en tales

circunstancias no se justificaría el uso de fertilizantes. Parte de las investigaciones dedicadas a estos cultivos debería de reorientarse, en el sentido de que en vez de obtener cosechas máximas, los estudios deberían encaminarse a lograr sistemas de producción sostenida para los campesinos de pocos recursos económicos que hacen su agricultura en terrenos marginales.

Algunas de las consecuencias producidas por la sombra en los cultivos pueden ser favorables o desfavorables dependiendo de la situación, por ejemplo: la influencia en el balance hídrico del estrato inferior. Si una interacción particular es beneficiosa o perjudicial dependerá de las características de las especies y del área específica (clima, suelos, etc.).

Los árboles de sombra se pueden clasificar (21):

- a) Como una herramienta en el manejo de las condiciones ambientales de cultivos en asocio; por ejemplo E. poeppigiana con café)
- b) Como un medio en la diversificación de la producción (incluyendo madera) de un cierto lugar, por ejemplo C. alliodora con café.
- c) En algunos casos la sombra llena los objetivos a) de manejo y b) de producción, por ejemplo Leucaena leucocephala con café.

Basado en las interacciones sugeridas en las listas de "Ventajas y desventajas las características de los árboles de sombra dadas en la tercera lista se consideran las más apropiadas pero las que sean de mayor importancia dependen del objetivo a), b) ó c).

La primer pregunta a contestar es si la especie está adaptada a la zona. Finalmente, la mejor prueba de cuán adecuada sea una especie de árbol para sombra es el rendimiento financiero de la asociación a largo plazo comparado con el monocultivo del cultivo perenne. La listas adjuntas son sólo una guía para escoger las especies a ser probadas.

Listas de especies arbóreas de sombra potenciales han sido publicadas para: Brasil (58, 81, 93); Carmerún (61); América Central y Suramérica (55, 56); Costa Rica (43, 51); Costa de Oro (42); India (28); Costa de Marfil (60); Kenya (64); México (51); Sri Lanka (52); Trinidad (67); Uganda (89); varios países (22, 44, 62, 96) y Zaire (75).

POSIBLES VENTAJAS DE LOS ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS PERENNES¹.

1. Consecuencias que facilitan el manejo del cultivo

1. Prevención de sobre-producción y la consecuente quema de los ápices ("die back") que resulta en producciones menos variables, las que al cabo de un largo período permiten una utilización eficiente de la maquinaria y de las labores durante la cosecha y el procesamiento (76).

2. Supresión del desarrollo de malezas (14, 25, 87, 90).

3. Diversificación de la producción, por ejemplo frutos, madera. Además, los árboles maderables representan "un capital permanente" y desde este punto de vista representan un seguro contra las pérdidas de los cultivos (84).

4. Control de la fenología del cultivo, por ejemplo la fructificación y maduración se pueden influenciar con el manejo de las condiciones ambientales por medio del control del período de la poda de los árboles de sombra o con el uso de árboles deciduos apropiados (5, 19, 31, 42, 53, 92, 97).

5. La sombra puede mejorar la calidad del cultivo, por ejemplo del café (19, 20, 66).

2. Influencias beneficiosas en el ciclo hidrológico

1. Disminución en la tasa de evapotranspiración del cultivo sombreado (3, 33, 48, 54, 60, 65, 70, 87).

2. Remoción de los excesos de humedad en el suelo, mediante la transpiración producida por la densa cobertura vegetal de sombra (31, 63), por ejemplo las plantaciones de té en el noroeste de la India (95). ✓

3. Incremento en la entrada de humedad por medio de la intercepción horizontal de neblina o nubes, por ejemplo Grevillea robusta en plantaciones de té en Tanzania ("East African Tea Research Institute"). ✓

3. Protección del cultivo de los patógenos, insectos y climas adversos

1. Extensión de la vida productiva del cultivo (1, 4).

2. Reducción de los valores extremos en la temperatura del aire, suelo y superficie foliar, y en algunos casos se

mejoran las condiciones microclimáticas para el cultivo, por ejemplo mayor humedad (2, 3, 18, 45, 48, 70, 87, 92).

