

EFFECTO DEL ARREGLO ESPACIAL DEL CAFÉ Y DEL SOMBRÍO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Fernando Farfán-Valencia; José Enrique Baute-Balcázar*

RESUMEN

FARFÁN V., F.; BAUTE B., J.E. Efecto del arreglo espacial del café y del sombrío sobre la producción de café. Cenicafé 60(4):313-323. 2009

En la subestación Experimental de Pueblo Bello (Cesar), zona cafetera norte de Colombia, se evaluó el efecto de tres densidades de siembra del sombrío de *Inga edulis* (78, 123 y 273 plantas/ha) sobre la producción de café var. Colombia establecido a densidades de 2.500, 5.000 y 10.000 plantas/ha. Los resultados indicaron que en sistemas agroforestales con café y con *I. edulis* como sombrío establecido a 6,0 x 6,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 91,9% y 141,6% respectivamente. Con *I. edulis* como sombrío plantado a 9,0 x 9,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 92,8% y 216,5%, respectivamente. Finalmente, con el sombrío de la misma especie pero plantado a 12,0 x 12,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 141,8% y 133,7% respectivamente. Como efecto del incremento de la densidad de siembra, se obtienen incrementos en la producción de café bajo sombrío, de tal manera que aumentando el número hasta 5.000 plantas por hectárea, se traducen en incrementos en la producción del 112,4%, y al incrementarla a 10.000 plantas/ha se obtienen aumentos en la producción del 159,0% más que con 2.500 plantas/ha.

Palabras clave: Sistema agroforestal, *Coffea arabica*, *Inga edulis*, sombrío del café.

ABSTRACT

The effect of three planting densities of *Inga edulis* shade (78, 123 and 273 plants/ha) on the production of coffee var. Colombia established at densities of 2,500, 5,000 and 10,000 plants/ha was evaluated at the experimental substation Pueblo Bello (Cesar), north of the Colombian coffee zone. The results indicated that in agroforestry systems with coffee and with *I. edulis* as shade set to 6.0 x 6.0 m, the increase in coffee planting density from 2,500 to 5,000 and 10,000 plants/ha means to increase production in 91.9% and 141.6% respectively. With *I. edulis* as shade planted at 9.0 x 9.0 m, the increase in coffee planting density of 2,500 to 5,000 and 10,000 plants/ha means to increase production in 92.8% and 216.5% respectively. Finally, with the shade of the same species but planted at 12.0 x 12.0 m, the increase in coffee planting density of 2,500 to 5,000 and 10,000 plants/ha means to increase production in 141.8% and 133.7% respectively. As an effect of increased plant density, increases in coffee production under shade are obtained. Thus, increasing the number up to 5,000 plants per hectare, results in production increases of 112.4%, and when it is increased up to 10,000 plants/ha increases in the production of more than 159.0% are obtained more than with 2,500 plants/ha.

Keywords: Agroforestry system, *Coffea arabica*, *Inga edulis*, coffee shade.

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

Tradicionalmente en Colombia, el café se ha cultivado bajo árboles de sombrío, es así como cerca del 60% del área cultivada se encuentra bajo esta modalidad (15); situación que también ha permitido el desarrollo y participación de nuestra caficultura en los mercados de cafés especiales como los orgánicos, aliados de los bosques y amigables con las aves, entre otros (6, 9, 17).

La inclusión de árboles de sombra en el café es controversial y la decisión de cultivar el café con árboles de sombrío depende de muchos factores, entre los que cabe mencionar: las características del suelo, relieve, susceptibilidad a la erosión, profundidad, fertilidad natural (3, 4) y las condiciones climáticas. Son diversas las ventajas y desventajas que los árboles de sombra tienen sobre el café; entre las ventajas se puede citar que los árboles facilitan el manejo del cultivo, por ejemplo, en el control de arvenses, además los árboles tienen efecto benéfico en el ciclo hidrológico, protegen el cultivo de plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas, y contribuyen al mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Las desventajas indican que los árboles del sombrío reducen la producción del café; es así como demasiada sombra puede promover el desarrollo de patógenos, la caída de ramas y hojas pueden afectar el cultivo, pueden tener efectos detrimentales en el ciclo hidrológico, influyen en la reducción de la fertilidad del suelo y en el incremento de la erosión, entre otros (3, 7, 22, 24, 23, 25, 26).

