



AVANCES TÉCNICOS

330

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Diciembre de 2004

MANEJO DEL SOMBRÍO Y FERTILIZACIÓN DEL CAFÉ EN LA ZONA CENTRAL COLOMBIANA

Fernando Farfán-Valencia*, Alfonso Mestre-Mestre**

De las 869.158 hectáreas cultivadas con café en Colombia, el 37% están establecidas bajo sombrío (7); las especies comúnmente empleadas con este propósito son guamo, carbone-ro, cámbulo y leucaena, en arreglos espaciales poco definidos.

Los árboles de sombrío en los cafetales permiten regular la disponibilidad del agua y atenuar los efectos negativos que los períodos prolongados de sequía causan sobre la producción.

Además, contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, reciclan nutrientes, aportan gran cantidad de materia orgánica (2) y reducen la erosión. Favorecen también el incremento de las poblaciones de plantas epífitas y la diversidad de las especies de aves (12), permitiendo que los caficultores participen en el mercado de cafés de conservación, de sombra o los orgánicos especiales.

* Asistente de Investigación. Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico III, hasta el año 2000. Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.



En el establecimiento y desarrollo de cafetales en sistemas agroforestales, debe tenerse en cuenta la respuesta, positiva o negativa, de las interacciones entre el clima, el sombrío, la variedad de café y los niveles de insumos, especialmente de fertilizantes (3, 5, 8, 10). En Colombia se han realiza-

do diversos estudios sobre la respuesta del café bajo sombra a la fertilización (9, 10, 13, 15), pero no es amplia la información sobre la interacción del grado de cobertura arbórea y los diferentes niveles de fertilización. Con el propósito de estudiar estas interacciones y como no existe en la actualidad

una forma confiable de hacer recomendaciones de fertilización en cafetales con sombrío, se planeó el presente estudio para evaluar el comportamiento productivo del café con sombrío de guamo a la aplicación de cuatro niveles de fertilizante en una localidad de la zona cafetera del centro de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

● LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la Estación Central Naranjal, situada en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas, zona cafetera central de Colombia a 4° 58' latitud norte, 75° 39' longitud oeste, con una altitud de 1.381m; temperatura media de 20,8°, precipitación anual 2.656 mm y suelos derivados de cenizas volcánicas.

● COMPONENTES DEL SISTEMA AGROFORESTAL

Los componentes utilizados en el sistema agroforestal fueron guamo santaferense (*Inga edulis*) como componente arbóreo y café

(*Coffea arabica* L.) variedad Colombia.

● TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos estuvieron compuestos por la combinación de tres distancias de siembra de los guamos y cuatro niveles de fertilización del café (Tabla 1). Para la ejecución del experimento se procedió como si fueran tres ensayos diferentes (en adelante denominados Subsistemas), uno para cada distancia de siembra del guamo. En cada Subsistema se sortearon los niveles de fertilizante de acuerdo con el diseño en Cuadro Latino. Los niveles de fertilizante fueron la aplicación

del 25, 50 y 75% del total recomendado en el análisis de suelos y un tratamiento sin fertilización.

● ESTABLECIMIENTO

El sombrío de guamo se estableció en septiembre de 1994 y un año después se sembró el café a una distancia de 1,5 x 1,5 m (4.444 árboles/ha).

● FERTILIZACIÓN

Dos meses después de establecido el café se aplicaron 20 g de urea/planta, y seis meses después se hizo una segunda aplicación de 30 g/planta, solamente a los tratamientos que incluyeron fertilización.

Tabla 1. Tratamientos utilizados para evaluar la fertilización de cafetales con sombrío de guamo

Dosis Fertilizante	N°	Subsistema 1	N°	Subsistema 2	N°	Subsistema 3
0	1	6,0 x 6,0	5	9,0 x 9,0	9	12,0 x 12,0
25%	2	6,0 x 6,0	6	9,0 x 9,0	10	12,0 x 12,0
50%	3	6,0 x 6,0	7	9,0 x 9,0	11	12,0 x 12,0
75%	4	6,0 x 6,0	8	9,0 x 9,0	12	12,0 x 12,0

Para la fertilización del café en producción, las recomendación dada en los resultados de los análisis de suelos fue la aplicación anual de 290 kg/ de urea + 100 kg/ha de DAP + 200 kg/ha de KCl (cloruro de potasio), aplicando las cantidades proporcionales de fertilizante según lo planteado en los tratamientos.