3. Disminución del daño ocasionado por el granizo y lluvias torrenciales.

4. Disminución de algunas enfermedades, plagas e infecciones por parásitos en las plantas (1, 2, 72, 83, 88, 89).

5. Disminución de la velocidad del viento en el estrato del cultivo (4, 59, 82).

MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD Y/O PROTECCION DEL SUELO

1. El crecimiento y posible muerte de los sistemas radicales de los árboles de sombra favorecen el drenaje y la aireación del suelo (52) por ejemplo fracturando un "hard pan" (estrato de subsuelo compactado).

2. Provisión de mantillo en el suelo (que ayuda a mantener la humedad del suelo en la época seca) y un aumento en la cantidad de materia orgánica del suelo proveniente de la caída natural de las hojas y de los residuos de la poda (12, 39, 47, 49, 52, 80).

3. Disminución de la erosión en las pendientes (85, 92, 94)

4. Disminución en la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo, resultado de la reducción de la temperatura del suelo

5. Recirculación de nutrimentos que no son accesibles al cultivo (6)

6. Fijación de nitrógeno producto de los nódulos del sistema radical de los árboles de sombra (12, 30, 78)

7. El manejo de cultivos perennes sin sombra involucra un gran uso de sustancias químicas agrícolas especialmente herbicidas. Estos pueden producir efectos inhibidores sobre los organismos beneficios del suelo, por ejemplo, descomponedores de materia orgánica y fijadores de nitrógeno de vida libre (35). El incremento en el contenido de materia orgánica del suelo creado por la presencia de árboles de sombra, puede promover la actividad de organismos benéficos en el suelo (70).

POSIBLES DESVENTAJAS DEL USO DE ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS PERENNES

1. Aspectos que obstaculizan el manejo del cultivo..

1. La caída natural de los árboles y sus ramas, o la cosecha de los árboles maduros, dañará el cultivo inferior (9, 11).

2. Repentinas defoliaciones de los árboles de sombra, a causa de insectos o enfermedades pueden producir un cambio brusco en las condiciones ambientales normales del cultivo bajo sombra y ocasionar una muerte progresiva de los ápices; por lo tanto es preferible el uso de varias especies de sombra que solo una.

3. Se requiere de una labor manual extra para las asociaciones, cuando los árboles son regularmente podados (29).

4. La mecanización del cultivo en el estrato inferior se dificulta.

5. Se dificulta el establecimiento de estructuras de control de la erosión (por ejemplo el uso de terrezas) una vez que se establecen los árboles.

6. El mejoramiento de las variedades de cultivo está orientado para que se adapten a las condiciones de monocultivo y no para adaptarse a las de sombra (10, 20, 29, 45, 66).

7. Fuerte sombreo puede reducir la calidad de un cultivo, por ejemplo el té (50,65).

2. Influencias perjudiciales en el ciclo hidrológico

1. Competencia de las raíces de los árboles de sombra por agua en la estación seca y por oxígeno en la estación lluviosa (3, 34, 36, 47, 57, 90).

3.. Fomento de factores adversos como organismos, patógenos, insectos y condiciones ambientales perjudiciales

1. La disminución en el movimiento del aire y el aumento en humedad, pueden favorecer las enfermedades fungosas (18, 19, 27, 83).

2. La incidencia de insectos dañinos puede ser mayor en cultivos sombreados (82, 92).

3. Existencia de efectos alelopáticos (7,77), por ejemplo la combinación de Nogal (Juglans sp) con café es potencialmente peligrosa.

4. Los árboles de sombra pueden ser huéspedes alternativos de plagas y enfermedades (17, 60, 83).

5. Los árboles de sombra no sólo reducen la cantidad de luz disponible, y por lo tanto el rendimiento de los suelos fértiles (15, 17, 19, 91, 92), sino también la calidad de la radiación transmitida al absorber diferencialmente ciertas longitudes de onda importantes en la fotosíntesis (8, 70).

