

EFECTO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL SOMBRÍO DE ESPECIES LEGUMINOSAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Fernando Farfán-Valencia*; José Enrique Baute - Balcázar*

RESUMEN

FARFÁN V, F.; BAUTE B., J. E. Efecto del sombrío con especies leguminosas a diferentes densidades de siembra sobre la producción de café. Cenicafé 61(1): 35-45. 2010

En la zona cafetera norte de Colombia se evaluó el efecto del sombrío de *Erythrina fusca*, *E. rubrinervia*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala* y *Albizia carbonaria* y tres densidades de siembra sobre la producción de café; el sombrío se estableció a 6 m x 6 m (278 plantas/ha), 9 m x 9 m (123 plantas/ha) y 12 m x 12 m (78 plantas/ha) y el café a 1,5 m x 1,5 m (4.444 plantas/ha). La sombra dada por las especies *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. edulis* y *A. carbonaria*, afectó significativamente la producción del café. El porcentaje de cobertura entre el 35% y 40% dado por *E. fusca* afectó positivamente la producción de café; el 40% de sombra con *E. fusca* a densidades de 278, 123 y 70 árboles/ha, se alcanzó a los 2,5; 14 y 10 años de establecidos los árboles, respectivamente. Con *E. rubrinervia* los porcentajes de cobertura del 22% y 32% afectaron positivamente la producción de café y el 32% de sombra se obtuvo a los 5,0; 7,5 y 8,4 años después de la siembra, a densidades de 278, 123 y 70 árboles/ha. Con *I. edulis* la producción se favoreció con sombrío del 35%, que se alcanzó a los 4,5 años de establecido, con 70 plantas/ha. Con *A. carbonaria*, los porcentajes del 47% y 52% de sombra influyeron positivamente sobre la producción de café, y el 47% de cobertura se logró estableciendo *A. carbonaria* con 70 árboles/ha, a los 5 años.

Palabras Clave: *Erythrina fusca*, *Erythrina rubrinervia*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia carbonaria*, Sistema agroforestal con café.

ABSTRACT

In the northern coffee zone of Colombia the shade effect of *Erythrina fusca*, *E. rubrinervia*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala* and *Albizia carbonaria* and three sowing densities on coffee production was evaluated. The shade was set at 6 m x 6 m (278 plants/ha), 9 x 9 m (123 plants/ha) and 12 m x 12 m (78 plants/ha) and coffee was set at 1.5 m x 1.5 m (4,444 plants/ha). The shade provided by the species *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. edulis* and *A. carbonaria* significantly affected coffee production. The coverage rate between 35% and 40% provided by *E. fusca* positively affected coffee production; 40% of the shade with *E. fusca* with densities of 278, 123 and 70 trees/ha, was reached at 2.5, 14 and 10 years respectively after the trees were established. With *E. rubrinervia* the coverage rates of 22% and 32% positively affected coffee production and 32% of shade was obtained at 5.0, 7.5 and 8.4 years after the sowing at densities of 278, 123 and 70 trees/ha. With *I. edulis* the production was favored with shade of 35%, which was reached at 4.5 years after it was established, with 70 plants / ha. With *A. carbonaria*, the rates of 47% and 52% of shade had a positive effect on coffee production and 47% coverage was achieved by establishing *A. carbonaria* with 70 trees/ha after 5 years.

Keywords: *Erythrina fusca*, *Erythrina rubrinervia*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia carbonaria*, coffee agroforestry system.

* Asistente de investigación, Fitotecnia y Experimentación, respectivamente. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Caldas, Colombia.

En la zona cafetera colombiana, generalmente se presentan dos períodos secos y dos húmedos en el año; los meses de exceso hídrico son abril-mayo y octubre-noviembre. En la región cafetera norte de Colombia, 10° 25' latitud Norte y 73° 34' longitud Oeste, en la Estación Experimental Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar), normalmente en el año se presenta una sola estación húmeda (15), y a pesar que los valores anuales de precipitación son de 1.481 mm y que la cantidad de agua que cae en el primer semestre es de 642 mm, 35% del total anual (6), se presenta una estación seca pronunciada de enero a abril, con un déficit hídrico de 238 mm (6, 15).

El límite de deficiencia hídrica para el café es de 150 mm, en tres meses continuos (5), y entre los efectos que el déficit de agua impone sobre el cultivo se presenta el marchitamiento, la baja tasa de crecimiento y la pérdida de hojas (18). Dadas las condiciones impuestas por estas deficiencias hídricas y características climáticas y de suelos de nuestras zonas cafeteras, es común observar plantaciones establecidas con varios tipos y cantidades de sombra. El establecimiento de cafetales con árboles de sombrío permite ejercer un control sobre la economía del agua, lo que mitiga los efectos que los períodos de déficit hídrico imponen sobre la producción, los árboles contribuyen a mantener la fertilidad del suelo y ayudan a reducir la erosión, reciclan nutrimentos y aportan gran cantidad de materia orgánica, entre otros (22).