La dosis recomendada se fraccionó en dos aplicaciones, una en el primer semestre del año y otra en el segundo. El fertilizante se aplicó en el “plato” del árbol de café.

VARIABLES EVALUADAS

● INTERCEPTACIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (RFA)

Durante los años 1997 al 1999, se evaluó la interceptación de RFA en cada unidad experimental, cuando los árboles de sombrío tenían 3, 4 y 5 años de edad, respectivamente. Se empleó una barra integradora de medición LI-191 SA, colocada por encima de la planta de café, lo cual

permitió registrar la fracción de la RFA incidente sobre esta planta. Para las mediciones de la RAF incidente sobre los guamos, se instaló un sensor LI-190 SA en un área descubierta adyacente a la parcela experimental y conectado a un registrador automático de datos LI-1000, para almacenar la información de la RFA incidente cada minuto. Las mediciones se realizaron entre las 11:00 y 13:00 horas, utilizando la metodología propuesta por Farfán et al. (6).

Esta información se complementó estableciendo el nivel máximo de sombra, con el fin de determinar si el porcentaje de sombreamiento del guamo llegaba a ser igual en las tres densidades de siembra y establecer el momento oportuno para la regulación del sombrío para prevenir la reducción de la producción; para ello, se correlacionó la producción media del café obtenida año por año en cada Subsistema con el número de árboles establecidos por hectárea. Muschler (11), sugiere que ajustando ecuaciones lineales simples entre producción y número de árboles puede establecerse el momento en que el sombrío causa su máximo efecto.

● PRODUCCIÓN

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café, se cosechó mensualmente el café cereza por parcela. Los registros fueron transformados de kilogramos de café cereza a arrobas de café pergamino seco/ha; el factor de conversión aplicado fue de 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco, de 11,5% de humedad). Igualmente se realizó un análisis de la distribución anual de la cosecha del café para cada distancia de siembra del guamo.

● ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con la variable producción se realizó el análisis de varianza para cada Subsistema y cada año de producción, bajo el modelo utilizado en el diseño experimental. Se realizaron pruebas de Duncan para comparación de medias entre tratamientos, pruebas de Tukey al 5% para la comparación de las medias generales entre los Subsistemas y regresiones lineales simples para la determinación del máximo grado de sombrío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

● INTERCEPTACIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (RFA).

El nivel medio de sombrío registrado en cada una de las distancias del sistema agroforestal durante tres años mostró que a 6,0 x 6,0 m el porcentaje de sombrío medio fue del 70%, a 9,0 x 9,0 m del 60% y a 12,0 x 12,0 m del 45% (Figura 1).

