

## // VENTAJAS, DESVENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS DESEABLES EN LOS ARBOLES DE SOMBRA PARA CAFE, CACAO Y TE

✓  
J. Beer\*\*

### RESUMEN

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

**Palabras claves:** café, cacao, té, árboles de sombra, revisión.

### INTRODUCCION

Las principales interacciones biológicas que existen entre los árboles de sombra y los cultivos que crecen debajo han sido revisadas por varios autores (Cunningham 1959; Gogoi 1977; Martínez y Enríquez 1981; Obaga 1985; Ostendorf 1962). Este informe provee listas acerca de las ventajas y desventajas sugeridas y que se atribuyen a los árboles de sombra usados para café (*Coffea* L. spp.), cacao (*T. cacao* L.) y té (*C. sinensis* L. Kuntze) (Budowski 1981; Fournier 1980; Purseglove 1968; Robinson 1964; Wrigley 1969). Estos listados se diseñaron para ayudar al estudiante, investigador o agente de extensión a identificar las interacciones árbol-cultivo más importantes, o las especies de árboles de sombra más adecuadas cuando se trabaja con una combinación agroforestal nueva y/o un nuevo sitio.

\* Traducción del inglés por C. Rojas del artículo en *Agroforestry Systems* 5:3-13 1987. La idea de hacer una lista de ventajas y desventajas en los árboles de sombra, o en los sistemas agroforestales, no es nueva (véase Budowski 1981; Robinson 1964; Wrigley 1969). En esta revisión se da crédito a G. Budowski y a N. Gewald, quienes sugirieron su preparación y revisaron varios borradores previos. El autor también agradece a J. Heuvelodp y P. K. Nair por sus útiles comentarios.

\*\* Ph. D. Investigador Agroforestal, Proyecto Agroforestal, CATIE-GTZ, Turrialba, C. R.

Las referencias que se mencionan pertenecen a 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 a publicaciones previas que incluyen la misma indicación (véase *Efectos beneficiosos en los organismos del suelo* en Fournier 1980). No se dan referencias cuando la posible ventaja o desventaja es obvia.

## USO DE ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS TROPICALES PERENNES

Las agencias de servicio de extensión agrícola recomiendan actualmente el cultivo de café y cacao sin árboles de sombra, para obtener el más alto rendimiento posible. Tales recomendaciones se basan en un trabajo experimental realizado en muchos países tropicales, donde se ha demostrado que en los sitios indicados, con el manejo intensivo de monocultivos auto-sombreados, se puede incrementar la producción dos o tres veces, si se le compara con los sistemas mixtos tradicionales (Alvim 1977; Cabala *et al.* 1997; Cunningham y Lamb 1959; Cunningham y Arnold 1962; Hadfield 1981; Montes 1979; Murray 1956; Willey 1975; Wrigley 1969). Sin embargo existe poca información en relación a la rentabilidad a largo plazo del cultivo sin sombra en relación al cultivo con sombra (Akenkorah *et al.* 1974).

Para el pequeño agricultor resulta menos controvertida la inclusión de árboles de sombra, porque ellos, generalmente, tienen su cultivo en un sitio de clase subóptima (Nair 1980; Purseglove 1986; Wrigley 1969: para las descripciones de las condiciones óptimas para el café, cacao, té, otros.) Purseglove (1968:587) 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 (Alvim 1977, Evans y Murray 1953) y, en los lugares óptimos, debe removerse en forma gradual hasta que el cacao se autosombree (Byrne 1972, Cunningham y Arnold 1962, Murray 1956). 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 (Wiley 1975) como para el café (Ostendorf 1962). 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, abandona su plantación. Cacao o café bajo sombra sobrevivirán mejor a esta contrariedad que los monocultivos de estas especies (Haarer 1962:88).

El alto riego que en sí tienen los cultivos de cacao sin sombra, ha sido indicado por estudios económicos hechos por Cunningham (1963) 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 1967).

