

COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* COMO SOMBRÍO E INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ

Fernando Farfán-Valencia*; Jhon Byron Urrego**

RESUMEN

FARFÁN V., F.; URREGO, J. B. Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrío e influencia en la productividad del café. *Cenicafé* 55(4):317-329.2004

En la zona cafetera central de Colombia, se evaluaron tres especies forestales: *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, como componentes de un sistema agroforestal con café. Las especies arbóreas se plantaron a 6,0 x 6,0m (278 plantas/ha) y el café se estableció a 1,5 x 1,5m (4.444 plantas/ha). Los resultados obtenidos permiten concluir que en la zona centro del país en condiciones óptimas para el desarrollo del cafeto, la producción está determinada por el grado de sombrío de los sistemas agroforestales. Si los niveles de sombrío son superiores al 60% (*Cordia alliodora*) ocurre una reducción en la producción del 39,0% comparada con el cafetal a libre exposición solar. Si el grado de sombra disminuye a niveles inferiores al 60% (*P. oocarpa* y *E. grandis*), la producción se reduce 15,5% en comparación con la producción en el monocultivo. Los coeficientes de correlación entre el porcentaje de cobertura de *C. alliodora* ($r=-0,30$) y *P. oocarpa* ($r=-0,98$), y la producción media del café, indican una relación lineal negativa entre estas dos variables, por tanto, si el nivel de sombrío aumenta disminuye la productividad del café. Entre el porcentaje de sombra de *E. grandis* y la productividad del café, el coeficiente de correlación, 0,06; indica que no hubo relación del sombrío y la productividad del café.

Palabras Clave: Sistema agroforestal, *Coffea arabica*, variedad Colombia, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa*, *Eucalyptus grandis*, sombrío, zona cafetera central colombiana.

ABSTRACT

In the central colombian coffee zone, the behavior and effect on coffee yield of three forestall species: *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* and *Eucalyptus grandis* as components of an agroforestry system with coffee were evaluated. The tree species were planted at 6.0m x 6.0m (278 trees/ha) and the coffee was established at 1.5m x 1.5m (4.444 trees/ha). The results obtained allow to conclude that under optimal conditions for the coffee plants development in the central zone of the country, the production is determined by the shading degree of the agroforestry systems. When shading was above 60% (*Cordia alliodora*) yield was reduced in 39.0% when compared to that of sun grown coffee. If shading was below 60% (*P. oocarpa* and *E. grandis*), yielding was reduced 15.5% when compared to the production of a single crop production. The correlation coefficients between the percentage of shade of *Cordia alliodora* ($r = -0.30$) and *Pinus oocarpa* ($r = -0.98$), and mean coffee yield, indicate a lineal negative relationship among these variables, therefore, the bigger the shading the smaller the yielding. The correlation coefficient ($r = 0.06$) between the percentage of shade of *E. grandis* and coffee yielding under this shelter indicates no relationship between the degree of shading and coffee yielding.

Keywords: Agroforestry systems, *Coffea arabica*, Colombia variety, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa*, *Eucalyptus grandis*, shading, central colombian coffee zone.

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

** Ingeniero Forestal. división de investigaciones. Smurfit Cartón de Colombia-SCC. Cali, Valle, Colombia.

En diversas partes del mundo es evidente una gran variedad de modalidades del cultivo del café determinadas posiblemente por las condiciones agroecológicas prevalecientes. Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de cultivo, monocultivo y sistemas agroforestales -asociaciones deliberadas o sistemáticas de árboles con cultivos perennes (9).

En Colombia el café se establece a plena exposición solar o con varios tipos y cantidades de sombra, dadas las diversas condiciones climáticas y de suelo. 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 nutrientes y aportan gran cantidad de materia orgánica (7), entre otros. Las especies comúnmente empleadas como componente arbóreo de los sistemas agroforestales con café son de la familia Leguminosae, especialmente *Inga* sp., *Albizia* sp., *Erythrina* sp., y *Leucaena* sp. (15).

El Manual del Cafetero Colombiano (15), dice que cuando se selecciona un buen sombrío debe utilizarse la especie mas recomendada para cada región, o especies que por deposición y descomposición del material vegetal en el suelo, aumenten permanentemente el mulch y la materia orgánica, manteniendo el reciclaje de nutrientes. También especies que ramifiquen ampliamente, de crecimiento rápido y larga vida, y cuyo sistema radical no sea superficial o que no ramifique en la misma zona que lo hacen las raíces del cafeto. Por último, especies que no compitan, en lo posible, con el cafeto por agua y nutrientes.