4. Reducción en la fertilidad del suelo (con respecto al cultivo asociado) y mayor erosión

1. Las raíces de los árboles de sombra compiten por nutrimentos (32, 37).

2. El agua que corre en el tronco y el goteo producido por la coalescencia de las gotas de lluvia que se unen en las hojas de los árboles de sombra, pueden ocasionar una redistribución desfavorable de la lluvia, que incrementa la erosión, daña al cultivo, y disminuye la absorción de humedad en el suelo (13, 41, 62, 86, 94).

3. La extracción de frutos y/o madera constituye una salida de los nutrimentos del lugar (32, 38).

5. Características deseables de los árboles de sombra para cultivos perennes².

1. Compatibilidad con el cultivo, lo que significa una competencia mínima por agua, nutrimentos y espacio; por ejemplo que no produzca retoños, copa que se desarrolle sobre el cultivo, sistema radical profundo, mínimo traslapo de las zonas de las raíces de las especies superiores e inferiores.

2. Sistema radical fuerte (resistente a los viento). Los árboles de sombra están más expuestos a las condiciones climáticas adversas que los árboles de una plantación forestal o un bosque natural, y deben ser capaces de adaptarse al crecimiento en pleno sol.

3. Habilidad de propagarse vegetativamente por medio del enraizamiento de las estacas, para dar rápidamente una sombra adecuada.

4. Capacidad para extraer nutrimentos del suelo que el cultivo no pueda tomar³.

5. Habilidad para fijar nitrógeno.
6. Poseer una copa rala que dé un patrón de sombra en parches en vez de una sombra uniforme que produzca una luz de baja calidad fotosintética.
7. En el caso del objetivo b) (especies productoras de madera), es deseable un diámetro de copa pequeño que: a) reduzca la resistencia del follaje al viento y por lo tanto el riesgo de caída, b) permita densidades relativamente altas de los árboles de sombra sin reducir los niveles de luz por debajo de valores críticos, c) minimice los daños ocasionados al cultivo cuando los árboles (producción sostenida de madera) son cosechados.
8. Que las ramas y tallos no sean quebradizos.
9. Tallos y ramas libres de espinas, para facilitar el manejo.
10. De rápido crecimiento apical (obj. b)..
11. Que se autopoden y que, en condiciones de crecimiento libre, formen troncos rectos no bifurcados. (obj. b).
12. Tolerantes a fuertes podas repetidas (obj. a)
13. Que presenten una alta producción de biomasa que recircula por medio de la caída de hojas y/o las podas. Hojas y material leñoso de fácil descomposición.
14. En el caso de los árboles deciduos, que rápidamente generen nuevas hojas para reestablecer las condiciones originales de sombra.
15. Ausencia de susceptibilidad a enfermedades o insectos que podrían provocar una defoliación subita.
16. Que presenten hojas pequeñas, para evitar el efecto de unión de las gotas de lluvia que causan daños por golpeteo.
17. Que no tengan efectos alelopáticos.
18. De corteza lisa que no permita hospedar epifitas.
19. Que produzcan madera de valor, frutas o cualquier otro producto, por ejemplo el hule en Hevea spp.
20. Que no sea un hospedero alternativo de insectos patógenos principales enemigos del cultivo.

21. Las especies de sombra no deben tener la capacidad de reproducirse como malas hierbas, p.e. Ricinus communis y Leucaena leucocephala (en ciertas zonas).