Se ha observado que en la gran mayoría de los experimentos de fertilización realizados en plantaciones de cacao hay poca respuesta a la misma cuando se utiliza la sombra (Akenkorah *et al.* 1974; Alvim 1977; Byrne 1972; Cabala *et al.* 1972; Cunningham 1959; Cunningham y Arnold 1962; Murray y Nichols 1966); y, en tales circunstancias, no se justificaría el uso de fertilizantes. Parte de las investigaciones dedicadas a estos cultivos debería 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, otros).**

Los árboles de sombra se pueden clasificar (Combe y Budowski 1979):

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

Con base en las interacciones sugeridas (véanse ventajas y desventajas), las características de los árboles de sombra dadas se consideran las más apropiadas pero las de mayor importancia dependen de los objetivos mencionados.

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

Listas de especies arbóreas de sombra potenciales han sido publicadas para: Brasil (Leite 1972; Santos y Lebad 1983, Vinha y Silva 1982); Camerún (Letousey 1955); América Central y Suramérica (Jiménez 1980a, 1980b); Costa Rica (Gutiérrez y Soto 1976; Holdridge 1957); Costa de Oro (Greenwood y Posnette 1950); India (Dutta 1978); Costa de Marfil (Lemee 1955); Kenya (McClelland 1935); México (Holdridge 1957); Sri Lanka (Holland 1931); Trinidad (Murray 1956); Uganda (Thomas 1940); varios países (Cook 1901; Haarer 1962; MacMillan 1943; Wrigley 1969) y Zaire (Poncin 1958).

## POSIBLES VENTAJAS DE LOS ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS PERENNES

### Consecuencias que facilitan el manejo del cultivo

- ❑ Prevención de sobreproducción y 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 (Purseglove 1968).
- ❑ Supresión del desarrollo de malezas (Bermúdez 1980; Cunningham 1963; Suárez de Castro *et al.* 1961; Vernon 1967).
- ❑ 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 (Somarriva y Beer 1987).
- ❑ Control de la fenología del cultivo; por ejemplo la fructificación y maduración pueden ser influenciadas 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 (Ampofo y Bonaparte 1981; Carvalho *et al.* 1961; Evans y Murray 1953; Greenwood y Posnette 1950; Hurd y Cunningham 1961; Vicente-Chandler *et al.* 1968; Young 1984).
- ❑ La sombra puede mejorar la calidad del cultivo, por ejemplo del café (Carvalho *et al.* 1961; Castillo 1960; Montes 1979).

### Influencias beneficiosas en el ciclo hidrológico

- ❑ Disminución en la tasa de evapotranspiración del cultivo sombreado (Alvim 1960, Fordham 1972, Hardy 1962, Jiménez y Golberg 1982, Leme 1955, McCulloch *et al.* 1965, Nair 1979, Suárez de Castro *et al.* 1961).
- ❑ Remoción de los excesos de humedad en el suelo mediante la transpiración producida por la densa cobertura vegetal de sombra (Evans y Murray 1953, Martínez y Enríquez 1981); por ejemplo las plantaciones de té en el noroeste de India (Willey 1975).
- ❑ 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).

## Protección del cultivo de los patógenos, insectos y climas adversos

- Extensión de la vida productiva del cultivo (Akenkorah *et al.* 1974, Alvim 1977).
- 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 (Alvim 1958, Alvim 1960, Cabala *et al.* 1972, Hadfield 1968, Nair 1979, Suárez de Castro *et al.* 1961, Vicente-Chandler *et al.* 1968).
- Disminución del daño ocasionado por el granizo y lluvias torrenciales.
- Disminución de algunas enfermedades, plagas e infecciones por parásitos en las plantas (Akenkorah *et al.* 1974, Alvim 1960, Nataraj y Subramanian 1975, Smith 1981, Tapley 1961, Thomas 1940).
- Disminución de la velocidad del viento en el estrato del cultivo (Alvim 1977, Leite *et al.* 1981, Schroeder 1951).