Existen numerosos estudios que confirman las bondades de diversas especies como deseables para el sombrío del café (2, 5, 6, 7,

18, 21, 23), pero muy poco o nada se sabe de las características y el potencial que especies forestales usadas en plantaciones comerciales, tienen para el mismo propósito. Son muchas las especulaciones sobre los efectos que tendría en los cafetales la utilización de forestales como sombrío; entre las que se destacan: utilizan toda el agua del suelo, acidifican el suelo y lo esterilizan, causan erosión, la hojarasca de estos árboles posee sustancias nocivas para la fauna edáfica y la biodiversidad, entre otras. El efecto de las diferentes interacciones entre los árboles de sombra y el café depende de las condiciones del sitio (suelo/clima), la selección del genotipo (especie/variedad/procedencia); aspectos muy relevantes al momento de establecer el sistema, dado que sus resultados pueden conducir a una productividad más baja, si se compara con el monocultivo; por tanto, es necesario ajustar la tecnología para mejorarla.

Con el propósito de estudiar cómo interactúan los componentes de un sistema agroforestal, café-especies forestales, Cenicafé y Smurfit Cartón de Colombia -SCC-, establecieron un estudio que permitiera comparar el comportamiento de tres especies forestales como sombrío y sus efectos en la producción del café. La especies empleadas fueron: Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) especie de amplio uso y aceptación como sombrío en café, Eucalipto (*Eucalyptus grandis*) y Pino (*Pinus oocarpa*), dos especies introducidas y de amplio uso en programas de reforestación comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se estableció en la Subestación Experimental Paraguaicito, situada en el municipio de Buenavista, departamento del Quindío. Las características geográficas, climáticas (10) y de suelos (16), se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características climáticas y de suelos de la Subestación experimental Paraguaicito, municipio de Buenavista, Quindío, Colombia

Localización geográfica		Características del suelo	
Latitud Norte	04° 23'	pH	5,7
Longitud Oeste	75° 44'	Materia Orgánica (%)	6,7
Altitud (m)	1.250	Nitrógeno (%)	0,28
Características climáticas			
Temperatura media (°C)	21,6	Fósforo (ppm)	2,5
Temperatura máxima (°C)	28,1	Potasio (meq/100g)	0,78
Temperatura mínima (°C)	16,9	Calcio (meq/100g)	2,90
Precipitación, (mm)	2.120	Magnesio (meq/100 g)	1,08
Brillo Solar (horas año)	1.800	Ecotopo	211A
Humedad Relativa (%)	78%	Unidad cartográfica	Consociación Montenegro
		Grupo taxonómico	Typic Hapludands
		Material parental	Cenizas Volcánicas

Componentes del sistema agroforestal. El componente principal del sistema fue café, *Coffea arabica* cv. Colombia. Como componentes forestales se emplearon las especies nogal cafetero (*Cordia alliodora*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*) y pino (*Pinus oocarpa*).

Descripción de las especies forestales.

***Cordia alliodora*, (Ruiz y Pavón) Oken. N.V. Nogal cafetero.** Árbol de tamaño mediano a grande, alcanza alturas superiores a los 30m, fuste de 50 a 60cm de diámetro, recto y limpio de ramas en un 60-70%. La copa es estrecha y subpiramidal, con ramificaciones por pisos que se van secando a medida que aumenta la altura. Las raíces son amplias y profundas, bien desarrolladas; en suelos ricos y profundos, desarrolla una raíz pivotante, pero en suelos superficiales o con regular drenaje, son ramificadas. En Colombia, el nogal se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1.900m en climas húmedos y muy húmedos. Es común en la zona cafetera, sur de la Costa Pacífica, Magdalena Medio, Nordeste del Chocó, Caquetá y Arauca. Aunque crece en climas secos tropicales se desarrolla en los húmedos de 1.500 a 3.000mm de

lluvia al año y con temperaturas entre 18 y 25°C.