En la selección y diseño de sistemas agroforestales con café se deben incluir aspectos como cuál parte de la finca se beneficia más con el asocio de árboles, identificar qué árboles se desarrollan bien en las condiciones de la finca, planificar las prácticas de manejo de los árboles seleccionados, entre otros (12). las decisiones

tomadas con esta información serán el fundamento para establecer, por ejemplo, las distancias de siembra apropiadas tanto del café como de los árboles de sombrío y las prácticas que tienen como objetivo mantener o incrementar la productividad y la calidad del producto (3, 4). El propósito de este estudio fue analizar la respuesta productiva del café cuando se varía conjuntamente su distancia de siembra y la distancia de siembra del sombrío, para contribuir al diseño de los sistemas agroforestales con café, en una región específica de la zona cafetera colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio. El estudio se localizó en la Subestación Experimental Pueblo Bello, situada en el municipio de Pueblo Bello (Cesar), zona cafetera norte de Colombia. Las características geográficas, climáticas (5) y de suelos (16) se presentan en la Tabla 1.

El Índice de Humedad del Suelo (IHS) para la Subestación Experimental Pueblo Bello se presenta en la Figura 1. El IHS muestra el comportamiento de la humedad del suelo en una región (1, 22) y varía entre 0 y 1,0. En el cultivo del café cuando se tienen valores del IHS entre 1,0 y 0,8 no hay limitaciones del crecimiento por deficiencia de agua en el suelo; con valores entre 0,8 y 0,6 la deficiencia es moderada y puede presentarse alguna limitación al crecimiento y valores inferiores a 0,6 hacen referencia a la deficiencia de agua en el suelo, lo cual puede afectar el crecimiento de la planta (1).

En los meses de febrero y marzo de 1998 se presentó un déficit hídrico de 145 mm, entre enero y febrero de 1999 el déficit fue de 202 mm, entre enero y comienzos de abril de 2000 se presentó un déficit de 364 mm, hacia finales de 2000 y abril de 2001 se presentó un otro déficit de 300 mm,

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
Temperatura (°C)	21,2	Potasio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,2
Precipitación (mm)	2.050	Calcio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	7,0
Brillo solar (horas año)	2.380	Magnesio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	2,1
Humedad relativa (%)	74,0	Ecotopo	402A
		Unidad Cartográfica	Asociación El Palmor
		Grupo taxonómico	Dystropepts
		Material Parental	Diabasa

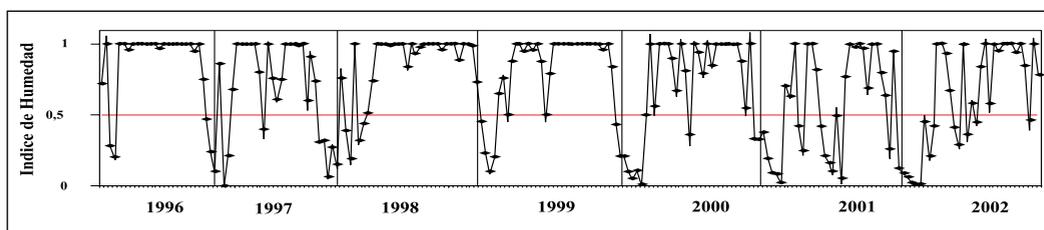


Figura 1. Índice de humedad del suelo (decadal), Subestación Experimental Pueblo Bello, 1996 a 2002. Índices por debajo de la línea roja indican deficiencias hídricas.

y finalmente, se presentaron deficiencias hídricas de 300 mm entre diciembre de 2001 y marzo de 2002 y otro de 177 mm entre junio y agosto del mismo año.

Componentes del sistemas agroforestal.

Los componentes empleados en el sistema agroforestal fueron *Inga edulis* (guamo santafereño) como componente arbóreo y café (*Coffea arabica*) c.v. Colombia.