## Mejoramiento de la fertilidad y protección del suelo

- El crecimiento y posible muerte de los sistemas radicales de los árboles de sombra favorecen el drenaje y la aireación del suelo (Holland 1931), por ejemplo fracturando el estrato de subsuelo compactado ("hard pan").
- Provisión de mantillo en el suelo que ayuda a mantener la humedad del suelo en la época seca y aumento de la cantidad de materia orgánica del suelo proveniente de la caída natural de las hojas y de los residuos de la poda (Beer 1988, Glover y Beer 1986, Hadfield 1981, Heuvelop *et al.* 1985, Holland 1931, Santana y Cabala 1985).
- Disminución de la erosión en las pendientes (Suárez de Castro 1951, Vicente-Chandler *et al.* 1968, Wiersum 1984).
- Disminución en la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo, resultado de la reducción de la temperatura del suelo.
- Recirculación de nutrimentos que no son accesibles al cultivo (Ananth *et al.* 1960).
- Fijación de nitrógeno, producto de los nódulos del sistema radical de los árboles de sombra (Beer 1988, Escalante *et al.* 1984, Robertson *et al.* 1982).
- El manejo de cultivos perennes sin sombra involucra un gran uso de sustancias químicas agrícolas especialmente de herbicidas. Estos pueden producir efectos inhibidores sobre los organismos beneficiosos para el suelo, por ejemplo, descompensadores de materia orgánica y fijadores

de nitrógeno de vida libre (Fournier 1980). 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 (Nair 1979).

## **POSIBLES DESVENTAJAS DEL USO DE ARBOLES DE SOMBRA CON CULTIVOS PERENNES**

### **Aspectos que obstaculizan el manejo del cultivo**

- Caída natural de los árboles y sus ramas, o la cosecha de los árboles maduros, dañará el cultivo inferior (Baker 1941, Beer 1980).
- 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 sólo una.
- Necesidad de una labor manual extraordinaria para las asociaciones cuando los árboles son regularmente podados (Enríquez 1986).
- Dificultad en la mecanización del estrato inferior del cultivo.
- Difícil establecimiento de estructuras de control de la erosión (por ejemplo, uso de terrazas) una vez que se plantan los árboles.
- Mejoramiento de las variedades de cultivo está orientado a su adaptación a las condiciones de monocultivo y no a las de sombra (Barúa y Sarma 1983, Castillo 1960, Enríquez 1986, Hadfield 1968, Montes 1979).
- Fuerte sombreo puede reducir la calidad de un cultivo, por ejemplo el té (Hilton 1975, McCulloch *et al.* 1965).

### **Influencias perjudiciales en el ciclo hidrológico**

- Competencia de las raíces de los árboles de sombra por agua en la estación seca y por oxígeno en la estación lluviosa (Alvim 1960, Folster y Wood 1963, Franco 1951, Hadfield 1981, Laycock y Wood 1963, Vernon 1967).

## Fomento de factores adversos y condiciones ambientales perjudiciales

- La disminución en el movimiento del aire y el aumento en humedad pueden favorecer las enfermedades fungosas (Cabala *et al.* 1972, Carvalho *et al.* 1961, Dakwa 1980, Smith 1981).
- La incidencia de insectos dañinos puede ser mayor en cultivos sombreados (Schroeder 1951, Wiersum 1984).
- La existencia de efectos alelopáticos (Anaya *et al.* 1982, Rietveld 1979), por ejemplo la combinación de nogal (*Juglans* sp.) con café es potencialmente peligrosa.
- Los árboles de sombra pueden ser huéspedes alternativos de plagas y enfermedades (Byrne 1972, Lemee 1955, Smith 1981).
- Los árboles de sombra no sólo reducen la cantidad de luz disponible, y por lo tanto el rendimiento de los suelos fértiles (Bonaparte 1967, Byrne 1972, Vernon 1967, Vicente-Chandler *et al.* 1968), sino también la calidad de la radiación transmitida al absorber diferencialmente ciertas longitudes de ondas importantes en la fotosíntesis (Bainbridge *et al.* 1966, Nair 1979).