El nogal es una especie promisoría para plantar en sistemas agroforestales, por tener una copa estrecha, rápido crecimiento, poda natural y producir madera de calidad para las industrias del mueble y la ebanistería. Se planta en arreglos agroforestales bajo tres modalidades: a) en arreglos agroforestales permanentes, como en el caso del asocio con café o cacao; b) en arreglos agroforestales temporales (tipo Taungya), cuando se combina con cultivos agrícolas anuales o semiperennes (maíz, yuca, plátano, banano, caña y arroz, entre otros); c) en plantaciones en línea (linderos), para delimitar cultivos como café, práctica común en algunas regiones cafeteras (11,15).

***Pinus oocarpa*, (Schiede). N.V. Pino.** Árbol monoico que alcanza alturas de 45m, se descortezan en largas bandas irregulares, escamosas de color rojizo oscuro a grisáceo. Se distribuye naturalmente desde los 28°N en el Noroeste de México hasta los 12°N. Su rango altitudinal varía entre los 600 y 1.200m, con precipitaciones mínimas anuales de 650mm y una época seca de 5 a 6 meses, con temperaturas de 13 a 23°C.

En condiciones naturales se encuentra creciendo sobre suelos erosionados, arenosos, bien drenados, ácidos a neutros (pH de 4,5 a 6,8), de baja fertilidad, derivados de materiales de origen volcánico. La madera presenta una ligera diferencia entre albura y duramen café pálido. Textura fina, con brillo de mediano a alto, vetado pronunciado, con anillos de crecimiento visibles. Es utilizado en construcción, muebles, ebanistería, molduras, paredes interiores, artesanías y para pulpa y papel (11). En Brasil es común el empleo de *Pinus* sp. como barreras rompevientos en café (8) y en Malasia se utiliza *Pinus merkusii* como componente arbóreo en sistemas agroforestales permanentes con café (22).

***Eucalyptus grandis*. (Hill ex Maiden) N.V. Eucalipto.** Árbol que puede alcanzar grandes dimensiones, entre 25 a 50m, de tronco grueso y corteza caduca de color claro, desprendible en placas alargadas. Las hojas son alternas y horizontales o colgantes. Sus flores son blancas y crecen en grupos. El fruto o cápsula es de forma cónica, con gran cantidad de semillas muy pequeñas. El eucalipto tiene la particularidad de producir brotes indefinidos y yemas desnudas, lo que le permite crecer continuamente y producir nuevos órdenes de ramas mientras subsisten las condiciones favorables para su desarrollo.

Es muy utilizado en el establecimiento de cercos vivos, los que se siembran en líneas como linderos y división de potreros, cortinas o barreras rompevientos con la finalidad de proteger los suelos, los cultivos y los pastizales. *E. grandis* se ha probado en combinación con café en la modalidad de sombrío productivo. Aunque esta práctica ha sido a nivel experimental, tiene buenas posibilidades de ser extendida entre los caficultores. Es utilizada como ornamental, sombra, cortinas rompevientos y cerco vivo (11). En Costa Rica se registra el empleo de *Eucalyptus deglupta* como componente arbóreo en sistemas agroforestales con café (2).

Clasificación del sistema agroforestal. El sistema en estudio se clasifica como un Sistema Agroforestal Simultáneo, subclasificado como “árboles en asociación con cultivos perennes” (9). A esta categoría pertenecen todas las combinaciones de árboles y cultivos perennes en que el componente arbóreo crea un piso superior y cubre los cultivos. La cubierta del árbol puede ser muy abierta, como en algunas boscosas o casi cerradas, como los árboles de sombra de algunas plantaciones de café o de cacao. Las plantaciones intensivas comerciales en asociación con árboles de usos múltiples también pertenecen a la misma categoría de cultivos bajo cubierta arbórea. Uno de los casos mas conocidos es el café cultivado con sombra de *Erythrina* sp., *Inga* sp., *Cordia alliodora*, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos y Diseño Experimental. Los tratamientos, 4 en total, fueron: I) café a libre exposición; II) café con sombrío de nogal; III) café con sombrío de pino y IV) café con sombrío de eucalipto. Se empleó un modelo de análisis para el diseño de bloques al azar y cuatro replicaciones, donde el factor de bloqueamiento fue la pendiente del terreno. La unidad experimental fue la parcela, y las características de éstas se presentan en la Tabla 2.

Entre cada parcela y cada bloque se dejaron franjas de 6,0m de ancho para reducir el efecto de la sombra proyectada por los árboles de sombrío; así, el área total del campo experimental fue de 2,0ha.