Tratamientos y diseño experimental.

Los tratamientos estuvieron compuestos por la combinación de tres distancias de siembra del sombrío y tres distancias de siembra de café (Tabla 2). Su evaluación se hizo bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, donde el factor de bloqueo fue la pendiente del terreno.

Parcela experimental. En la Tabla 3 se describe la parcela experimental en cada tratamiento, para cada uno de los cuatro bloques del experimento.

El campo experimental ocupó una área total de 16.848 m².

Establecimiento. El estudio se inició en marzo de 1995 con el establecimiento del sombrío y en junio del mismo año se realizó la siembra del café. Durante el primer año de establecimiento todo el sistema estuvo con sombrío transitorio de higuierillo (*Ricinus communis*) y durante el segundo año con sombrío transitorio de guandul (*Cajanus cajan*).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción
1	Sombrio a 6 x 6 m y café a 1,00 x 1,00 m
2	Sombrio a 6 x 6 m y café a 1,42 x 1,42 m
3	Sombrio a 6 x 6 m y café a 2,00 x 2,00 m
4	Sombrio a 9 x 9 m y café a 1,00 x 1,00 m
5	Sombrio a 9 x 9 m y café a 1,42 x 1,42 m
6	Sombrio a 9 x 9 m y café a 2,00 x 2,00 m
7	Sombrio a 12 x 12 m y café a 1,00 x 1,00 m
8	Sombrio a 12 x 12 m y café a 1,42 x 1,42 m
9	Sombrio a 12 x 12 m y café a 2,00 x 2,00 m

Tabla 3. Área, número de plantas total y efectivas de café y número de árboles de sombrero de la parcela experimental, para cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Área de la parcela (m ²)	Plantas de café		Árboles de sombrero	D.S.S. sombrero
		Total	Efectivas		
1	144	160	48	9	278
2	144	72	24	9	278
3	144	40	24	9	278
4	324	352	80	9	123
5	324	160	48	9	123
6	324	112	48	9	123
7	576	616	168	9	70
8	576	280	80	9	70
9	576	160	48	9	70

D.S.S: Densidad de siembra del sombrero (plantas/ha)

Fertilización del café. En julio de 1995 se realizó una aplicación general de 30 g/planta de Urea y un mes después se realizó una aplicación general de 15 g/planta de MgO (Oxido de Magnesio). Posteriormente, para el plan anual de fertilización se tuvieron dos alternativas, de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos, así: 700 kg.ha⁻¹ de un fertilizante completo (17-6-18-2) ó 290 kg.ha⁻¹ de Urea + 100 kg.ha⁻¹ de DAP + 200 kg.ha⁻¹ de KCl (Cloruro de potasio). Las fertilizaciones se realizaron fraccionando 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.

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).

La evaluación de la interceptación de RFA se realizó en cada parcela experimental, también denominada unidad de medición, desde el año 1999 hasta 2002, cuando los árboles de sombrero tenían 4 hasta 7 años, respectivamente. Para medir la cantidad de RFA incidente sobre la fronda de las plantas de café se utilizó la metodología

propuesta por Farfán *et al.* (11). Cada unidad de medición se dividió en cuadrantes y se asignaron puntos de medición de acuerdo con el tamaño (Tabla 4), donde el punto de medición correspondió al sitio donde estaba ubicado el árbol de café.

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 la fronda 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 (kg) por parcela efectiva, los cuales se llevaron 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 aplicó el análisis de varianza, bajo el modelo para el diseño experimental de bloques completos al azar al 5%, con la variable producción anual de café pergamino seco y el promedio por año. Para la comparación de promedios se utilizó la prueba múltiple de promedios de Tukey, al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de cobertura arbórea. Los promedios de los porcentajes de sombra en que se desarrolló el cultivo de café con el sombrío establecido a densidades de siembra de 278, 123 y 70 árboles/ha, fueron de 88,4%, 68,9% y 27,9%, respectivamente (Figura 2).

Tabla 4. Número de cuadrantes y puntos de medición por cada parcela experimental.