## Reducción en la fertilidad del suelo con respecto al cultivo asociado y mayor erosión

- Las raíces de los árboles de sombra compiten por nutrientes (Folster y Wood 1963, Gehrke 1962).
- 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 el cultivo y disminuye la absorción de humedad en el suelo (Beer *et al.* 1981, Govindarajan 1969, MacMillan 1943, Suárez de Castro 1952, Wiersum 1984).

La extracción de frutos y/o madera constituye una salida de los nutrientes del lugar (Fassbender *et al.* 1985, Glover y Beer 1984).

## CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE LOS ARBOLES DE SOMBRA PARA CULTIVOS PERENNES

- Compatibilidad con el cultivo, que significa una competencia mínima por agua, nutrientes y espacio; por ejemplo que no produzca retoños, desarrollo de la copa sobre el cultivo, sistema radical profundo, mínimo traslape de las zonas de las raíces de las especies superiores e inferiores.
- Sistema radical fuerte (resistente a los vientos). Los árboles de sombra están más expuestos a las condiciones climáticas adversas que los de una plantación forestal o un bosque natural, y deben ser capaces de adaptarse al crecimiento en pleno sol.

- Habilidad de propagación vegetativa por medio del enraizamiento de las estacas, para dar rápidamente una sombra adecuada.
- Capacidad para extraer nutrimentos del suelo que el cultivo no pueda tomar\*.
- Habilidad para fijar nitrógeno.
- Posesión de una copa rala que proporcione sombra en parches y no una uniforme que produzca luz de baja calidad fotosintética.
- En el caso de 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.
- Ramas y tallos no quebradizos.
- Tallos y ramas libres de espinas, para facilitar el manejo.
- Rápido crecimiento apical en las especies productoras de madera.
- Autopoda y, en condiciones de crecimiento libre, formación de troncos rectos no bifurcados, en el caso de las especies productoras de madera.
- Tolerancia a fuertes podas repetidas.
- Presencia de una alta producción de biomasa, que recircule los nutrimentos por medio de la caída de hojas y/o las podas. Hojas y material leñoso de fácil descomposición.
- En el caso de los árboles deciduos, que rápidamente generen nuevas hojas para restablecer las condiciones originales de sombra.
- Ausencia de susceptibilidad a enfermedades o insectos que podrían provocar una defoliación súbita.
- Presencia de hojas pequeñas, para evitar el efecto de unión de las gotas de lluvia que causan daños por golpeteo.
- Ausencia de efectos alelopáticos.

---

\* 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 afirma que las "raíces horizontales largas y superficiales" son una característica ventajosa, ya que así pocos nutrimentos escapan del sistema combinado de raíces-cultivo-árbol (1981). De hecho, con 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 con alta precipitación, la mayoría de las raíces alimenticias de todas las plantas están cerca de la superficie del suelo.



- Presencia de una corteza lisa que no permita hospedar epífitas.
  - Producción de madera de valor, frutas o cualquier otro producto, por ejemplo el hule en *Hevea* spp.
  - No hospedero alternativo de insectos patógenos, principales enemigos del cultivo.
  - Las especies de sombra no deben tener la capacidad de reproducirse como malas hierbas, p.e. *Ricinus communis* y *Leucaena leucocephala* (en ciertas zonas).
- Véase también Haarer (1962) MacMillan (1943) Martínez y Enríquez (1981) y Thomas (1940).