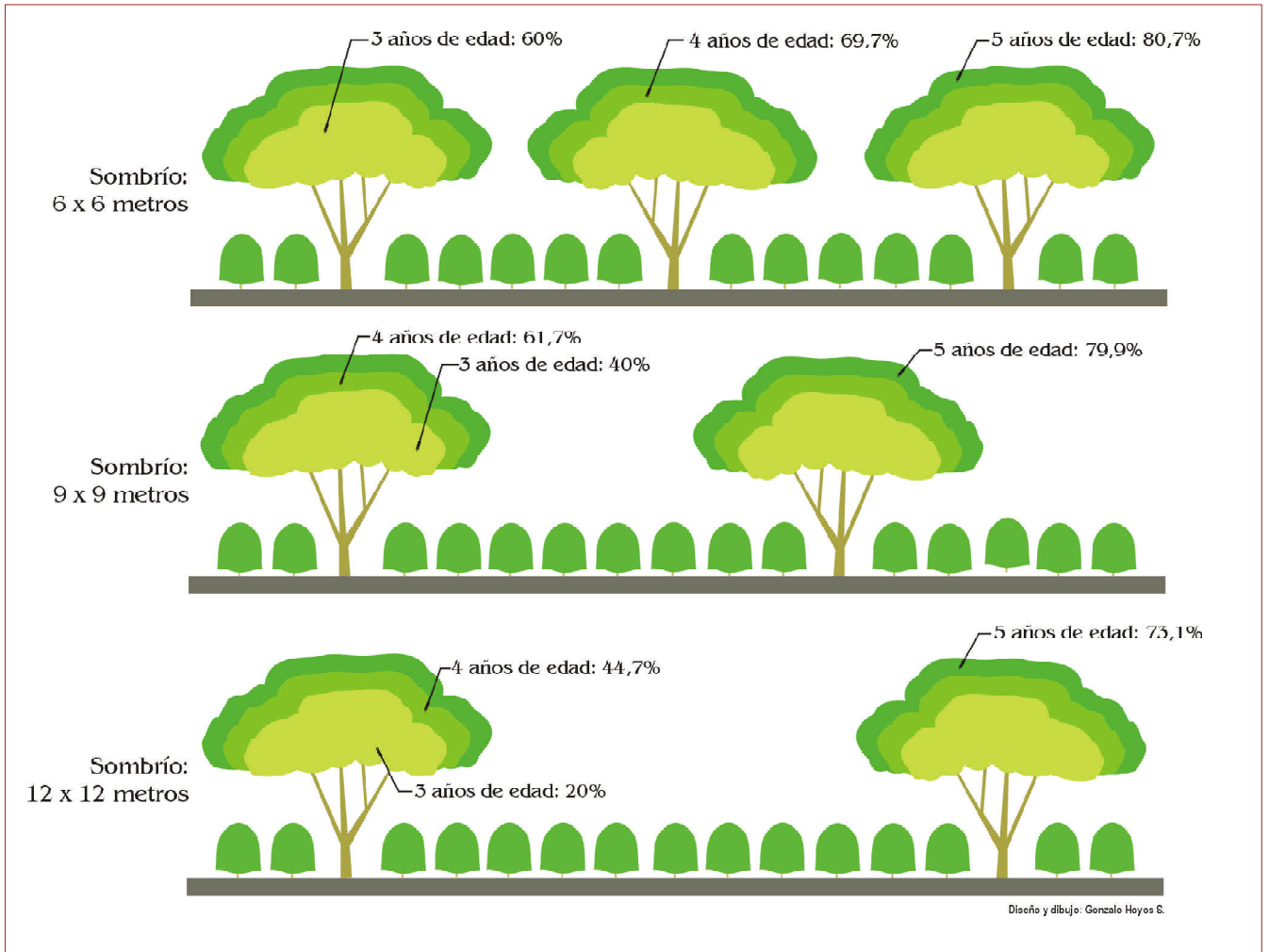


Figura 1.

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), en cafetales con tres densidades de siembra del sombrío de guamo, en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas). Desde 1997 hasta 1999. Los distintos tonos de verde representan el crecimiento anual del dosel de los árboles de sombrío.

El coeficiente de correlación entre el grado de sombreado y la producción de café dentro de cada Subsistema mostró que existe una relación lineal inversa entre las dos variables analizadas ($r = -0,99$), es decir, si aumenta el porcentaje de sombreado disminuye la producción de café. Caramori et al. (4), encontraron una respuesta

cuadrática de la producción de café como una función de la distancia de siembra de los árboles de sombrío.

● NIVEL MÁXIMO DE SOMBRÍO

La estabilización y mínima producción de café bajo las tres

densidades de siembra del guamo como efecto de la nivelación de la sombra en los tres sistemas evaluados ocurrió en el 5° año de establecimiento del sombrío (1999) (Figura 2d); por tanto, para las condiciones donde se desarrolló el estudio debe regularse la sombra al 4° año de plantados los árboles.