Distancia de siembra del sombrió (m)	Distancia de siembra del café (m)	Número de cuadrantes	Puntos de medición
	1,0 x 1,0	4	84
6,0 x 6,0	1,42 x 1,42	4	48
	2,0 x 2,0	4	24
	1,0 x 1,0	4	192
9,0 x 9,0	1,42 x 1,42	4	88
	2,0 x 2,0	4	48
	1,0 x 1,0	4	288
12,0 x 12,0	1,42 x 1,42	4	132
	2,0 x 2,0	4	64

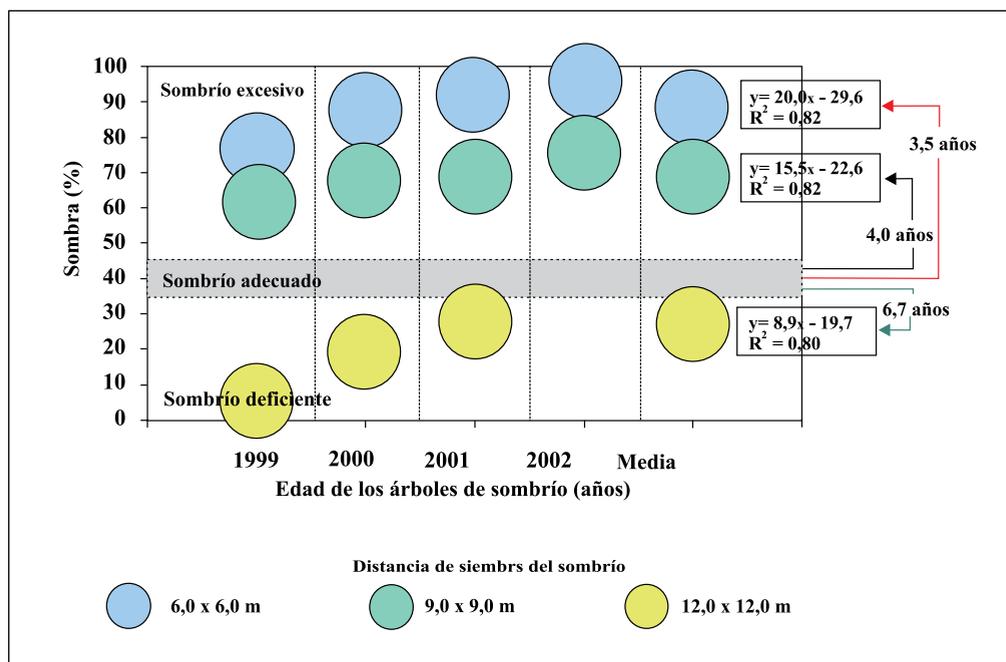


Figura 2. Promedio del porcentaje de cobertura arbórea con *Inga edulis*, a tres distancias de siembra, sobre el café establecido a 10.000, 5.000 y 2.500 plantas/ha entre 1999 a 2002.

En la zona cafetera norte de Colombia, Farfán y Mestre (13), obtuvieron que la mayor producción de café se presenta con niveles de sombra entre el 35% y 45%. Los análisis mediante regresiones lineales simples, permitieron inferir que con *Inga densiflora*, establecido a 6,0 x 6,0 m ($y = 20,0x - 29,6$) y 9,0 x 9,0 m ($y = 15,5x - 22,6$), este porcentaje de sombra se alcanzó entre los 3 y 4 años de edad de los árboles, mientras que este grado de cobertura se alcanzó a los 6,7 años de establecidos los árboles a distancias de siembra de 12,0 x 12,0 m.

Respuesta en producción del café al sombrío.

Los resultados de producción de café, entre los años 1997 al 2002, se presentan en la Tabla 5.