## BIBLIOGRAFIA

- AKENKORAH, Y.; AKROFI, G.S.; ADRI, A.K. 1974. The end of the first cocoa shade and manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Journal of Horticultural Science* 49: 43-51.
- ALVIM, P. de T. 1958. El problema del sombreado del cacao desde el punto de vista fisiológico. *Agronomía (Perú)* 25: 34-42.
- ALVIM, P. de T. 1960. Las necesidades de agua del cacao. *Turrialba* 10: 6-16. ✓
- ALVIM, P. de T. 1977. Cacao. III. Climate. In *Ecophysiology of tropical crops*. P. de T. Alvim, T.T. Kozlowski (Eds.). New York, Academic Press. p. 280-289.
- AMPOFO, S.T.; BONAPARTE, E.E. 1981. Flushing flowering and pod-setting of hybrid cocoa in a cocoa/shade/spacing/cultivar experiment. In *International Cocoa Research Conf. (7., 1979, Camerún)*. Proceedings. Lagos/Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 103-108.
- 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: 347-361.
- ANAYA, A.L.; OCOTHA, G.R.; ORTIZ, L.M.; RAMOS, L. 1982. Potencial alelopático de las principales plantas de un cafetal. In *Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero*. A.E. Jiménez, A. Gómez-Pompa (Eds.). Xalapa, Méx., INIREB. p. 85-94.
- BAINBRIDGE, R.; EVANS, G.C.; RACKHAM, O. (Eds.). 1966. *Light as an ecological factor*. Oxford, England, Blackwell. 452 p.
- BAKER, R.E.D. 1941. Immortelle disease. *Tropical Agriculture* 18:96-101.
- BARUA, D.N.; SARMA, P.C. 1983. Effect of leaf-pose and shade on yield of cultivated tea. *Horticultural Abstracts* 3(5):374. También en: *Indian Journal of Agricultural Sciences* 52(10):653-656.

- BEER, J.W. 1980. *Cordia alliodora* with *Theobroma cacao*: A traditional agroforestry combination in the humid tropics. Turrialba, C.R., CATIE. 5 p. (Mimeo).
- BEER, J.W. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems* 7:103-114.
- BEER, J.W.; CLARKIN, K.L.; DE LAS SALAS, G.; GLOVER, N. L. 1981. A case study of traditional agro-forestry practices in a wet tropical zone: The "La Suiza" project. In *Las ciencias forestales y su contribución al desarrollo de la América Tropical*. M. Chavarría (Ed.). San José, C.R.. CONICIT-INTERCIENCIA-SCITEC. p. 191-209.
- BERMUDEZ, M.M. 1980. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café (*Coffea arabica* L.) y poró (*Erythrina poeppigiana* (Walper) O.F. Cook) en Turrialba, Costa Rica. M. Sc. Tesis. Turrialba, C. R., CATIE-UCR. 74 p.
- BONAPARTE, E.E. 1967. Interspecific competition in a cocoa shade and fertilizer experiment. *Tropical Agriculture* 44: 13-19.
- BUDOWSKI, G. 1981. Applicability of agro-forestry systems. In *Agroforestry in the African humid tropics*. L.H. MacDonald (Ed.). Tokyo, Japan, United Nations University. p. 13-16.
- BYRNE, P.N. 1972. Cacao shade spacing and fertilizing trial in Papua and New Guinea. In *International Cocoa Research Conference (4., 1972, Tri.)*. St. Augustine, Tri. p. 275-286.
- CABALA, P.; MIRANDA, E.R.; SANTANA, C.J.L. 1972. Interacción sombra fertilizantes en cacaotales de Bahía. In *International Cocoa Research Conference (4., 1972, Tri.)*. St. Augustine, Tri. p. 181-189.
- 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.
- CASTILLO, J. 1960. Rendimiento de las variedades Typica y Boubon del *C. arabica* L., en diferentes condiciones de cultivo. *Cenicafe* 11(5):137-142.
- COMBE, J.; BUDOWSKI, G. 1979. Classification of agroforestry techniques. In *Proc. Agroforestry systems in Latin America*. G. De las Salas (Ed.). Turrialba, C.R., CATIE. p. 17-47.
- COOK, O.F. 1901. Shade in coffee culture. Washington, USDA. Bulletin no. 25. 79 p.
- 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. Technical Bulletin no. 6. 15 p.
- CUNNINGHAM, R.K.; LAMB, J. 1959. A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute, Ghana. I. First year. *Journal of Horticultural Science* 34:14-22.
- CUNNINGHAM, R.K.; ARNOLD, P.W. 1962. The shade and fertilizer requirements of cacao (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13: 213-221.