Las especies comúnmente empleadas como componente arbóreo de los sistemas agroforestales con café son de la familia Leguminosae, especialmente *Inga sp.*, pero poco se sabe del potencial que como especies de sombra pueden tener otras plantas de la misma familia como *Albizia sp.*,

Erythrina sp. y *Leucaena sp.* Con el propósito de estudiar cómo interactúan los componentes de un sistema agroforestal, café-especies leguminosas, Cenicafé estableció un estudio que permitiera comparar el comportamiento de cinco de estas especies como sombrío y sus efectos en la producción del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se realizó en la Estación Experimental Pueblo Bello, situada en el municipio de Pueblo Bello (Cesar), zona cafetera norte de Colombia. Las características geográficas, climáticas (6) y de suelos (13) se presentan en la Tabla 1.

Componentes de los Sistemas Agroforestales (SAF). El componente arbóreo en los SAF fue *Erythrina fusca* (cámbulo), *Erythrina rubrinervia* (fríjol rojo), *Inga edulis* (guamo santafereño), *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Albizia carbonaria* (carbonero), y café (*Coffea arabica*) c.v. Colombia, como componente agrícola.

Tratamientos. Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de tres distancias de siembra del componente arbóreo y cinco especies leguminosas (Tabla 2).

Diseño experimental. Se empleó un modelo de análisis para el diseño de bloques al azar y cuatro repeticiones, donde el factor de bloqueo fue la pendiente del terreno.

Establecimiento. El estudio se inició en mayo de 1996 con el establecimiento simultáneo del sombrío y el café (1,5 x 1,5m (4.444 plantas / ha). Durante el primer año de establecimiento, todo el sistema estuvo con sombrío transitorio de guandul (*Cajanus cajan*).

Tabla 1. Características climáticas y de suelos de la localidad.

Localización geográfica		Características de suelos	
Latitud Norte	10° 25'	pH	5,1
Longitud Oeste	73°34'	Materia Orgánica (%)	7,1
Altitud (m)	1.100	Nitrógeno (%)	0,29
Características climáticas		Fósforo (ppm)	2,0
		Potasio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	1,2
		Calcio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	7,0
Temperatura (°C)	21,2	Magnesio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	2,1
Precipitación (mm)	2.050	Ecotopo	402A
Brillo solar (horas año)	2.380	Unidad Cartográfica	Asociación El Palmor
Humedad relativa (%)	74,0	Grupo taxonómico	Dystropepts
		Material Parental	Diabasa

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Distancias de siembra del sombrío	Especies leguminosas
6,00 x 6,00 m	<i>Erythrina fusca</i>
9,00 x 9,00 m	<i>Erythrina rubrinervia</i>
12,0 x 12,0 m	<i>Inga edulis</i>
	<i>Leucaena leucocephala</i>
	<i>Albizzia carbonaria</i>

N°	Descripción	N°	Descripción	N°	Descripción
1	Café + <i>E. fusca</i> a 6,0 x 6,0 m	6	Café + <i>E. fusca</i> a 9,0 x 9,0 m	11	Café + <i>E. fusca</i> a 12 x 12 m
2	Café + <i>E. rubrinervia</i> a 6,0 x 6,0 m	7	Café + <i>E. rubrinervia</i> a 9,0 x 9,0 m	12	Café + <i>E. rubrinervia</i> a 12 x 12 m
3	Café + <i>I. edulis</i> a 6,0 x 6,0 m	8	Café + <i>I. edulis</i> a 9,0 x 9,0 m	13	Café + <i>I. edulis</i> a 12 x 12 m
4	Café + <i>L. leucocephala</i> a 6,0 x 6,0 m	9	Café + <i>L. leucocephala</i> a 9,0 x 9,0 m	14	Café + <i>L. leucocephala</i> a 12 x 12 m
5	Café + <i>A. carbonaria</i> a 6,0 x 6,0 m	10	Café + <i>A. carbonaria</i> a 9,0 x 9,0 m	15	Café + <i>A. carbonaria</i> a 12 x 12 m

Fertilización. La fertilización del café fue la determinada según los resultados de los análisis de suelos, así: Un mes después de la siembra del café se aplicaron 45 g/planta de cal dolomita y 1,0 kg de materia orgánica por planta. Dos meses después de la siembra del café, se aplicaron 55 g/planta de la mezcla Urea + DAP, en proporción 2:1. En café en producción la fertilización se basó en la aplicación de 180 kg.ha⁻¹ de la mezcla Urea + DAP, en proporción 3:2.