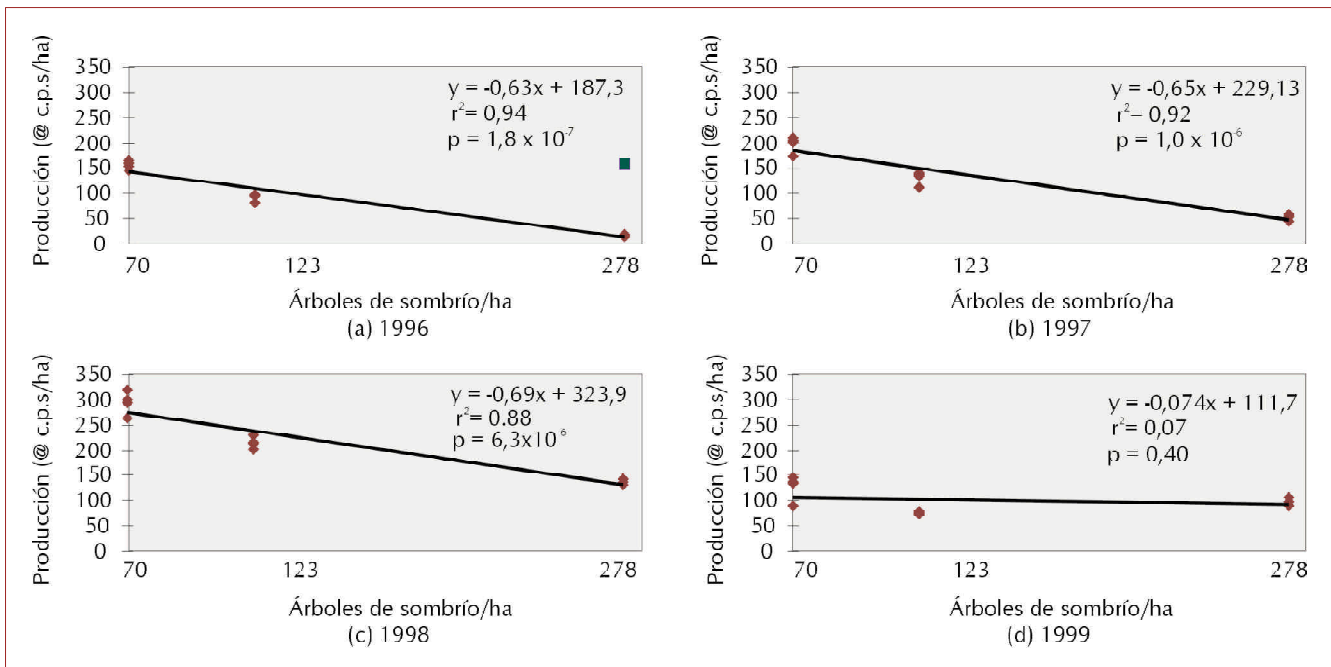


Figura 2. Producción anual del café desde 1996 hasta 1999, con sombrío de guamo en tres densidades de siembra, en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas). (a)1996, (b)1997, (c)1998, (d)1999.

● EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Los resultados de producción de café entre los años 1996 a 1999 se presentan en la Tabla 2.

Subsistema 1: Sombrío a 6,0 X 6,0 m.

El análisis de varianza no mostró efecto de las dosis de fertilizante sobre la producción de café ($p > 0,05$). No obstante, para el número de repeticiones empleado (cuatro) y asumiendo como diferencia mínima aceptable el 20% con respecto al promedio general en cada año evaluado (17,1; 53,6; 138,3 y 98,0 @ de café pergamino seco/ha), se ratifica que no hubo

efecto de las dosis de fertilizante bajo este grado de cobertura. Estos resultados sugieren que en las zonas óptimas para la producción de café, es decir, aquellas con buena disponibilidad hídrica a través del año y sombrío establecido con 278 plantas de guamo/ha, el café no responde a aplicaciones de fertilizante.

El análisis de la producción media por años en este Subsistema presentó diferencias estadísticas entre ellos (medias identificadas con letras minúsculas en la Tabla 2). Entre 1996 y 1997 ocurrió un incremento de la producción del 213,5%; de 1997 a 1998 fue del 158,0% y posteriormente, se registró una reducción en la producción del 29,1%, de 1998 a 1999.

Subsistema 2: Sombrío a 9,0 X 9,0 m.