- CUNNINGHAM, R.K. 1963. What shade and fertilizers are needed for good production. *Cocoa Growers Bulletin* 1:11-16.
- DAKWA, J.T. 1980. The effects of shade and NPK fertilizers on the incidence of cocoa black pod disease in Ghana. *Horticultural Abstracts* 50(3):187.
- También en: *Ghana J. Agricultural Science* 9(3): 179-184.
- DUTTA, A.C. 1978. Shade trees, green crop and cover crop plants in the tea estates of North East India. *Horticultural Abstracts* no. 48(4):357.
- También en: *Jorhat/Assam*. 1977. Tocklai Exp Station. Memo no. 30. 128 p.
- ENRIQUEZ, G.A. 1986. Respuesta del cacao híbrido a dos sistemas de sombra en Turrialba, Costa Rica. In *Proceedings Seminar Advances in Agroforestry Research*. J.W. Beer, H.W. Fassbender (Eds.). Turrialba, C. R., CATIE. p. 141-154.
- ESCALANTE, G.; HERRERA, R.; ARANGUREN, J. 1984. Fijación de nitrógeno en árboles de sombra (*Erythrina poeppigiana*) en cacaotales del Norte de Venezuela. *Pesquisa Agropécuaria Brasileira* 19:230.
- EVANS, H.; MURRAY, D.B. 1953. A shade and fertilizer experiment on young cacao. In *Report Cacao Research 1945-51*. St. Augustine, Tri., Imperial College of Tropical Agriculture. p. 67-76.
- FASSBENDER, H.W.; ALPIZAR, L.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G.; FOLSTER H. 1985. 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* 35: 403-413.
- FORDHAM, R. 1972. Irrigation and shade experiment, Las Hermanas. In *Annual Report on Cacao 1971*. St. Augustine, Tri., Univ. W. Indies. p. 38- 46.
- FOLSTER, L.J.; WOOD, R.A. 1963. Observations on the effects of shade and irrigation on soil-moisture utilization under coffee in Nyasaland. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 31:108-114. ✓
- FOURNIER, L.A. 1980. Fundamentos ecológicos del cultivo de café. San José, C. R. IICA, PROMECAFE. *Publicaciones Misceláneas* no. 230. 29 p.
- FRANCO, C.M. 1951. A agua do solo e o sombreamento dos cafezais na America Central. *Bragantia* 11(4-6): 99-119. ✓
- 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. Tesis. Turrialba, C. R., IICA. 117 p.
- GLOVER, N.; BEER, J. 1984. Spatial and temporal fluctuations of litterfall in the agroforestry associations *Coffea arabica* var. Caturra - *Erythrina poeppigiana* - *Cordia alliodora*. Turrialba, C.R., CATIE. 49 p. (Mimeo).

- GLOVER, N.; BEER, J.W. 1986. Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 4: 77-87.
- GOGOI, B.N. 1977. A review of research on shade in tea. *Horticultural Abstracts* 47 (11):917.
- También en: *Two Bud* 23(2):67-73.
- GOVINDARAJAN, A.G. 1969. Shade trees for coffee. IX. *Syzygium jambolanum* D.C. *Indian Coffee* 33(17): 219-224.
- GREENWOOD, M.; POSNETTE, A.F. 1950. The growth flushes of cacao. *Journal of Horticultural Science* 25:164-174.
- GUTIERREZ, Z.G.; SOTO, B. 1976. Arboles usados como sombra en café y cacao. *Revista Cafetalera* 18: 27-32.
- HAARER, A.E. 1962. *Modern coffee production*. London, Leonard Hill. 495 p.
- HADFIELD, W. 1968. Leaf temperature, leaf pose, and productivity of the tea bush. *Nature* 219:282-284.
- HADFIELD, W. 1974. Shade in North-East Indian tea plantations. I. The shade pattern. *Journal of Applied Ecology* 11: 51-78.
- ✓ HADFIELD, W. 1981. Climatic constraints in Ecuadorian cocoa production. In *International Cocoa Research Conference (7., 1979, Camerún)*. Proceedings. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 13-24.
- HARDY, F. 1962. La sombra del cacao en relación con la intercepción de lluvia. *Turrialba* 12:80-86.
- HEUVELDOP, J.; ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H.W.; ENRIQUEZ, G.; FOLSTER H. 1985. 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* 35: 347-355.
- HILTON, P.J. 1974. The effect of shade upon the chemical composition of the flush of tea (*Camellia sinensis*). *Tropical Science* 16(1): 15-22.
- HOLDRIDGE, L.R. 1957. Arboles de sombra para el cacao. In *Manual del curso de cacao* A.L. Erickson A.L. (Ed). Turrialba, C.R., IICA. p. 113-117.
- HOLLAND, T.H. 1931. The green manuring of tea, coffee and cacao. *Tropical Agriculture* 77: 71-98, 197-218.
- HURD, R.G.; CUNNINGHAM, R.K. 1961. A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute Ghana. III. Physiological results. *Journal of Horticultural Science* 36:126-137.