NOTAS

1. Fuentes principales: Budowski (16), Purseglove (76), Willey (95), Wrigley (96).
2. Véase también Haarer (44), MacMillan (62), Martínez y Enríquez (63) y Thomas (89).
3. Este es un punto contencioso ya que varios autores describen los árboles como bombas de nutrimentos que proveen elementos que no están al alcance de las raíces del cultivo inferior. No obstante, Budowski da, como una característica ventajosa, "raíces horizontales largas y superficiales" ya que así pocos nutrimentos escapan del sistema combinado de raíces cultivo-árbol (16). De hecho, con la excepción de suelos arenosos, hay poca evidencia en los trópicos húmedos que demuestre que los sistemas radicales del cultivo y del árbol ocupen diferentes niveles en el suelo. En áreas de alta precipitación la mayoría de las raíces alimenticias de todas las plantas están cerca de la superficie del suelo.

AGRADECIMIENTOS:

La idea de hacer una lista de ventajas y desventajas de los árboles de sombra, o de los sistemas agroforestales, no es nueva (por ejemplo: Budowski [16], Robinson [79], Wrigley [96]). En esta revisión se dan créditos a G. Budowski y a N. Gewald quienes sugirieron esta preparación y revisaron varios borradores. El autor quisiera también agradecer a J. Heuveldop y P. K. Nair por sus útiles comentarios.

BIBLIOGRAFIA

1. AKENKORAH Y, AKROFI G S, and ADRI A K (1974) The end of the first cocoa shade and manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. J Horti Sci 49: 43-51
2. ALVIM P de T (1958) El problema del sombreamiento del cacao desde el punto de vista fisiológico. Agronomía (La Molina) 25: 34-42
3. ALVIM P de T (1960) Las necesidades de agua del cacao. Turrialba 10: 6-16

4. ALVIM P de T (1977) Cacao. III. Climate. In: Alvim P de T, Kozlowski T T, eds, Ecophysiology of tropical crops, pp. 280-289. New York. Academic Press
5. AMPOFO S T, BONAPARTE E E (1981) Flushing flowering and pod-setting of hybrid cocoa in a cocoa/shade/spacing/cultivar experiment. In: Proc VII Int Cocoa Res Conf, Cameroun, 1979, pp. 103-108. Lagos/Nigeria. Cocoa Producers Alliance
6. ANANTH B R, IYENGAR B R V, CHOKKANNA N G (1960) Studies on the seasonal variations of plant foods under different shade trees. Indian Coffee 24: 347-61.
7. ANAYA A L, OCOTHA G R, ORTIZ L M, RAMOS L (1982) Potencial alelopático de las principales plantas de un cafetal. In: Jiménez A E, Gómez-Pompa A, eds, Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero, pp. 85-94. Xalapa/Mexico. INIREB
8. BAINBRIDGE R, EVANS G C, RACKHAM O (1966) eds, Light as an ecological factor. Oxford/England. Blackwell. 452 p
9. BAKER R E D (1941) Immortelle disease. Trop Agric 18: 96-101
10. BARUA D N, SARMA P C (1983) Effect of leaf-pose and shade on yield of cultivated tea. Horticult Abstr N^o 3807 53(5): 374. (Indian J Agric Sci 52(10): 653-656. 1982)
11. BEER J W (1980) Cordia alliodora with Theobroma cacao: A traditional agroforestry combination in the humid tropics, Turrialba/Costa Rica. CATIE, 5p. (mimeo)
12. BEER J W (1986) Nitrogen fixation and litter production in agroforestry combinations of coffee and cacao (Submitted to Plant Soil)
13. BEER J W, CLARKIN K L, DE LAS SALAS G, and GLOVER N L (1981) A case study of traditional agro-forestry practices in a wet tropical zone: The "La Suiza" project. In: Chavarría M, ed, Las ciencias forestales y su contribución al desarrollo de la América Tropical, pp. 191-209. San José/Costa Rica. CONICIT-INTERCIENCIA-SCITEC