Sombrío a 6,0 x 6,0 m. En los años 1997, 1999 y 2002 las producciones registradas

fueron mayores con el café establecido a 1,0 x 1,0 m al compararse con la producción del café a 2,0 x 2,0 m. El promedio de la producción registrada en el ciclo de 6 años (1997-2002), fue de 2.030,0 1.612,3 y 840,2 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de café pergamino seco para las densidades de siembra del café de 10.000, 5.000 y 2.500 plantas/ha, respectivamente. Los análisis estadísticos muestran diferencias entre el promedio de la producción del café establecido a 1,0 x 1,0 m y 1,42 x 1,42 m, frente a la obtenida a 2,0 x 2,0 m, es decir, en sistemas agroforestales con café y con *I. edulis* como sombrío, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 141,6% y 91,9%, respectivamente. Romero *et al.* (24) obtuvieron valores medios de producción de 1.900 kg.ha⁻¹ de café pergamino bajo sombrío de *Inga latibracteata* (282 árboles/ha), que dieron en promedio el 77% de

Tabla 5. Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹.año⁻¹) en la Subestación Experimental Pueblo Bello. 1997 a 2002.

Año	Tratamientos								
	Sombrío a 6,0 x 6,0 m			Sombrío a 9,0 x 9,0 m			Sombrío a 12,0 x 12,0 m		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1997	3.088,8 b	2.137,5 bcd	776,3 d	3.363,8 ab	1.521,3 d	688,8 d	4.568,8 a	2.591,3 abc	715,0 d
1998	1.421,3 a	993,8 a	433,8 a	1.315,0 a	1.181,3 a	491,3 a	1.458,8 a	1.327,5 a	905,0 a
1999	3.121,3 a	2.253,8 abc	823,8 c	2.650,0 ab	2.001,3 abc	675,0 c	3.270,0 a	2.950,0 ab	1.200,0 bc
2000	1.193,8 b	1.356,3 ab	850,0 b	2.038,8 ab	1.010,0 b	827,5 b	1.653,8 ab	2.843,8 a	1.032,5 b
2001	1.515,0 bc	1.506,3 bc	1.023,8 c	2.132,5 ab	1.387,5 bc	917,5 c	2.230,0 ab	2.633,8 a	1.306,3 bc
2002	1.840,0 a	1.426,3 b	1.133,8 c	2.277,5 ab	1.297,5 b	753,8 c	1.777,5 ab	3.128,8 a	1.240,0 c
Media	2.030,0 AB	1.612,3 AB	840,2C	2.296,3 AB	1.399,8 B	725,6 C	2.493,1 C	2.579,2 A	1.066,5 C
C.V (%)	42,0	30,0	28,0	30,0	24,0	20,0	48,0	25,0	21,0

Para cada año y promedio por año, letras no comunes implican diferencia entre promedio de tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey al 5%. C.V. : Coeficiente de Variación

sombra. Estivariz y Muschler (10) obtuvieron 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%.

Sombrío a 9,0 x 9,0 m. De acuerdo con los resultados de los análisis estadísticos, en los años 1997, 1999, 2001 y 2002 las producciones registradas fueron mayores con el café establecido a 1,0 x 1,0 m, al compararse con el café establecido a 2,0 x 2,0 m. El promedio de la producción registrada, en el ciclo de 6 años (1997-2002), fue de 2.296,3; 1.399,8 y 725,6 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de café pergamino seco con densidades de siembra del café de 10.000, 5.000 y 2.500 plantas/ha, respectivamente. Los análisis estadísticos muestran diferencias entre la media de la producción del café plantado a 1,0 x 1,0 m y 1,42 x 1,42 m, frente a la obtenida a 2,0 x 2,0 m, es decir, en sistemas agroforestales con café y con *I. edulis*, como sombrío plantado a 9,0 x 9,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 y plantas/ha, significa aumentar la producción en 92,8% y 216,5%, respectivamente. Lagemann y Heuveldop (19) reportan producciones de 1.690 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco, de la variedad Caturra con una densidad de 4.465 plantas/ha y con sombrío diverso de *Erythrina* sp., *Inga* sp., *Gliricidia sepium* y frutales.