- 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 Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. A.E. Jiménez, A. Gómez-Pompa (Eds.). Xalapa, Méx., INIREB. p. 39-54.
- JIMENEZ, V.G. 1980a. Asociación de especies frutales con cacao. Turrialba, C.R., CATIE. 16 p. (Mimeo).
- JIMENEZ, V.G. 1980b. El sombreado de cacao. Turrialba, C.R., CATIE. 26 p. (Mimeo).
- LAYCOCK, D.H.; WOOD, R.A. 1963. Some observations on soil moisture use under tea in Nysaland. II. The effect of shade trees. Tropical Agriculture 40:42-48.
- LEITE, J. de O. 1972. Medida de densidade de sombramento em cacaosais com base em fotografías aéreas. In International Cocoa Research Conference (4., 1972, Tri.). Proceedings. St. Augustine, Tri. p. 300-311.
- 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 International Cocoa Research Conference (7., 1979, Cameroun). Proceedings. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 129.
- LEMEE, G. 1955. Influence de l'alimentation en eau et de l'ombrage sur l'economie hydrique et la photosynthèse du cacaoyer. Agronomie Tropicale 10(5):592-603.
- LETOUSEY, R. 1955. Les arbres d'ombrage des plantations agricoles Camerounaises. Bois et Forets des Tropiques 42:15-25.
- MACMILLAN, H.F. 1943. Tropical planting and gardening. London, MacMillan. p. 208-214.
- MARTINEZ, A.; ENRIQUEZ, G. 1981. La sombra para el cacao. Turrialba, C.R., CATIE. Boletín Técnico no. 5. 93 p.
- McCLELLAND, T.L. 1935. Coffee shade in Kenya. East African Agricultural and Forestry Journal 1(2) : 107-118.
- McCULLOCH, J.S.G.; PEREIRA, H.C.; KERFOOT, O.; GOODCHILD, N.A. 1965. Effect of shade trees on tea yields. Agricultural Meteorology 2:385-99.
- 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.
- MURRAY, D.B. 1956. Shade trees for cacao. In Report Cacao Res 1955-56. Tri., Imperial College of Tropical Agriculture. p. 45-47.
- MURRAY, D.B. 1956. The use of shade for cacao. In Conf Interam Cacau (6., 1956). Bahía, Brasil. p. 111-116.