Establecimiento. El estudio se inició en 1994 con el establecimiento de las especies forestales y un año después (octubre de 1995), se estableció el café. Esto se hizo con el objeto de reducir el efecto de la interacción temperatura y precipitación y el crecimiento diferencial que tendrían las especies de sombrío. Dos

Tabla 2. Características de las unidades experimentales.

Características	Sistema de cultivo del café	
	Libre exposición	Agroforestal
Area de la parcela (m ²)	900	900
Distancia de siembra del café (m)	1,5 X 1,5	1,5 X 1,5
Densidad de siembra del café (Plantas/ha)	4.500	4.500
Plantas de café por parcela	405	405
Plantas efectivas de café por parcela	273	273
Distancia de siembra de la especie forestal (m)		6,0 X 6,0
Densidad de siembra del sombrío (árboles/ha)		278
Árboles totales por parcela		36
Árboles efectivos de especies forestales por parcela		16

semanas después del establecimiento se realizaron inventarios de supervivencia y se repusieron las plantas faltantes, varias reposiciones fueron necesarias en las parcelas de pino y de eucalipto para sustituir los árboles defoliados por la hormiga arriera (*Atta cephalotes*). Las plantas de café fueron producidas en la Subestación Experimental Paraguaicito y las de las especies forestales se produjeron en el vivero de Smurfit – Cartón de Colombia en el municipio de Restrepo (Valle del Cauca).

Fertilización de las especies forestales. Al momento de plantar las especies de sombra se aplicaron 70g de NPK en formulación 15-38-10 al fondo del hoyo, y no se realizaron posteriores fertilizaciones.

Fertilización del café. Tres meses después de establecido el café se realizó una aplicación de Nitrógeno en forma de urea en dosis de 20g/planta, 6 meses después se realizó una segunda aplicación del mismo fertilizante en dosis de 30g/planta. El plan anual de fertilización fue el recomendado en el análisis de suelos: 700kg/ha/año del fertilizante completo 17-6-18-2. Las fertilizaciones se realizaron fraccionando las dosis recomendadas 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.

VARIABLES EVALUADAS

Índice de Humedad del Suelo (IHS). El comportamiento de la humedad del suelo en una región se puede conocer mediante un Índice de Humedad del Suelo (IHS), el cual se obtiene dividiendo la evapotranspiración real entre la evapotranspiración potencial, cantidades que se estiman de la contabilidad de entradas y salidas denominado balance hídrico (19). El IHS, varía entre 0 y 1,0 y permite conocer cómo cambia la humedad del suelo en una localidad y determinar si los niveles son adecuados o no para el crecimiento y desarrollo del cultivo en su ciclo total o para una fase determinada de desarrollo, por ejemplo para el crecimiento del fruto. Se considera que para 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; entre 0,8 y 0,6 la deficiencia es moderada y puede presentarse alguna limitación del crecimiento; para valores inferiores a 0,6 ocurre deficiencia de agua en el suelo que de prolongarse por mucho tiempo afecta el crecimiento de la planta (4).

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). La evaluación de la interceptación de RFA se realizó en cada unidad experimental, también denominada unidad de medición, en los años 1998 y 2001, cuando los árboles de sombrío tenían 4 hasta

los 7 años, respectivamente. Para medir la cantidad de RFA incidente sobre la fronda de las plantas de café se aplicó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (14). 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 está ubicado un árbol de café. Unidades de medición con el componente arbóreo a 6,0 x 6,0m estaban compuestas de 16 cuadrantes y 25 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 colocó por encima de la planta de café (punto de medición) efectuando mediciones instantáneas. Para las mediciones de la RAF 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. En los años 2000 y 2001 se siguió el procedimiento descrito pero los equipos empleados para las mediciones internas y externas de RFA sobre el café y el componente arbóreo fueron dos Ceptometros Delta T Devices. Las mediciones se realizaron entre las 11:00 y 13:00 horas.

Producción del café. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones mensuales en kilos de café cereza por parcela entre 1997 y 2002, los registros fueron transformados a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando un factor de conversión 5:1 (5,0kg

de café cereza para obtener 1,0kg de café pergamino seco, con 11,5% de humedad).