Para la fertilización se fraccionó la dosis recomendada en dos aplicaciones, mitad de la dosis en el primer semestre y la otra, en el segundo semestre del año, aplicando el fertilizante al sitio de siembra de la planta; no se fertilizaron las especies de sombrío ni el guandul.

Variables evaluadas

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). Se realizó en cada unidad experimental, en los años 1998 hasta 2002, cuando los árboles de sombrío tenían tres hasta siete años, respectivamente. Para medir la cantidad de RFA incidente sobre el dosel de las plantas de café se aplicó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (10). Cada unidad de medición se dividió en cuadrantes y se asignaron puntos de medición de acuerdo al tamaño de la unidad, el punto de medición correspondió al sitio donde estaba ubicado un árbol de café. Unidades de medición con el componente arbóreo a 6,0 x 6,0 m estaban compuestas de 16 cuadrantes y 25 puntos de medición; a 9,0 x 9,0 m, de 36 cuadrantes y 49 puntos de medición; y a 12,0 x 12,0 m de 64 cuadrantes y 45 puntos de medición.

Se empleó una barra integradora de medición LI-191 SA (Line Quantun Sensor LICOR Lincoln NE, USA) conectada a un colector de datos LAI 2000; la barra se ubicó por encima de la planta de café

(punto de medición), efectuando mediciones instantáneas. Para las mediciones de la RFA incidente sobre el dosel del componente arbóreo se instaló un sensor LI-190 SA (Line Quantun Sensor LICOR Lincoln NE, USA), en un área descubierta adyacente a la parcela experimental y conectado a un registrador automático de datos LI-1000, almacenando información de la RFA incidente cada minuto. La información contenida en cada uno de los registradores de datos se procesó mediante el software LI-900. Las mediciones se realizaron entre las 11:00 y 13:00 horas.

Respuesta del café en producción. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones mensuales de café cereza por parcela, los registros se transformaron de kilogramos de café cereza a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando un factor de conversión 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco).

Análisis de la información. Se realizaron análisis de varianza para cada sistema de cultivo estudiado y por año de producción, bajo el modelo para el diseño experimental utilizado. Se aplicaron pruebas Tukey al 5% para comparación de medias entre tratamientos y medias generales entre los sistemas de cultivo; se efectuaron correlaciones entre grado de sombra y producción para evaluar el efecto de la interceptación de la RFA sobre la respuesta productiva del café.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). Los promedios de los porcentajes de sombra en que se desarrolló el cultivo de café y para las densidades de siembra del sombrío, se presentan en la Tabla 3 y Figura 1. Estudios realizados por Farfán y Mestre (12) en la

Tabla 3. Promedios de los porcentajes de sombrero del café, dado por cinco especies leguminosas establecidas a tres densidades de siembra.

Especies de sombra	Densidades de siembra del sombrero (árboles/ha)		
	278	123	70
<i>Erythrina fusca</i>	27,6%	29,9%	25,3%
<i>E. rubrinervia</i>	32,2%	25,3%	20,9%
<i>Inga edulis</i>	60,8%	72,5%	37,4%
<i>Leucaena leucocephala</i>	35,5%	29,8%	24,0%
<i>Albizzia carbonaria</i>	74,6%	65,6%	47,0%