Sombrío a 12,0 x 12,0 m. En los años 1997, 1999 y 2002, las producciones registradas fueron superiores con el café establecido a 1,0 x 1,0 m, en comparación con las producciones del café a 2,0 x 2,0 m. La media de la producción registrada en el ciclo de 6 años (1997-2002), fue de 2.493,1; 2.579,2 y 1.066,5 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de café pergamino seco para las densidades de siembra del café de 10.000, 5.000 y 2.500 plantas/ha, respectivamente. Se registraron diferencias entre la media de la producción del café

plantado a 1,0 x 1,0 m y 1,42 x 1,42 m, frente a la obtenida a 2,0 x 2,0 m, es decir, en sistemas agroforestales con café y con *I. edulis* como sombrío plantado a 12,0 x 12,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 141,8% y 133,7%, respectivamente. En sistemas agroforestales con café var. Catuai (con 4.000 plantas/ha) y árboles frutales, Matoso *et al.* (20) reportan que se reduce la producción en 370% en estos sistemas, al compararse con el café en monocultivo y 5.000 plantas/ha.

Farfán y Mestre (14) afirman que en la zona cafetera centro del país, en sistemas agroforestales con café, la máxima producción se obtiene cuando el nivel de sombra es del 45% (sombrío establecido a 12 x 12 m) y que 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 67,4%, y al ampliarla a una distancia de 12,0 x 12,0 m se aumenta la producción en 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%. En la zona cafetera norte de Colombia, en sistemas agroforestales con café, la máxima producción se obtuvo cuando el nivel de sombrío fue del 34% (sombrío de *Inga* sp. establecido a 12,0 m x 12,0 m), y modificar la distancia de siembra del sombrío de 6,0 x 6,0 m a una de 9,0 x 9,0 m significa aumentar la producción de café en 29,5% y ampliarla a una de 12,0 x 12,0 m se traduce en aumentos de la producción. 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 10,0% (13).

Análisis general. La comparación general de medias de los tratamientos indica que las mayores producciones se registran con el sombrío establecido a 12,0 x 12,0 m

y densidades de café de 10.000 y 5.000 plantas/ha (2.493,1 y 2.579,1 kg.ha⁻¹ de c.p.s.); no obstante, las producciones con el sombrío establecido a 6,0 x 6,0 m y el café a 10.000 y 5.000 plantas/ha y sombrío a 9,0 x 9,0 m y café con 10.000 plantas/ha, son estadísticamente iguales a las producciones inicialmente descritas. Las producciones más bajas se obtuvieron en los sistemas agroforestales con el componente arbóreo a densidades de 278, 123 y 70 árboles/ha y café establecido a 2.500 plantas/ha en todos los sistemas.

Con el sombrío de *Inga densiflora* en una densidad de 278 árboles/ha, pueden establecerse hasta 8.500 plantas de café por hectárea. Si el sombrío, con la misma especie, está establecido con 123 árboles/

ha, pueden plantarse hasta 9.500 plantas de café por hectárea y si se tiene el sombrío establecido con 70 árboles/ha, solamente pueden establecerse por hectárea 8.000 plantas de café. De otro modo, si el café está establecido con 10.000 y 5.000 plantas/ha, sólo deben establecerse 70 árboles/ha de *Inga densiflora*, porque es bajo estos arreglos cuando se obtienen las mayores producciones. Con bajas densidades de siembra del café es similar la producción bajo cualquiera de las distancias de siembra del sombrío evaluadas (Figura 3). Estas estimaciones se realizaron solo para la Subestación Experimental Pueblo Bello (Cesar), bajo las condiciones de clima imperantes durante el tiempo de evaluaciones y con las características de suelo en las que se estableció el estudio.