Distribución anual de la cosecha. El conocimiento de la distribución anual de la cosecha del café posee un interés de carácter económico, ya que identificando los períodos de mayor o menor producción o las épocas de mayor o menor concentración de la cosecha, se puede hacer un uso racional de los recursos económicos, permitiendo realizar una adecuada programación de las labores del cultivo a realizar; esta distribución varía de acuerdo a las regiones de producción de café (1, 27).

Análisis de la información. Con la variable producción se realizó un análisis de frecuencia por año y por tratamiento, estadística descriptiva, pruebas de contraste entre bloques y pruebas de comparación entre las producciones medias de los tratamientos empleando la prueba de Tukey al 5%. Esta información se analizó estadísticamente mediante programación en SAS de acuerdo al diseño experimental propuesto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Humedad del Suelo (IHS). La región central de Colombia -latitudes entre 3° y 7° Norte- presenta dos períodos lluviosos: marzo-junio y septiembre-diciembre, y dos períodos menos lluviosos: enero-febrero y julio-agosto (19). En la Figura 1 se presenta el balance hídrico para la Subestación Experimental Paraguaicito. En esta localidad hubo un período seco marcado entre julio y agosto de 1997 y otro de diciembre de 1997 a enero de 1998, período seco coincidente con el Evento Cálido del Pacífico ocurrido en este año; los índices de ocurrencia de ese fenómeno registran su inicio en marzo de 1997 hasta abril de 1998¹; resultando ser el evento más fuerte registrado

¹ National Oceanic and Atmospheric Administration -NOAA-. www.noaa.gov/climate.html

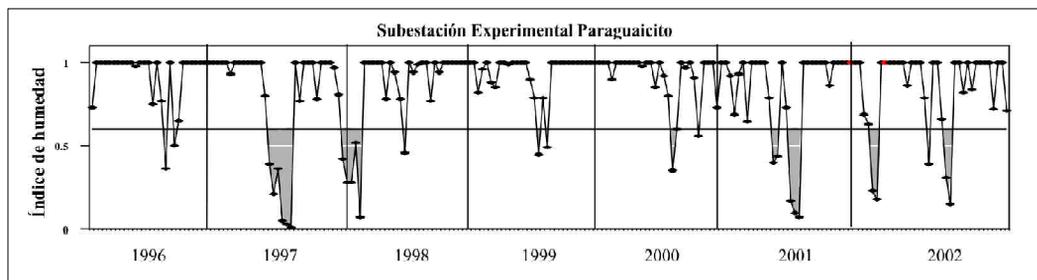


Figura 1. Índice de Humedad del Suelo, Subestación Experimental Paraguaicito 1996–2002, el área sombreada indica deficiencia hídrica.

en los últimos 100 años. En 2001 se presentó un período seco en el mes de agosto y dos períodos secos uno en febrero y otro en agosto en el año 2002. Se registró buena disponibilidad de agua entre los meses de febrero de 1998 y agosto de 2000; los índices de ocurrencia del Evento Frío del Pacífico según el NOAA, tienen su comienzo en mayo de 1998 hasta marzo de 2000.

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). El porcentaje de interceptación de RFA registrado en cada uno de los sistemas agroforestales evaluados en el período 1998 a 2001 fluctuó entre el 61,0 y el 75,7% con *Cordia alliodora* (Figura 2a); entre el 29,3 y el 69% con *Pinus oocarpa* (Figura 2b) y entre el 58,7 y el 58,5% con *Eucalyptus grandis* (Figura 2c).

El coeficiente de correlación ($r = -0,30$) entre el porcentaje de cobertura de *Cordia alliodora* (61,0, 63,2, 64,8 y 75,7%) y la producción media del café registrada (1.816,2; 1.584,7; 1.347,8 y 1.633,8kg de cps/ha) indica una relación lineal negativa entre estas dos variables, es decir, si el nivel de sombreado aumenta, disminuye la producción. Vaz (28), dice que la incidencia de la luz en la producción de café es sustancial y se debe mantener en límites razonables no mayores al 50%.

El coeficiente de correlación ($r = -0,98$) entre el porcentaje de sombreado de *Pinus oocarpa*

(29,3, 47,0, 71,9 y 69,1%) y la producción del café registrada (3.042,3; 2.198,9; 1.670,5 y 1.662,9kg de cps/ha), indica una relación lineal negativa entre estas dos variables, si el nivel de sombreado aumenta o disminuye, disminuye o aumenta la producción de café. La interpretación RFA por *P. oocarpa* fue muy variable durante los 4 años evaluados (Figura 2b). Beer *et al.* (5) indican que existe un efecto negativo directo entre el incremento en la cobertura de los árboles de sombra y la producción de café.