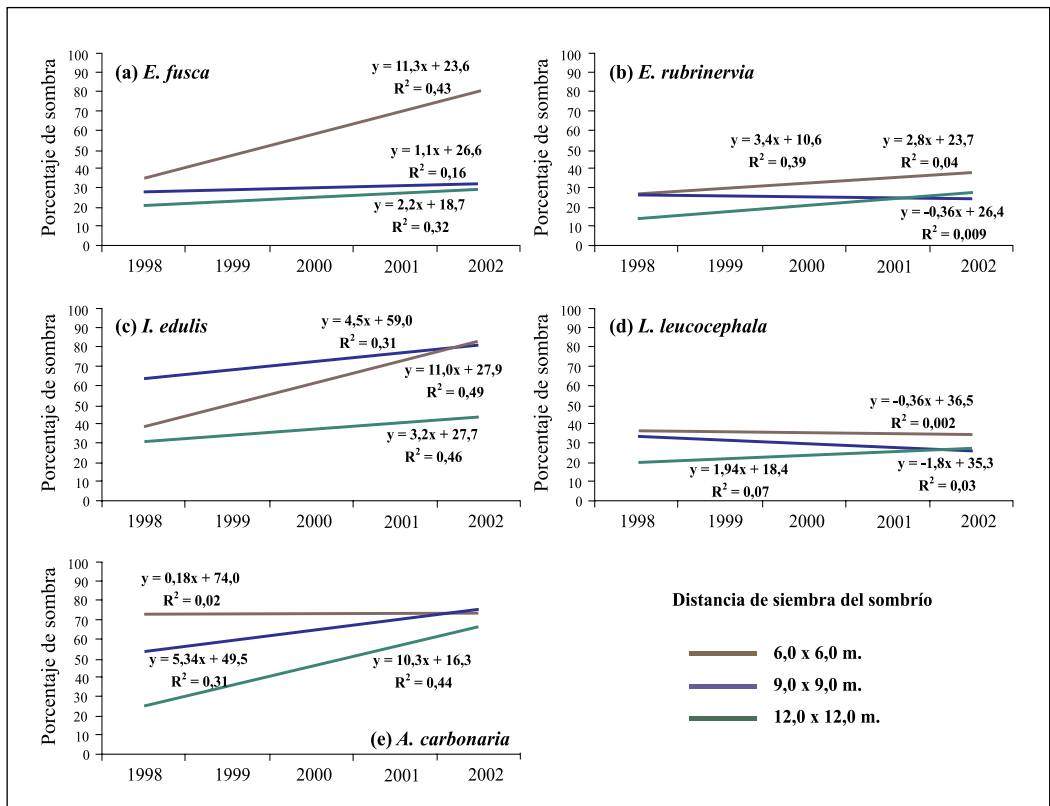


Figura 1. Comportamiento del sombrero de cinco especies leguminosas, a tres densidades de siembra, en la Estación Experimental Pueblo Bello. Las evaluaciones se realizaron en cinco años consecutivos (1998 a 2002).

zona cafetera norte de Colombia, mostraron que la mayor producción de café se presenta con niveles de sombra entre el 35% y 40%, empleando *Inga edulis* como sombrío del café.

Respuesta en producción del café. El efecto de la interceptación de la RFA sobre la producción del café, en kilogramos de café pergamino seco por hectárea, promedio de seis cosechas (1998 a 2003), se presenta en la Figura 2.

Los porcentajes de sombrío dado por las especies *E. fusca*, *E. rubrinervia* e *I. edulis*, afectaron significativamente la producción, al variar la distancia de siembra del mismo y manteniendo constante la distancia de siembra del café (Figura 2); la función que describió la relación entre el porcentaje de cobertura dado por las especies leguminosas y la producción de café, fue un polinomio cuadrado, del orden $y = ax^2 + bx + c$, resultados similares a los obtenidos por Soto *et al.* (21).