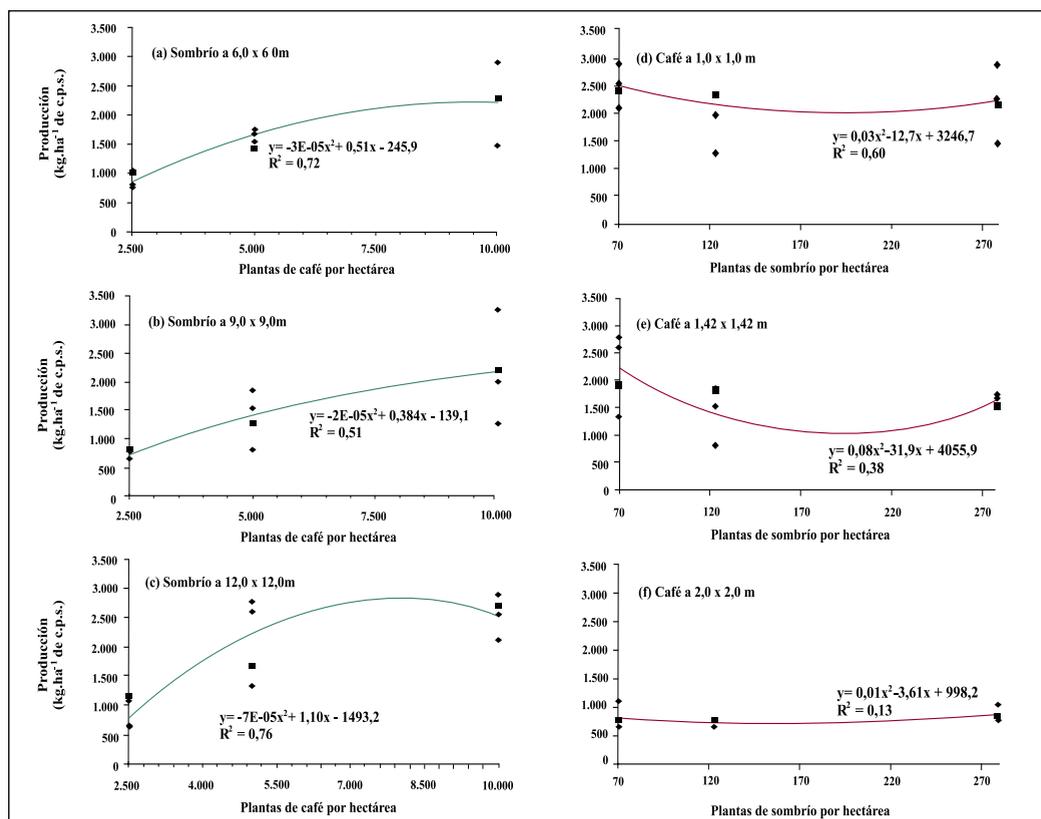


Figura 3. Producción del café ante la variación conjunta de su densidad de siembra y la densidad de siembra del sombrío de *Inga densiflora*, en la Subestación Experimental Pueblo Bello (Cesar).

En un SAF con café (var. Catuai) establecido con 1.923 plantas/ha y sombrío de *Grevillea robusta*, plantada desde 0 hasta 119 árboles/ha, Baggio *et al.* (2) encontraron que las densidades de siembra de 26, 34 y 48 árboles/ha, no tienen efecto sobre la producción de café, mientras que con 119 árboles de sombrío por hectárea se reduce la producción en cerca del 18%, en comparación con el café a libre exposición solar. Pero en condiciones subóptimas, Muschler (21) encontró que el sombrío tiene un efecto benéfico sobre el tamaño del fruto, es así como con sombrío de *Erythrina poeppigiana* se incrementa el tamaño del fruto en un 80% comparado con los frutos obtenidos en monocultivo. Derlefsen (8) indica reducciones hasta de un 50% en producción de café al aumentar la densidad de siembra del sombrío de *C. alliodora* (114 a 344 árboles/ha) comparada con la obtenida en café a libre exposición.

Finalmente, se puede considerar que en la Subestación Experimental de Pueblo Bello, los resultados muestran que en sistemas agroforestales con café y con *I. Edulis*, como sombrío establecido a 6,0 x 6,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significó aumentar la producción en 91,9% y 141,6%, respectivamente.

Con *I. edulis* como sombrío plantado a 9,0 x 9,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 92,8% y 216,5%, respectivamente. Con el sombrío de la misma especie, pero plantado a 12,0 x 12,0 m, el incremento en la densidad de siembra del café de 2.500 a 5.000 y 10.000 plantas/ha, significa aumentar la producción en 141,8% y 133,7%, respectivamente.

Como efecto del incremento de la densidad de siembra se obtienen incrementos sustanciales

en la producción de café bajo sombrío, es decir, aumentar el número de plantas por hectárea hasta 5.000 se traducen en incrementos en la producción del 112,4%, e incrementarla a 10.000 plantas/ha se obtienen aumentos en la producción del 159,0% más que con 2.500 plantas/ha.