El análisis de varianza no evidenció efecto de los tratamientos de fertilización sobre la respuesta en producción del café ($p > 0,05$). De acuerdo al número de repeticiones empleado (cuatro) y asumiendo como diferencia mínima aceptable el 20% con respecto al promedio general en cada año evaluado (92,9; 130,7; 214,6 y 75,5 @ de café pergamino seco/ha), se confirma que no hubo efecto de las dosis de fertilizante sobre la producción del café bajo este grado de cobertura. Los resultados sugieren que en sistemas agroforestales con café, cuyo componente arbóreo sea establecido con 123 árboles de guamo/ha, el café no responde a aplicaciones con aumentos graduales en la dosis de fertilizante.

Tabla 2. Producción de café pergamino seco (@/ha/año) entre 1996 y 1999, según los niveles de fertilización y de sombrero, en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas).

FERTILIZACIÓN	1996	1997	1998	1999	MEDIA
Subsistema 1: Distancia de siembra del sombrero 6,0 x 6,0 m					
0	19,8	53,9	131,1	98,8	75,9
25%	17,7	58,9	141,6	107,6	81,4
50%	14,9	44,6	142,5	96,8	74,7
75%	15,8	56,8	138,1	88,8	74,9
Media	17,1 d	53,6 c	138,3 a	98,0 b	76,7 C
C. V. (%)	56,7	39,4	22,0	30,0	19,0
Subsistema 2: Distancia de siembra del sombrero 9,0 x 9,0 m					
0	98,3	112,9	201,3	73,0	121,4
25%	95,9	133,4	215,7	78,4	130,8
50%	81,2	139,2	229,9	74,4	131,2
75%	96,4	137,2	211,8	76,3	130,4
Media	92,9 bc	130,7 b	214,6 a	75,5 c	128,4 B
C. V. (%)	36,0	30,7	27,7	20,8	26,5
Subsistema 3: Distancia de siembra del sombrero 12,0 x 12,0 m					
0	145,1	174,9	262,5	90,1	168,1
25%	166,0	203,7	292,8	133,3	199,0
50%	155,0	200,3	319,2	145,5	205,0
75%	158,2	211,3	300,7	138,0	202,1
Media	156,1 c	197,6 b	293,8 a	126,7 c	193,5 A
C. V. (%)	13,0	28,6	19,8	40,2	13,4

C.V: Coeficiente de variación
 *Medias con letra diferente indican diferencia estadística, Tukey al 5%

En el análisis de la producción media por años en el Subsistema 2 se observa que entre 1996 y 1997 hubo un incremento de la producción del 40,6%; de 1997 a 1998 el incremento de la producción fue del 64,3% y, entre 1998 y 1999 ocurrió una reducción en la producción del 64,0% (Tabla 2).

Subsistema 3: Sombrero a 12,0 X 12,0 m.

El análisis de varianza indicó que no hubo efecto de las diferentes dosis de fertilizante sobre la producción de café ($p>0,05$). En otro tipo de análisis y asumiendo una diferencia mínima aceptable del 20% con respecto a la media obtenida en cada año evaluado (156,1; 197,6; 293,8 y 126,7 @ de café pergamino seco/ha) y en las cuatro repeticiones, los

resultados ratificaron que en los años 1996, 1997 y 1998, no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción de café. En 1999 hubo diferencias entre el testigo (0 fertilización) y los tratamientos donde se aplicaron 25, 50 y 75% de la dosis de fertilizante, en los que se observó un aumento de la producción de café en 32,4; 38,1 y 34,7%, respectivamente, en comparación con el testigo.

La producción media obtenida en el Subsistema con el componente arbóreo establecido a 12,0 x 12,0 m tuvo un incremento del 26,6% en el año 1996 a 1997. Para 1998, el aumento de la producción fue del 48,7%, pero en el año 1999 ocurrió una reducción de la producción media del café del 56,7%, comparada con la obtenida en 1998.

● COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA EN PRODUCCIÓN DE LOS TRES SUBSISTEMAS

Los análisis estadísticos realizados (Tukey al 5%) para comparar la media general obtenida en los Subsistemas 1, 2 y 3 (76,7; 128,4 y 193,5 @ de café pergamino seco/ha), evidenciaron que entre estas tres medias se presenta diferencia significativa (Tabla 2, medias identificadas con letras mayúsculas). La máxima producción (193,5 @ de cps/ha/año) de café se obtuvo con guamo plantado a 12,0 x 12,0 m, donde la producción media obtenida fue 50,7% mayor que la obtenida con el guamo plantado a 9,0 x 9,0 m, y un 152,2% mayor que la obtenida con la distancia de 6,0 x 6,0 m. La producción media de café con guamo a 9,0 x 9,0 m fue 67,4% mayor que la obtenida con guamo 6,0 x 6,0 m.

● DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA COSECHA

La distribución anual de la cosecha de café en los tres Subsistemas estudiados entre 1996 y 1999, se presenta en la Figura 3. En el Subsistema 1 (guamo a 6,0 x 6,0 m) en los meses de enero a junio se concentró el 41% de la cosecha y en el período julio a diciembre el 59% restante. En el Subsistema 2 (guamo a 9,0 x 9,0 m), el 45% de la cosecha se concentró en el primer semestre y en el segundo el 55% y en el Subsistema 3

(guamo a 12,0 x 12,0 m) en el período de enero a junio se concentró el 35% de la cosecha y el 65% entre julio y diciembre. Uribe (14), establece que en estos mismos períodos (enero-junio y julio-diciembre) se concentra el 20 y el 80% de la cosecha para el café variedad Caturra a libre exposición en la Estación Central Naranjal y Alvarado y Moreno (1), indican que para el café variedad Colombia a plena exposición solar la concentración en el primer semestre es del 27,5% y en el segundo del 72,5%, para la misma localidad.

Al comparar la distribución anual de la cosecha de dos sistemas de cultivo de café, uno bajo sombrío y otro a libre exposición solar, se observa que en cafetales con sombrío la cosecha se distribuye en un 40% en el primer semestre del año y en 60% en el segundo, y a libre exposición la distribución es de 24 y 76% en el primer y segundo semestre del año, lo que permite inferir que en las condiciones donde se realizó el estudio el sombrío altera los patrones de distribución de la cosecha.