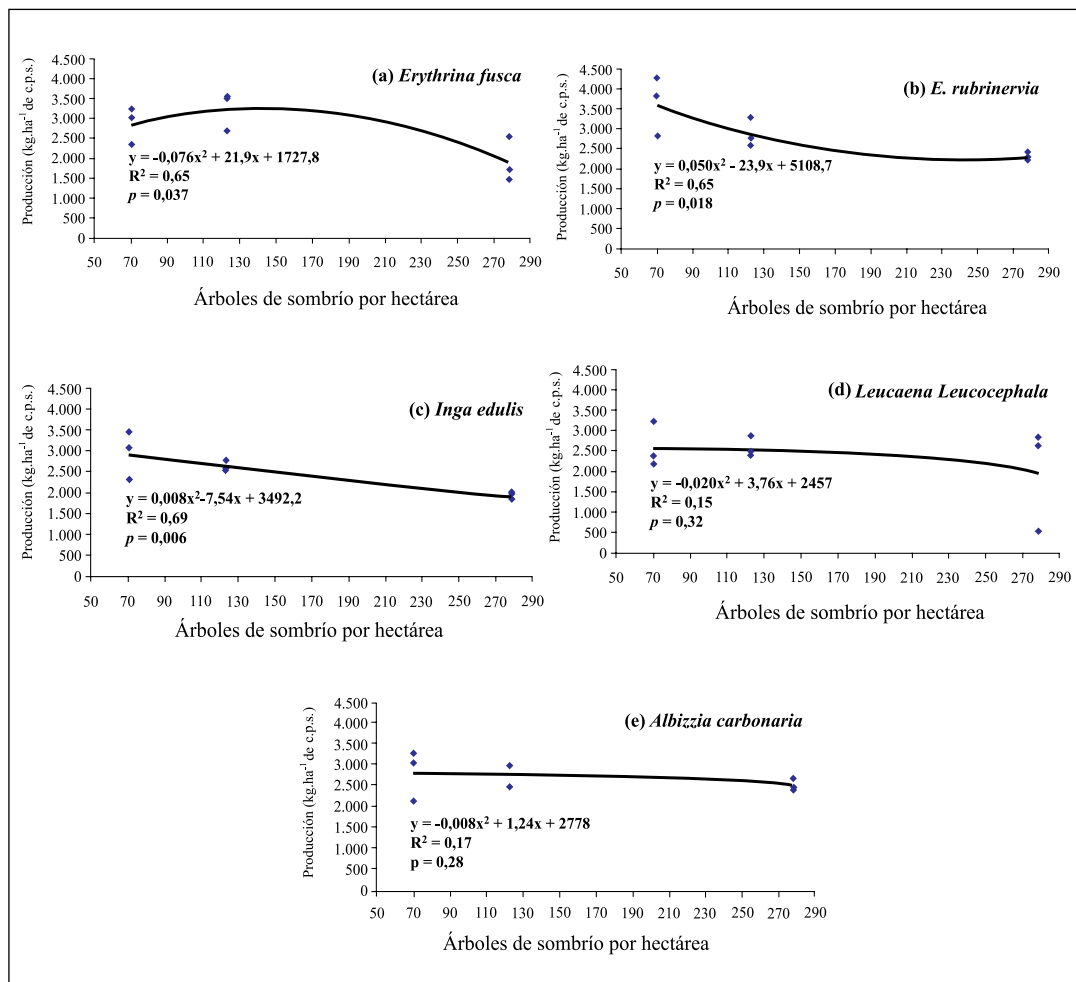


Figura 2. Efecto de la interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), sobre la producción de café, Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar).

Sombrío con *Erythrina fusca*. El porcentaje de cobertura dado por esta especie afectó positivamente la producción de café, en un rango de sombra entre el 35% y 40% (130 a 140 árboles/ha); por debajo del 35% y por encima del 40%, la producción decrece (Figura 2 a). En la Tabla 4 y Figura 1a, se presenta el tiempo, transcurrido en años, desde la siembra de los árboles hasta alcanzar el 40% de cobertura.

La producción de café fue 69,7% superior con densidades de 123 plantas/ha que con 278 árboles de sombrío por hectárea; entre las producciones de café con densidades de siembra del sombrío de *E. fusca* a 278 y 70 árboles/ha, no se presentaron diferencias significativas (Tabla 4). Los resultados reportados por Detlefsen (8), indican reducciones de la producción de café hasta de un 50%, debido al aumento de la densidad de siembra del sombrío de *C. alliodora* (114 a 344 árboles/ha) comparada con la obtenida en el sistema de producción de café a libre exposición. Glover (14) observó que con incrementos en el nivel de sombra de *Erythrina* + *Cordia alliodora*, al aumentar de 250 a 475 plantas por hectárea, se reduce la producción de café

en un 22%, comparada con la producción de café en sistemas con bajos niveles de sombra y una sola especie (252 plantas/ha de *Erythrina* sp.).

Sombrío con *Erythrina rubrinervia*. El porcentaje de cobertura de esta especie afectó positivamente la producción de café, cuando los porcentajes fueron del 22% y 32% (70 árboles/ha); por encima del 35% de cobertura o incrementos en la densidad de siembra de los árboles (más de 70 árboles/ha), la producción se reduce (Figura 2b). En la Tabla 4 y Figura 1b se presenta el tiempo, transcurrido en años, desde la siembra de los árboles hasta alcanzar el 32% de cobertura.

La producción de café fue 56,4% más alta con densidades de 70 árboles/ha que con 278 árboles de sombrío hectárea. No se registraron diferencias estadísticas entre las producciones de café con densidades de siembra del sombrío de *E. rubrinervia* a 123 y 278 árboles/ha (Tabla 5). Estivariz y Muschler (9) registraron que con un sombrío homogéneo del 60% de *Erythrina* sp. la producción de café se reduce un 41% comparada con una sombra heterogénea del 20% al 40%.

Tabla 4. Tiempo (en años) requerido por cada especie de sombrío, para alcanzar un nivel de sombra adecuado para el café.

Especies	Densidades de siembra del sombrío (árboles/ha)					
	278		123		70	
	años	Sombra (%)	años	Sombra (%)	años	Sombra (%)
<i>Erythrina fusca</i>	2,5	40	14,0	40	10,0	40
<i>E. rubrinervia</i>	5,0	32	7,5	32	8,4	32
<i>Inga edulis</i>	0,7	35	0,7	35	4,5	35
<i>Leucaena leucocephala</i>	3,0	30	4,0	30	10,0	30
<i>Albizia carbonaria</i>	0,5	47	0,5	47	5,0	47

Tabla 5. Producción del café, en kilogramos de café pergamino seco por hectárea al año, entre los años 1998 a 2003, en la Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar).