14. BERMUDEZ M M (1980) Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café (*Coffea arabica* L.) poró (*Erythrina poeppigiana* (Walper) O.F. Cook) en Turrialba, Costa Rica. M. Sc. Thesis. Turrialba/Costa Rica. CATIE-UCR. 74 p
15. BONAPARTE E E (1967) Interspecific competition in a cocoa shade and fertilizer experiment. Trop Agric 44: 13-19
16. BUDOWSKI G (1981) Applicability of agro-forestry systems. In: MacDonald L H, ed, Agroforestry in the african humid tropics, pp. 13-16. Tokyo/Japan. United Nations University
17. BYRNE P N (1972) Cacao shade spacing and fertilizing trial in Papua and New Guinea. In: IV Int Cocoa Res Conf, Trinidad 1972, pp. 275-286. St. Augustine/Trinidad and Tobago
18. CABALA P, MIRANDA E R, SANTANA C J L (1972) Interacción sombra fertilizantes en cacaotales de Bahía. In: IV Int Cocoa Res Conf, Trinidad 1972, pp. 181-189. St. Augustine/Trinidad and Tobago
19. CARVALHO A, KRUG C A, MENDES J E T, ANTUNES F, JUNQUEIRA A R, ALOISI J, ROCHA T R, MORAES M V (1961) Melhoramento do cafeeiro. Bragantia 20:1045-1142
20. CASTILLO J (1960) Rendimiento de las variedades Typica y Boubon del *C. arabica* L., en diferentes condiciones de cultivo. Cenicafé 11(5): 137-142
21. COMBE J and BUDOWSKI G (1979) Classification of agro-forestry techniques. In: De las Salas G, ed, Proc agroforestry systems in Latin America, pp. 17-47. Turrialba/Costa Rica. CATIE
22. COOK O F (1901) Shade in coffee culture. Washington, U S Dep Agric Bull Nº 25. 79 p
23. CUNNINGHAM R K (1959) A review of the use of shade and fertilizer in the culture of cocoa. London, England. West African Cocoa Research Institute. Tech Bull Nº 6. 15 p
24. CUNNINGHAM R K (1963) What shade and fertilizers are needed for good cocoa production. Cocoa Growers Bull 1:11-16
25. CUNNINGHAM R K, LAMB J (1959) A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute, Ghana. I. First year. J Hortic Sci 34: 14-22

26. CUNNINGHAM R K and ARNOLD P W (1962) The shade and fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao) in Ghana. J Sci Food Agric 13: 213-221
27. DAKWA J T (1980) The effects of shade and NPK fertilizers on the incidence of cocoa black pod disease in Ghana. Horticult Abstr N^o 2164. 50(3):187. (Ghana J Agric Sci 9(3):179-184.1976)
28. DUTTA A C (1978) Shade trees, green crop and cover crop plants in the tea estates of North East India. Horticult Abstr N^o 4094. 48(4):357 (Jorhat/Assam. Tocklai Exp Stn. Memo N^o 30, 1977, 128 p.)
29. ENRIQUEZ G A (1986) Respuesta del cacao híbrido a dos sistemas de sombra en Turrialba, Costa Rica. In: Beer J W, Heuvelodop J, Fassbender H W, eds, Proc: Seminar advances in agroforestry research. Turrialba/Costa Rica. CATIE. (In preparation)
30. ESCALANTE G, HERRERA R, ARANGUREN J (1984) Fijación de nitrógeno en árboles de sombra (Erythrina poeppigiana) en cacaotales del Norte de Venezuela. Pesqui Agropecu Bras 19 (Special Volume): 223-230
31. EVANS H, MURRAY D B (1953) A shade and fertilizer experiment on young cacao. In: Rep Cacao Res 1945-51, pp. 67-76. St. Augustine/Trinidad. Imperial College of Tropical Agriculture
32. FASSBENDER H W, ALPIZAR L, HEUVELDOP J, ENRIQUEZ G, FOLSTER H (1986) Sistemas agroforestales de café (Coffea arabica) con laurel (Cordia alliodora) y café con poró (Erythrina poeppigiana) en Turrialba, Costa Rica. III Modelos de la materia orgánica y los elementos nutritivos. Turrialba (In press)
33. FORDHAM R (1972) Irrigation and shade experiment, Las Hermanas. In: Annu Rep on Cacao Res 1971, pp. 38-46. St. Augustine/Trinidad. Univ. W. Indies
34. FOLSTER L J, WOOD R A (1963) Observations on the effects of shade and irrigation on soil-moisture utilization under coffee in Nyasaland. Emp J of Exp Agric 31: 108-114
35. FOURNIER L A (1980) Fundamentos ecológicos del cultivo de café. San José/Costa Rica. IICA, PROMEGAFE. Publ Misc N^o 230. 29 p
36. FRANCO C M (1951) A água do solo e o sombreamento dos cafezais na América Central. Bragantia 11(4-6): 99-119