- MURRAY, D.B.; NICHOLS, R. 1966. Light, shade and growth in some tropical plants. In Light as an ecological factor. R. Bainbridge, G.C. Evans, O. Rackham (Eds.). Oxford, England, Blackwell. p. 249-263.
- NAIR, P.K.R. 1979. Intensive multiple cropping with coconuts in India: Principles, programmes and prospects. Berlin, Germany, Parey. 147 p.
- NAIR, P.K.R. 1980. Agroforestry species: A crop sheets manual. Nairobi, Kenya, ICRAF. 336 p.
- 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.
- OBAGA, S.O. 1985. Shade trees in tea: A review. Horticultural Abstracts 55(5):409.  
También en: Tea 5(1) : 39-47.
- OSTENDORF, F.W. 1962. The coffee shade problem. Tropical Abstracts 17 : 577-581.
- PONCIN, L. 1958. The use of shade at Lukolela Plantations. In Report Cocoa Conf 1957. London, The Cocoa, Chocolate and Confectionary Alliance. p. 281-288.
- PURSEGLOVE, J.W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons. New York, Wiley. 719 p.
- RIETVELD, W.J. 1979. Ecological implications of allelopathy in forestry. In John S. Wright For Conf. H.A. Holt, B.C. Fisher (Eds.). Purdue, Indiana, Purdue University. p. 91-112.
- ROBERTSON, G.P.; HERRERA, R.; ROSSWALL, T. (Eds.). 1982. Nitrogen cycling in ecosystems of Latin America and the Caribbean. Plant Soil 67 : 241-291.
- ROBINSON, J.B.D. (Ed.). 1964. A handbook on Arabica coffee in Tanganyika. Tanganyika Coffee Board. 182 p.
- SANTANA, M.B.; CABALA, P. 1985. Reciclagem de nutrientes en uma plantacao de cacau sombreada com *Erythrina*. In International Cocoa Research Conference (9., 1984, Togo). Proceedings. Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 205-210.
- SANTOS, M.O.; LEBAO, D.E. 1982. Sombreamiento definitivo do cacauero. Ilheus, Bahía, Brasil, Comissao Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. 24 p.
- SCHROEDER, R. 1951. Resultados obtenidos de una investigación del microclima en un cafetal. Cenicafe 2(18):33-43.
- SMITH, E.S.C. 1981. The interrelationships between shade types and cocoa pest and disease problems in Papua New Guinea. In Cocoa Research Conference (7., 1979, Cameroun). Lagos, Nigeria, Cocoa Producers Alliance. p. 37-43.
- SOMARRIBA, E.; BEER, J.W. 1987. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. 18 : 113-126.

- SUAREZ DE CASTRO, F. 1951. Experimentos sobre la erosión de los suelos. Chinchilla, Col., Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín Técnico no. 6. 44 p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. 1952. Potencialidad erosiva de las lluvias dentro de un cafetal y al aire libre. Cenicafe 3(32):21-31.
- SUAREZ DE CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, P.C.; MORENO, M.M.; BOLAÑOS, M. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. Santa Tecla, Salv., Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. 36 p.
- TAPLEY, R.G. 1961. Crinkle-leaf of coffee in Tanganyika. Kenya Coffee 26:56-157.
- THOMAS, A.S. 1940. Robusta coffee. In Agriculture in Uganda. J.P. Tothill (Ed.). London, Oxford University Press. 551 p.
- THOMAS, A.S. 1940. Arabica coffee. In Agriculture in Uganda. J.P. Tothill (Ed.). London, Oxford University Press. 551 p.
- THOMAS, A.S. 1940. Shade trees. In Agriculture in Uganda. J.P. Tothill (Ed.). London, Oxford University Press. 551 p.
- VERNON, A.J. 1967. New developments in cocoa shade studies in Ghana. Journal of the Science of Food and Agriculture 18:44-48.
- VERNON, A.J. 1967. Yield and light relationship in cocoa. Tropical Agriculture 44:223-238.
- VICENTE-CHANDLER, J.; ABRUÑA, F.; BOSQUE-LUGO, R.; SILVA, S. 1968. Intensive coffee culture in Puerto Rico. University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 211. p. 23-28.
- VINHA, S.G.; SILVA, L.A. 1982. Arvores aproveitadas como sombreadoras de cacauzeiros no sul da Bahía e norte do Espírito Santo. Ilheus, Bahía, Bra., Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. 136 p.
- WIERSUM, K.F. 1984. Surface erosion under various tropical agroforestry systems. In Symposium on Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability. C.L. O'Loughlin, A.J. Pearce (Eds.). Honolulu, Hawaii, East-West Center. p. 231-239.
- WILLEY, R.W. 1975. The use of shade in coffee, cocoa and tea. Horticultural Abstracts 45(12):791-798.
- WRIGLEY, G. 1969. Tropical agriculture: The development of production. London, England, Faber. 376 p.
- 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.