Especies	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Media	c.v
	Sombrío a 6,0 x 6,0 m							
<i>E. fusca</i>	1.679,8 a	3.438,5 a	1.825,3 b	1.541,7 bc	1.510,8 a	1.566,3 b	1.927,1 b	0,38
<i>E. rubrinervia</i>	1.640,3 a	3.783,3 a	2.121,3 b	2.731,8 ab	1.541,7 a	2.306,3 ab	2.354,1 ab	0,39
<i>I. edulis</i>	1.688,4 a	3.798,1 a	1.985,7 b	1.202,5 c	1.979,5 a	1.282,7 b	1.989,5 b	0,47
<i>L. leucocephala</i>	1.806,8 a	4.157,1 a	2.183,0 b	3.746,3 a	1.763,7 a	1.874,7 a	2.588,6 a	0,45
<i>A. carbonaria</i>	1.745,2 a	3.421,3 a	3.490,3 a	2.528,3 abc	2.355,7 a	1.486,2 b	2.504,5 ab	0,35
	Sombrío a 9,0 x 9,0 m							
<i>E. fusca</i>	1.584,7 a	4.855,4 a	3.335,0 a	3.329,0 a	3.262,5 a	3.250,4 a	3.269,5 a	0,35
<i>E. rubrinervia</i>	1.850,6 a	4.430,2 a	2.585,8 a	2.930,2 a	3.214,2 a	2.573,8 ab	2.930,8 a	0,33
<i>I. edulis</i>	1.627,9 a	4.557,5 a	3.014,8 a	2.483,1 a	2.628,1 a	1.776,3 b	2.681,3 a	0,42
<i>L. leucocephala</i>	1.069,4 b	4.205,5 a	3.087,3 a	2.570,7 a	3.087,3 a	1.764,2 b	2.630,7 a	0,47
<i>A. carbonaria</i>	1.353,9 ab	4.068,9 a	3.159,8 a	3.250,4 a	2.957,4 a	2.066,3 b	2.809,4 a	0,38
	Sombrío a 12,0 x 12,0 m							
<i>E. fusca</i>	2.096,3 a	4.681,8 a	2.443,8 a	2.306,6 a	3.370,9 ab	2.429,0 b	2.888,1 a	0,38
<i>E. rubrinervia</i>	2.703,7 a	5.099,9 a	3.052,0 a	3.307,8 a	4.142,2 a	3.789,9 a	3.682,6 a	0,26
<i>I. edulis</i>	2.336,6 a	4.437,2 a	2.718,2 a	3.022,3 a	2.970,4 ab	2.529,1 b	3.002,3 a	0,27
<i>L. leucocephala</i>	1.821,9 a	4.125,3 a	2.403,0 a	2.729,3 a	2.362,2 b	2.317,7 b	2.626,6 a	0,33
<i>A. carbonaria</i>	2.248,4 a	4.369,9 a	3.222,5 a	2.736,8 a	2.184,2 b	2.191,6 b	2.825,6 a	0,30

Letras no comunes indican diferencia estadística según la Prueba Tukey al 5%.
c.v. Coeficiente de variación

Sombrío con *Inga edulis*. El 35% de cobertura dado por esta especie afectó positivamente la producción de café, con 70 árboles/ha; por encima de este porcentaje de sombrío o por el aumento en el número de árboles por hectárea, se afecta negativamente la producción de café (Figura 2c). En la Tabla 4 y Figura 1c, se presenta el tiempo, transcurrido en años, desde la siembra de los árboles hasta alcanzar el 35% de cobertura.

La producción de café fue 50,9% mayor con sombrío de *I. edulis* y densidades de 70 plantas/ha que con 278 árboles de sombrío por hectárea; entre las producciones de café con densidades de siembra del sombrío de *I. edulis* de 123 y 278 árboles/ha, no hubo diferencias estadísticas (Tabla 5). Baggio *et al.* (2) evaluaron sobre la producción de café el efecto de la densidad de siembra de *Grevillea robusta* como sombrío, y observaron que no había efecto de la sombra dada por los árboles establecidos a 26, 34 y 48 plantas/ha, y que se presentaba una reducción significativa de la producción con el asocio de 119 árboles de sombra hectárea.

Farfán y Mestre (11, 12), encontraron que en la zona cafetera central de Colombia (4°59' latitud Norte y 75°39' longitud Oeste), la producción del café se reducía en 50% cuando se incrementaba la densidad de siembra de 70 a 123 árboles de *Inga edulis* por hectárea y en 41,9% al aumentarla de 123 a 270 árboles/ha, y en la zona cafetera norte (10°25' latitud Norte y 73°34' longitud Oeste), observaron que estas reducciones eran del 11,1% y 41,9% en los dos casos, respectivamente.