El coeficiente de correlación ($r = 0,06$) entre el porcentaje de sombreado de *Eucalyptus grandis* (58,7, 62,5, 56,9 y 58,5%) y la producción del café registrada (2.980,3; 2.047,0; 1.704,0 y 2.047,0kg de cps/ha), indica que no hubo una relación positiva o negativa del sombrero sobre el aumento o disminución de la producción de café; el nivel de sombreado con eucalipto fue constante debido a su poca variabilidad en su crecimiento, arquitectura, etc; en el periodo evaluado (Figura 2c). Anderson y Sinclair (3), de sus estudios sobre interacciones ecológicas en sistemas agroforestales, informan que una especie arbórea de sombra puede incrementar, disminuir o no tener efecto alguno sobre la productividad del cultivo asociado.

Respuesta en producción del café. Los resultados de producción de café (kg de café

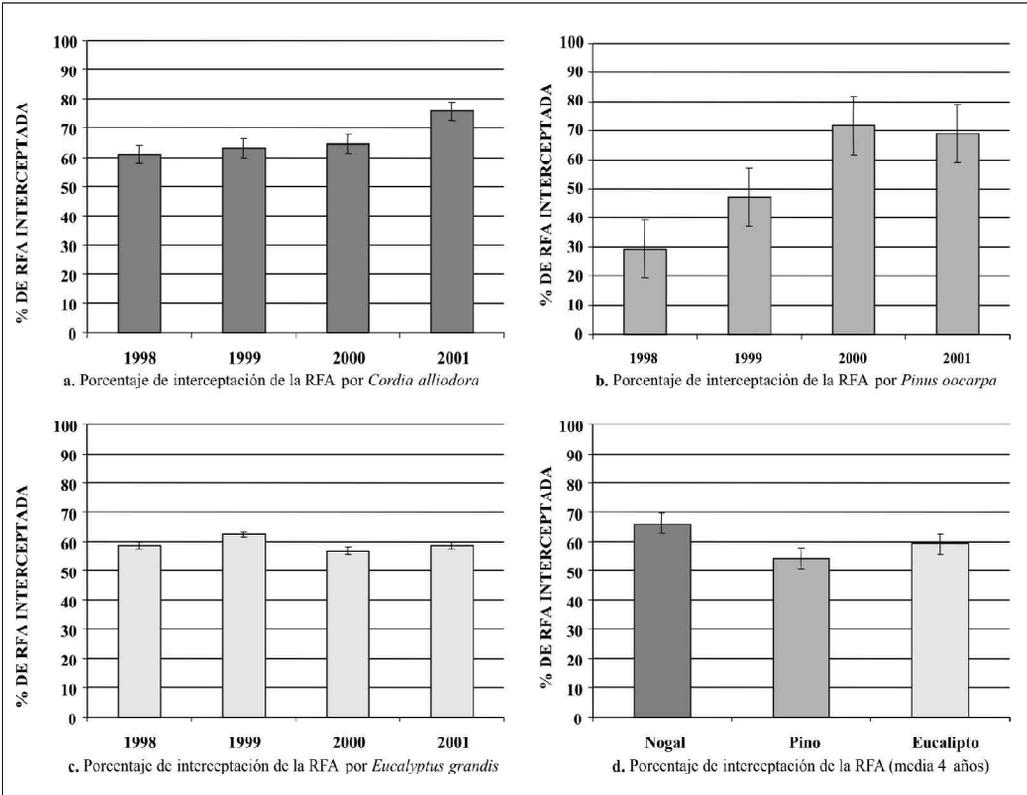


Figura 2. Porcentaje de Interceptación de Radiación Fotosintéticamente Activa (RAF) de las especies forestales empleadas como sombrío en café.

pergamino seco/ha) se presentan en la Tabla 3 y en la Figura 3.