37. GEHRKE M R (1962) Distribution of absorbing roots of coffee (Coffea arabica L.) and rubber (Hevea brasiliensis Muell. Agr.) in mixed plantings in two ecological zones of Costa Rica. M. Sc. Thesis Turrialba/Costa Rica. IICA. 117 p
38. GLOVER N, BEER J (1984) Spatial and temporal fluctuations of litterfall in the agroforestry associations Coffea arabica var. Caturra - Erythrina poeppigiana and C. arabica var. Caturra - E. poeppigiana - Cordia alliodora. Turrialba/Costa Rica. CATIE. 49 p. (mimeo)
39. GLOVER N, BEER J W (1986) Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. Agroforestry Systems. (In Press)
40. GOGOI B N (1977) A review of research on shade in tea. Hort. Abstr N° 10996. 47(11): 917. (Two Bud 23(2): 67-73. 1976)
41. GOVINDARAJAN A G (1969) Shade trees for coffee. IX Syzygium jambolanum D.C. Indian Coffee 33(7): 219-224
42. GREENWOOD M, POSNETTE A F (1950) The growth flushes of cacao. J Hort. Sci 25: 164-74
43. GUTIERREZ Z G, SOTO B (1976) Arboles usados como sombra en café y cacao. Rev Cafetalera (Guatem) 18: 27-32
44. HAARER A E (1962) Modern Coffee Production. London. Leonard Hill. 495 p
45. HADFIELD W (1968) Leaf temperature, leaf pose, and productivity of the tea bush. Nature 219: 282-4
46. HADFIELD W (1974) Shade in North-East Indian tea plantations. I. The shade pattern. J Appl Ecol 11: 151-78
47. HADFIELD W (1981) Climatic constraints in Ecuadorian cocoa production. In: Proc VII Int. Cocoa Res Conf, Cameroun, 1979, pp. 13-24. Lagos/Nigeria. Cocoa Producers Alliance
48. HARDY F (1962) La sombra del cacao en relación con la intercepción de lluvia. Turrialba 12: 80-86

49. HEUVELDOP J, ALPIZAR L, FASSBENDER H W, ENRIQUEZ G, FOLSTER H (1986) Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. II. Producción agrícola, maderable y de residuos vegetales. Turrialba (In press)
50. HILTON P J (1974) The effect of shade upon the chemical composition of the flush of tea (*Camellia sinensis* L.) Trop Sci 16(1): 15-22
51. HOLDRIDGE L R (1957) Arboles de sombra para el cacao. In: Erickson A L, ed, Manual del curso de cacao, pp. 113-117. Turrialba/Costa Rica. IICA
52. HOLLAND T H (1931) The green manuring of tea, coffee and cacao. Trop Agric (Colombo) 77: 71-98, 197-218
53. HURD R G, CUNNINGHAM R K (1961) A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute Ghana. III. Physiological results. J Hortic Sci 36: 126-37
54. JIMENEZ A E, GOLBERG A D (1982) Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero III. Efecto de diferentes estructuras vegetales sobre el balance hídrico del cafetal. In: Jiménez A E, Gómez-Pompa A, eds, Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero, pp. 39-54. Xalapa/México. INIREB
55. JIMENEZ V G (1980) Asociación de especies frutales con cacao. Turrialba/Costa Rica. CATIE. 16 p. (mimeo)
56. JIMENEZ V G (1980) El sombreado de cacao. Turrialba/Costa Rica. CATIE. 26 p. (mimeo)
57. LAYCOCK D H and WOOD R A (1963) Some observations on soil moisture use under tea in Nysaland. II. The effect of shade trees. Trop Agric 40: 42-48
58. LEITE J de O (1972) Medida de densidade de sombreado em cacaosais com base em fotografias aéreas. In: Proc. IV Int Cocoa Res Conf, Trinidad 1972, pp. 300-311. St. Augustine/Trinidad and Tobago
59. LEITE R M de O, ALVIM R, ALVIM P de T (1981) Effects of wind and solar radiation on the mechanical rupture of the cacao pulvinus (Abstract) In: Proc VII Int Cocoa Res Conf, Cameroun, 1979, p. 129. Lagos/Nigeria. Cocoa Producers Alliance