Sombrío con *Leucaena leucocephala*. El mayor nivel de producción de café alcanzado con esta especie de sombra se obtuvo en un rango de cobertura entre el 24% y 28% (90 a 100 árboles/ha); porcentajes de sombra superiores al 30% o densidades de siembra

de los árboles mayores a 100 plantas/ha afectan negativamente la producción de café (Figura 2d). En la Tabla 4 y Figura 1d, se presenta el tiempo transcurrido desde la siembra de los árboles hasta alcanzar el 30% de cobertura. La producción de café bajo sombrío de *L. leucocephala* no se ve afectada por el incremento en la densidad de siembra del sombrío (Tabla 5).

Sombrío con *Albizia carbonaria*. Los porcentajes de sombra del 47% y 52% o densidades de siembra de los árboles entre 70 y 80 árboles/ha, proporcionados por *A. carbonaria*, influyeron positivamente sobre la producción de café. Porcentajes de cobertura arbórea por encima del 55% o de 80 árboles/ha como sombrío del café, afectan negativamente la producción (Figura 2e); no obstante, la producción de café como respuesta al incremento de la densidad de siembra de los árboles de sombra, son estadísticamente iguales (Tabla 5). En la Tabla 4 y Figura 1e, se presenta el tiempo transcurrido desde la siembra de los árboles hasta alcanzar el 47% de cobertura.

Cuando se compara la producción de café bajo diferentes especies de sombra, influye un grupo de factores y no solamente el factor especie, pues en cada condición se debe aplicar un manejo diferente, esto implica diferentes densidades de siembra, podas y aplicación de materia orgánica, entre otros, para poder juzgar el potencial de cada especie de sombrío (3, 20). Por ejemplo, los efectos de la sombra de 30%, 50% y 75% dada por árboles de *Leucaena glauca*, *Grevillea robusta* y una mezcla de ambas, afectan negativamente la producción, si se compara con la producción registrada en café a libre exposición (7). El cultivo de café con sombrío permanente de *Cordia alliodora* + sombrío transitorio de plátano y siembras de frijol, afecta significativamente la producción de materia seca del café (1).

Análisis general. Los análisis de varianza indican que el promedio de la producción del café con sombrío establecido a densidades de siembra de 278 plantas/ha fue 32,1% mayor con sombrío de *L. leucocephala* frente a la registrada con sombríos de *E. fusca* e *I. edulis*; el promedio del porcentaje de cobertura dado por estas especies a esta densidad fue del 52,2%.

Con 123 y 70 plantas de sombrío por hectárea no hubo efecto sobre el promedio de la producción del café. El promedio del porcentaje de cobertura arbórea bajo la primera densidad de siembra fue del 44,6% y del 31,0% en la segunda (Tabla 5).

Detlefsen (8) investigó la variación de la productividad del café var. Caturra (4.790 plantas/ha) bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* (entre 131 y 266 árboles/ha) y *Cordia alliodora* (entre 114 y 344 árboles/ha), y observó que los máximos rendimientos de 1,0 a 1,2 kg de café cereza por planta al año, se registraron con altas densidades de *E. poeppigiana*, bajas densidades de *C. alliodora* y bajas densidades de ambas especies forestales (131 y 114 árboles/ha, en el mismo orden), y Beer *et al.* (4), encontraron que la producción de café (5.000 plantas/ha) se reduce en un 28% con sombrío de nogal (278 árboles/ha) comparada con sombra de *Erythrina* sp. (555 árboles/ha), y atribuyen esta reducción al alto y permanente grado de sombra suministrado por el nogal.

La producción de café fue 69,7% superior con sombrío de *E. fusca*, a densidades de 123 plantas/ha que con 278 árboles de sombrío hectárea. Fue 56,4% mayor con sombrío de *E. rubrinervia*, a densidades de 70 plantas/ha que con 278 árboles de sombrío hectárea. La producción fue 50,9% superior con sombrío de *I. edulis* y densidades de 70 plantas/ha que con 278 árboles/ha. Además, se observó

que la producción de café no es afectada por el incremento en la densidad de siembra, de 70 a 278 árboles/ha, de las especies *L. leucocephala* y *A. carbonaria* (Tabla 5).

En un estudio adelantado por Muschler (17), en el que comparó el efecto de *Erythrina poeppigiana* como sombrío sobre la productividad del café, encontró que el peso y tamaño del grano aumentaba cuando se incrementaba la sombra de 0% a más del 80%; sin embargo, los porcentajes de conversión de café cereza a café pergamino seco no fueron afectados por el sombrío. Romero *et al.* (19), evaluaron el efecto de *Inga latibracteata* y el sombrío natural sobre la producción de café, y encontraron que en los sistemas múltiples, la densidad de siembra de los árboles, el número de estratos, la altura de los árboles, el porcentaje de cobertura y las concentraciones de nutrientes en el suelo y el pH no tuvieron efecto significativo sobre las producciones de café, al compararse con el sombrío de *Inga*. Y, Matoso *et al.* (16), evaluaron la producción de café en sistemas agroforestales con diversas especies como sombrío (*Eugenia uniflora*, *Schizolobium parahyba*, *Tabebuia* sp. *Prunus persica*, *Eugenia jambos*, entre otros) y obtuvieron que en promedio la producción bajo este sistema fue 79% inferior que el café en monocultivo.