Los resultados de los análisis estadísticos y las pruebas de comparación realizadas (Duncan al 5%) a las producciones de café registradas en los años 1997 y 1998 bajo los diferentes sistemas de cultivo, a libre exposición y con sombrío de las tres especies forestales, no indicaron diferencias estadísticas entre ellas. No obstante este resultado estadístico, en 1998 la producción media de café bajo sombrío de pino y eucalipto fue 28,9% superior a la producción registrada en café a libre exposición.

En 1999 y 2000 hubo diferencia estadística (según la prueba Duncan al 5%) entre la pro-

ducción obtenida en café a libre exposición solar (Tratamiento 1) y café bajo sombrío de nogal; estas diferencias en producción fueron 46,2 y 35,7% mayor en café a libre exposición en los años 1999 y 2000, respectivamente; los resultados reportados por Derlefsen (12), indican 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; y Glover (17), obtuvo que con aumentos en el nivel de sombreado de *Erythrina* sp. y *Cordia alliodora*, al incrementar el número de plantas/ha (de 252 a 475) se reduce la producción de café en un 22%, comparada con la producción en bajos niveles de sombra y una sola especie (252 plan-

Tabla 3. Producción, kg de café pergamino seco/ha/año, 1997–2002. Subestación Experimental Paraguaicito.

TTO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	MEDIA
1	503,4 a	2334,7 a	2943,3 a	2096,4 a	3089,9 a	1900,1 a	2193,5 a
2	303,1 a	1816,2 a	1584,7 b	1347,8 b	1633,8 b	644,4 b	1337,1 b
3	625,8 a	3042,3 a	2198,9 ab	1670,5 ab	1662,9 b	986,8 b	1840,1 ab
4	468,7 a	2980,3 a	2047,0 ab	1704,0 ab	21 29,4 b	927,1 b	1865,9 ab

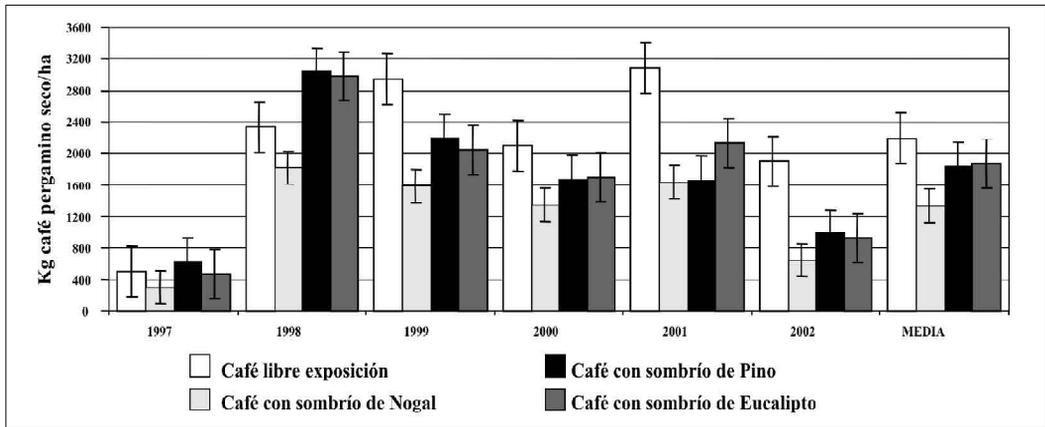


Figura 3. Producción, kg de café pergamino seco/ha/año, 1997–2002. Subestación Experimental Paraguaicito (Quindío).

tas/ha de *Erythrina* sp.). No hubo diferencia estadística entre la producción registrada en el café cultivado a libre exposición y el cultivado bajo sombrío de pino y eucalipto (Tratamientos 3 y 4), tampoco fue evidente esta diferencia al confrontar la producción obtenida bajo los tres tipos de sombrío.

En los años 2001 y 2002 no se presentan diferencias significativas en la producción de café registrada bajo los tres componentes arbóreos (Tratamientos 2, 3 y 4) de acuerdo a las pruebas de comparación (Duncan al 5%). Hay diferencia estadística al comparar estos tres tratamientos con la producción obtenida en café a libre exposición (Tratamiento 1). En el año 2001 la producción a libre exposición fue 47,1% superior a la producción registrada bajo sombrío de nogal, 46,2% mayor que la obtenida bajo sombrío de pino y 31,2% superior al obtenida con eucalipto. En el año 2002

estas diferencias fueron 66,1% superiores a las obtenidas en café bajo sombrío de nogal, 48,1% frente a la obtenida con pino y 51,2% a la registrada bajo eucalipto. Beer *et al.* (6), 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), atribuyen esta reducción al alto y permanente grado de sombreamiento suministrado por el nogal. Una forma de regular la entrada de luz al café es mediante podas fuertes del sombrío, ya que permite entrada de luz entre el 85 % y el 90% (26).