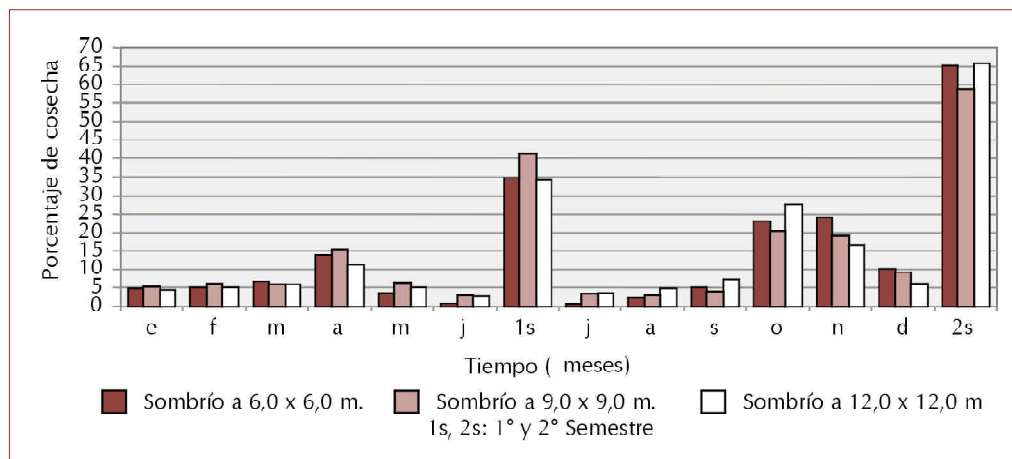


Figura 3. Distribución anual de la cosecha de café bajo tres densidades de sombrío de guamo, de 1996 a 1999, en la Estación Central Naranjal.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Los resultados obtenidos pueden ser atribuibles a las características intrínsecas del sitio experimental (suelo, temperatura y precipitación, entre otros) y a las características propias de los Subsistemas evaluados como la densidad de siembra de los árboles, el desarrollo de los árboles de sombra y la homogeneidad de la cobertura, entre otras; por tanto, se sugiere que sean tenidos en cuenta sólo para esta localidad.
- En esta localidad, con la misma distancia de siembra del café y con sombrío de guamo, establecido a 6,0 x 6,0 m (278 plantas/ha) y a 9,0 x 9,0 m (123 plantas/ha), no hubo respuesta del café a las aplicaciones de dosis bajas o altas de fertilizante inorgánico. Por el contrario, el cultivo establecido con sombrío a 12,0 x 12,0 m (70 plantas/ha), mostró respuesta del café a aplicaciones del 25, 50 y 75% del fertilizante, asumiendo una diferencia mínima del 20% de la media general obtenida en 1999.
- Bajo sombrío de guamo, la máxima producción de café pergamino seco (193,5 @/ha/año) ocurrió con un nivel de sombra del 45% (sombrío establecido a 12,0 x 12,0 m).
- Pasar de una distancia de siembra del sombrío de 6,0 x 6,0 m a 9,0 x 9,0 m significa aumentar la producción de café en un 67,4%, y al ampliarla a una distancia de 12,0 x 12,0 m se aumenta la producción en un 152,3%. Pasar de una distancia de

9,0 x 9,0 m a una de 12,0 x 12,0 m significa aumentar la producción en un 57,0%.

● Hubo una relación lineal negativa entre la distancia de siembra del sombrío y la producción del café, es decir, al disminuir el nivel

de sombra aumenta la producción de café.

● En el cuarto año de establecido el guamo debe regularse el follaje mediante podas que minimicen la interceptación de la radiación y permitan aumentar la producción de café.

LITERATURA CITADA

1. ALVARADO A., G.; MORENO R., L.G. ¿Cómo se distribuye anualmente la cosecha de las variedades Caturra y Colombia?. Avances Técnicos Cenicafé No. 260:1-4. 1999.
2. BEER, J.W. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5 (1): 3-13. 1987.
3. BEER, J.W.; MUSCHLER, R.G.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164. 1998.
4. CARAMORI, P.H.; ANDROCIOI FILHO, A.; BAGIO, A. Arborización do cafezal com *Grevillea robusta* no Norte do Estado do Parana coffee shade with *Grevillea robusta* in the North of Parana state, Brazil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 38 (4): 1031-1037. 1995.
5. CIETTO, S.; HAAG, H.P.; DECHE, A.R. Acumulacao de matéria seca, absorcao de N, P e K pelo cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Catuaí com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granacao e maturacao vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. *Anais da Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz»* 48 (1): 245-268. 1991.
6. FARFÁN V., F.; ARIAS H., J.J.; RIAÑO H., N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrío en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé* 54 (1): 24-34. 2003.
7. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA-FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Informe Final. Bogotá, FNC, 1997. p. 50.
8. HERRERA E., J.S.; PALMA O., M. R.; ORDOÑEZ V., M.A.; ZÚÑIGA, M.D. Efecto de la aplicación de Nitrógeno en la producción de café bajo sombra de *Inga* sp. In: Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura, 6. Tegucigalpa, Noviembre 22-24, 1995. Memorias. Tegucigalpa, Instituto Hondureño del Café, 1997. p. 400-406.
9. MACHADO S., A. Rentabilidad del tratamiento de fertilizantes en un experimento con cafetos. *Cenicafé* 16 (1-4): 42-54. 1965.
10. MESTRE M., A. Respuesta del café bajo sombra a la fertilización. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 231:1-4. 1996.
11. MUSCHLER R., G. Árboles en cafetales. Turrialba, CATIE, 2000. 45 p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal N° 5).
12. SIEBERT, S.F. From shade - to sun-grown perennial crops in Sulawesi, Indonesia: implications for biodiversity conservation and soil fertility. *Biodiversity and Conservation* 11(11):1889-1902. 2002.
13. TROJER, H. Influencia del transcurso del tiempo reinante sobre el cultivo del café en Chinchiná. *Revista Cafetera de Colombia* 12 (128): 4215-4227. 1956.
14. URIBE H., A. Distribución anual de la cosecha de café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 63:1-7. 1977.
15. URIBE A., H.; QUICENO H., G. Comportamiento de algunas progenies de *Coffea arabica* L., bajo diferentes condiciones de sombrío y fertilización. *Cenicafé* 9 (5-6): 121-124. 1958.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Olga Lucía Henao Lema