LITERATURA CITADA

1. ALPIZARO, L. A.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ C., G. A.; FOLSTER, H. 1985. Sistemas Agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. Turrialba 35(3):233-242.
2. BAGGIO, A. J.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI F., A.; MONTOYA, L. 1997. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. *Agroforestry Systems* 37:111-120.

3. BEER, J. W.; MUSCHLER, R.G.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
4. BEER, J. W.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J. 1985. Estudio de sistemas agroforestales en el experimento central del CATIE. IV. Modelos de los ciclos de la materia orgánica y elementos nutritivos en los sistemas café (*Coffea arabica*, Híbrido de Timor) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró gigante (*Erythrina poeppigiana*). Avances en la investigación forestal, Costa Rica. Sep. 1985. Serie técnica, Informe Técnico N° 147.
5. CAMARGO A., P. D.; PEREIRA, A.R. 1994. Agrometeorology of the coffee crop. Ginebra (Suiza), World Meteorological Organization. 43 p.
6. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ, COLOMBIA. 2004 Anuario meteorológico cafetero 2002. Chinchiná, Cenicafé. 536 p.
7. COFFEE RESEARCH IN THE TRANSVAAL LOWVELD. 1975. A shade experiment. Information Bulletin of Citrus and Subtropical Fruit Research Institute 36:3-4.
8. DETLEFSEN R., E. G. 1988. Evaluación del rendimiento de (*Coffea arabica*) cv. Caturra bajo diferentes densidades de *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana* plantados en un diseño sistemático de espaciamientos. Turrialba, IICA - CATIE, 121 p. (Tesis: Magister Science).
9. ESTIVARIZ, J.; MUSCHLER, R. 1998. Efecto de la sombra sobre el vigor y producción de *Coffea arabica* var. Caturra, después de una poda total del café en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 5(17-18). 49-52 p. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE- Costa Rica.
10. FARFÁN V., F.; ARIAS H., J.J.; RIAÑO H., N.M. 2003. Desarrollo de una metodología para medir sombrío en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé* 54(1):24-34.
11. FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. 2004. Respuesta del café cultivado en un sistema Agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafé* 55(2):161-174.
12. FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. 2004. Fertilización del café en un sistema Agroforestal en la zona cafetera norte de Colombia. *Cenicafé* 55(3):232-245.
13. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. BOGOTÁ. COLOMBIA. 1996. Caracterización agroecológica del Ecotopo y de los lotes para análisis de producción., Ecotopo 402. Bogotá, FEDERACAFÉ.sp.
14. GLOVER, N. 1981. Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var. caturra shaded by *Erythrina poeppigiana* with and without *Cordia alliodora*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza –CATIE- Turrialba Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico N° 17 24 p.
15. JARAMILLO R., A. 2005. Clima andino y el café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 192 p.
16. MATOSO C., M.; SILVA S., R. H.; De FREITAS., G. B.; PRIETO M., H. E.; RIBEIRO G., S. L.; FINGER., F. L. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*. 63:75-82.
17. MUSCHLER R. G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems*. 85:131-139.
18. OROZCO C., F.J.; JARAMILLO, R.A. 1978. Comportamiento de introducciones de *Coffea* sometidas a condiciones de déficit de humedad en el suelo. *Cenicafé*, 29(3):61-93.
19. ROMERO A.; Y.; SOTO P., L.; GARCÍA B., L.; BARRERA G., J. F. 2002. Coffee yields and soil nutrients under the shades of *Inga* sp. vs. multiple species in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 54:215-224.
20. SOMARRIBA, E. 1992. Timber, damage to crops plants and yield reduction in two Costa Rican plantations with *Cordia alliodora* shade trees. *Agroforestry Systems* 18:69-82.
21. SOTO P., L.; PERFECTO, I.; CASTILLO H., J.; CABALLERO N., J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80:61-69.
22. SUÁREZ DE CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, P. C.; MORENO, M.; BOLAÑOS, M. 1962. Efectos del sombrío en los primeros años de vida de una cafetal. CAFE. Servicios técnicos de café y cacao. Instituto Salvadoreño de Investigaciones de Café. Santa Tecla - Salvador. Turrialba, Costa Rica. 3 (10):81-102.