60. LEMEE G (1955) Influence de l'alimentation en eau et de l'ombrage sur l'economie hydrique et la photosythese du cacaoyer. *Agron Trop* 10(5): 592-603
61. LETOUSEY R (1955) Les arbres d'ombrage des plantations agricoles Camerounaises. *Bois For Trop* 42: 15-25
62. MACMILLAN H F (1943) *Tropical planting and gardening*. MacMillan. London. pp. 208-214
63. MARTINEZ A, ENRIQUEZ G (1981) La sombra para el cacao. Turrialba/Costa Rica. CATIE. Bol Téc N°5. 93 p
64. McCLELLAND T L (1935) Coffee shade in Kenya. *East Afr Agric J* 1(2): 107-118
65. McCULLOCH J S G, PEREIRA H C, KERFOOT O, GOODCHILD N A (1965) Effect of shade trees on tea yields. *Agric Meteorol* 2: 385-99
66. MONTES S (1979) Estudios del porcentaje de granos vanos, y el rendimiento en *Coffea arabica* Var. 'Caturra Rojo' y 'Amarillo' en plantaciones al sol y a la sombra. *Ciencia y Técnica en la Agricultura: Café y Cacao* 1(1-2): 35-45
67. MURRAY D B (1956) Shade trees for cacao. In: *Rep Cacao Res 1955-56*, pp. 45-47. Trinidad. Imperial College of Tropical Agriculture
68. MURRAY D B (1956) The use of shade for cacao. *Conf Interam Cacao*, 6th, 1956. pp. 111-116. Bahía/Brasil
69. MURRAY D B, NICHOLS R (1966) Light, shade and growth in some tropical plants. In: Bainbridge R, Evans G C, Rackham O, eds, *Light as an ecological factor*. pp. 249-263. Oxford/England. Blackwell
70. NAIR P K R (1979) Intensive multiple cropping with coconuts in India: principles, programmes and prospects. Berlin/Germany. Parey. 147 p
71. NAIR P K R (1980) *Agroforestry species: A crop sheets manual*. Nairobi/Kenya. ICRAF. 336 p
72. NATARAJ T, SUBRAMANIAN S (1975) Effect of shade and exposure on the incidence of brown-eye-spot of coffee. *Indian Coffee* 39(6): 179-180
73. OBAGA S O (1985) Shade trees in tea - a review. *Hortic Abstr* N° 4010. 55(5): 409. (*Tea* 5(1): 39-47. 1984)