LITERATURA CITADA

1. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Chinchiná : Cenicafé, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 311).
2. BAGGIO, A.J.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLO, A., FILHO; MONTOYA, L. Productivity of southern brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. *Agroforestry systems* 37:111-120, 1997.
3. BEER, J.W. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry systems* 5(1):3-13. 1987.
4. ----. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry systems* 38:139-164. 1998.
5. CENICAFÉ. Disciplina de agroclimatología. Archivo climático 1996 a 2000.
6. CONSERVATION INTERNATIONAL. CONSUMER'S CHOICE COUNCIL. RAINFOREST ALLIANCE. SMITHSONIAN MIGRATORY BIRD CENTER. SUMMIT FOUNDATION. Conservation principles for coffee production. Conservation International. Arlington (E.U), 2001. 11 p.
7. COSTE, R. El café. Barcelona : Blume, 1975. 240 p.
8. DERLEFSEN, R.G. 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 : CATIE, 1988. 121 p. (resúmen)
9. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA. The NOP final rule : Read the national standards on organic agricultural production and handling. Washington : USDA, 2000. 120 p.
10. ESTIVARIZ, J.; MUSCHLER, R. 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. 1998.

11. FARFÁN V., F. Producción de café en sistemas agroforestales. En: Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafe-FNC, 2007. p. 161-200.
12. -----. Fertilización del café en un sistema agroforestal en la zona cafetera norte de Colombia. *Cenicafe* 55(3):232-245. 2004.
13. -----. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafe* 55(2):161-174. 2004.
14. -----. Desarrollo de una metodología para medir sombrero en sistemas agroforestales con café. *Cenicafe* 54(1):24-34. 2003.
15. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Estadísticas cafeteras : Informe final. Bogotá : FEDERACAFÉ, 1997. 50 p.
16. -----. Caracterización agroecológica del ecotopo y de los lotes para análisis de producción : Ecotopo 402. Bogotá : FEDERACAFÉ, 1996. No. total de Págs.
17. SMITHSONIAN MIGRATORY BIRD CENTER. Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización de café "Bird Friendly®", certificado orgánico bajo sombra. En: Memorias del taller "Café bajo sombra". (enero 24 al 26 2001 : Bucaramanga). 19 p.
18. KAMAU, I.N. Effects of cultural practices on the quality of Kenya coffee: Effects of napier grass mulch and nitrogen fertilizers on the quality of arabica coffee in Kenya. *Kenya coffee* 41(487):361-375. 1976.
19. LAGEMANN, J.; HEUVELDOP, J. Characterization and evaluation of agroforestry systems: The case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry systems* 1:101-115. 1983.
20. MATOSO C., M.; SILVA S., R.H.; DE FREITAS, G.B.; MARTINEZ P., H.E.; RIBEIRO G., S.L.; FINGER, L.F. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry systems* 63:75-82, 2004.
21. MUSCHLER, R.G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry systems* 85:131-139, 2001.
22. OROZCO, C.F.J.; JARAMILLO, R.A. Comportamiento de introducciones de *Coffea* sometidas a condiciones de déficit de humedad en el suelo. *Cenicafe* 29(3):61-93. 1978.
23. RAMÍREZ M., L.G. Producción de café bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de Poró. En: SIMPOSIO sobre caficultura latinoamericana. (16 : Octubre 25-29 1993 : Managua). Tegucigalpa : CONCAFÉ : IICA, 1995. p. v.
24. ROMERO A., Y.; SOTO P., L.; GARCÍA B., L.; BARRERA G., J.F. Coffee yields and soil nutrients under the shades of *Inga* sp. vs. multiple species in Chiapas, Mexico. *Agroforestry systems* 54(3):215-224. 2002.
25. SÁNCHEZ, O.J.F. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Turrialba : CATIE, 1989. 195p.
26. VAZ, J.T. Sombreamento e fertilizacao do cafezal. *Gazeta agrícola de Angola* 12(2):100-103. 1967.