74. OSTENDORF F W (1962) The coffee shade problem. Trop Abstr 17: 577-581
75. PONCIN L (1958) The use of shade at Lukolela Plantations. In: Rep Cocoa Conf 1957, pp. 281-288. London. The Cocoa, Chocolate and Confectionary Alliance
76. PURSEGLOVE J W (1968) Tropical Crops: Dicotyledons. New York. Wiley. 719 p
77. RIETVELD W J (1979) Ecological implications of allelopathy in forestry. In: Holt H A, Fisher B C, eds, John S. Wright For Conf, pp. 91-112. Purdue/Indiana. Purdue Univ
78. ROBERTSON G P, HERRERA R, ROSSWALL T, eds, (1982) Nitrogen cycling in ecosystems of Latin America and the Caribbean. Plant Soil 67 (Special Volume): 241-291
79. ROBINSON J B D, ed, (1964) A handbook on Arabica coffee in Tanganyika. Tanganyika. Tanganyika Coffee Board. 182 p
80. SANTANA M B, CABALA P (1985) Reciclagem de nutrientes em uma plantacao de cacau sombreada com Eritrina. In: Proc IX Int Cocoa Res Conf, Togo 1984, pp. 205-210. Lagos/Nigeria. Cocoa Producers Alliance
81. SANTOS M O, LEBAO D E (1982) Sombreamento definitivo do cacauzeiro. Ilheus/Bahia/Brasil. Comissao Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. 24 p
82. SCHROEDER R (1951) Resultados obtenidos de una investigaci3n del micro-clima en un cafetal. Cenicafe 2(18): 33-43
83. SMITH E S C (1981) The interrelationships between shade types and cocoa pest and disease problems in Papua New Guinea. In: Proc VII Int Cocoa Res Conf, Cameroun 1979, pp. 37-43. Lagos/Nigeria. Cocoa Producers Alliance
84. SOMARRIBA E, BEER J W (1986) Dimensions, volumes and growth of Cordia alliodora in agroforestry systems. (Submitted to For Ecol Manag)
85. SUAREZ DE CASTRO F (1951) Experimentos sobre la erosi3n de los suelos. Chinchilla, Columbia. Federaci3n Nacional de Cafeteros de Columbia. Bol Tec N^o 6. 44 p

86. SUAREZ DE CASTRO F (1952) Potencialidad erosiva de las lluvias dentro de un cafetal y al aire libre. Genicafe. 3(32): 21-31
87. SUAREZ DE CASTRO F, MONTENEGRO L, AVILES P C, MORENO M M, BOLANOS M (1961) Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. Santa Tecla/El Salvador. Inst Salvadoreño Invest Café. 36 p
88. TAPLEY R G (1961) Crinkle-leaf of coffee in Tanganyika. Kenya Coffee 26: 156-157
89. THOMAS A S (1940) Chapters: IX. Robusta coffee; X. Arabica coffee; XVII Shade trees. In: Tothill J P, ed, Agriculture in Uganda. London. Oxford Univ Press. 551 p
90. VERNON A J (1967) New developments in cocoa shade studies in Ghana. J Sci Food Agric 18:44-48
91. VERNON A J (1967) Yield and light relationship in cocoa. Trop Agric 44: 223-8
92. VICENTE-CHANDLER J, ABRUNA F, BOSQUE-LUGO R, SILVA S (1968) Intensive coffee culture in Puerto Rico. Bull 211. Agric Exp Stn. Univ Puerto Rico. pp. 23-28
93. VINHA S G, SILVA L A, (1982) Arvores aproveitadas como sombreadoras de cacauzeiros no sul da Bahia e norte do Espirito Santo. Ilheus/Bahia/Brasil. Comissao Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. 136 p
94. WIERSUM K F (1984) Surface erosion under various tropical agroforestry systems. In: O'Loughlin C L, Pearce A J, eds, Symposium on effects of forest land use on erosion and slope stability, pp. 231-239. Honolulu/Hawaii. East-West Center
95. WILLEY R W (1975) The use of shade in coffee, cocoa and tea. Horticult Abstr 45(12): 791-798
96. WRIGLEY G (1969) Tropical agriculture (The development of production). London/England. Faber. 376 p
97. YOUNG A M (1984) Flowering and fruit-setting patterns of cocoa trees (Theobroma cacao L.) (Sterculiaceae) at three localities in Costa Rica. Turrialba 34(2): 129-142