El crecimiento y producción del cafeto se ven afectados negativamente cuando el porcentaje de sombra en la planta es mayor o igual al 70% y ocurre un crecimiento normal con sombra media del 40% (5). Soto *et al.* (25), sugieren que la cobertura con árboles de sombrío

tiene un efecto positivo sobre la producción de café, si esta se mantiene entre el 23 y el 38%; la producción puede disminuir con coberturas cercanas al 50%.

Es evidente que cuando no se presentan limitantes en la disponibilidad de agua en el suelo (Figura 1, años 1999 y sucesivos) en la zona central cafetera, o con un índice de humedad del suelo por encima de 0,5, la producción se ve favorecida o es mayor en el cultivo sin cobertura arbórea; Nicholas (20), afirma que el descenso en la producción se debe a la competencia por luz y a la falta de agua disponible en el suelo cuando se cultiva café bajo especies arbóreas; y Schroth *et al.* (25), indican que dependiendo de las condiciones del sitio, la inclusión de árboles para la producción de madera en sistemas agroforestales, puede acarrear problemas por competencia de nutrientes y agua.

El análisis de la producción media de 6 cosechas de los cuatro tratamientos (2193,5; 1337,1; 1840,1; 1865,9kg de café pergamino seco/ha/año), Tukey al 5%, mostró que no hay diferencia significativa entre las producciones medias obtenidas en café bajo cobertura arbórea (tratamientos 2, 3 y 4), tampoco es evidente esta diferencia entre la producción media registrada en café a libre exposición y café bajo cobertura de pino y eucalipto. Hubo diferencia significativa entre la producción media del café a libre exposición y la producción media del café con sombrío de nogal siendo la diferencia en producción del 39,0% a favor del primero. Hernández *et al.* (18), al estudiar la producción de café var. Caturra a 2m x 2m, a libre exposición y bajo sombrío de *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana*, concluyeron que la producción de café por unidad de superficie fue mayor a libre exposición que bajo sombrío. Un aumento de 100 a 300 árboles de nogal/ha provoca una disminución del 28% en la producción de café.

Othman (22), registró incrementos hasta del 24% a favor del café (*Coffea liberica*) plantado a 3,0m x 3,0m a libre exposición, frente al cultivado a igual distancia y bajo sombrío de *Pinus mercusii* a 7,0m x 7,0m, y Estivariz y Muschler (13), 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%.

Distribución anual de la cosecha. La distribución anual de la cosecha en café a libre exposición y bajo los tres tipos de sombrío en el ciclo 1997 a 2002, se presenta en la Figura 4. En el café a libre exposición se recolecta el 32,0% de la cosecha en el primer semestre del año y el 68,0% en el segundo semestre; bajo sombrío de nogal y pino se concentra el 40,0 y el 42,0% en el primer semestre y el 60,0 y el 58,0% en el segundo; la cosecha de café bajo sombrío de eucalipto se distribuye así, 45,0% en el primer semestre del año y el 55,0% en el segundo; en esta región hay dos cosechas importantes en el año; una en abril-mayo y la otra en septiembre-diciembre, en proporciones aproximadas de 60 y 40%, respectivamente o viceversa. Estos porcentajes dependen de como ocurran los períodos secos de principio y mitad de año (19). Uribe (27), obtuvo que en estos mismos períodos (enero-junio y julio-diciembre) se concentra el 27,8 y el 72,2% de la cosecha (café variedad Caturra a libre exposición) en la Subestación Experimental Paraguaicito y Alvarado y Moreno (1), reportan para café variedad Colombia al sol concentraciones del 44,4% en el primer semestre y del 55,6 % en el segundo, en la misma localidad.

Al comparar la distribución anual de la cosecha, de los sistemas agroforestales con café y café a libre exposición, se obtiene que bajo sombrío la cosecha se distribuye así, 48% en el primer semestre del año y 52% en el segundo semestre; a libre exposición esta distribución es 32 y 68% en el primero y segundo

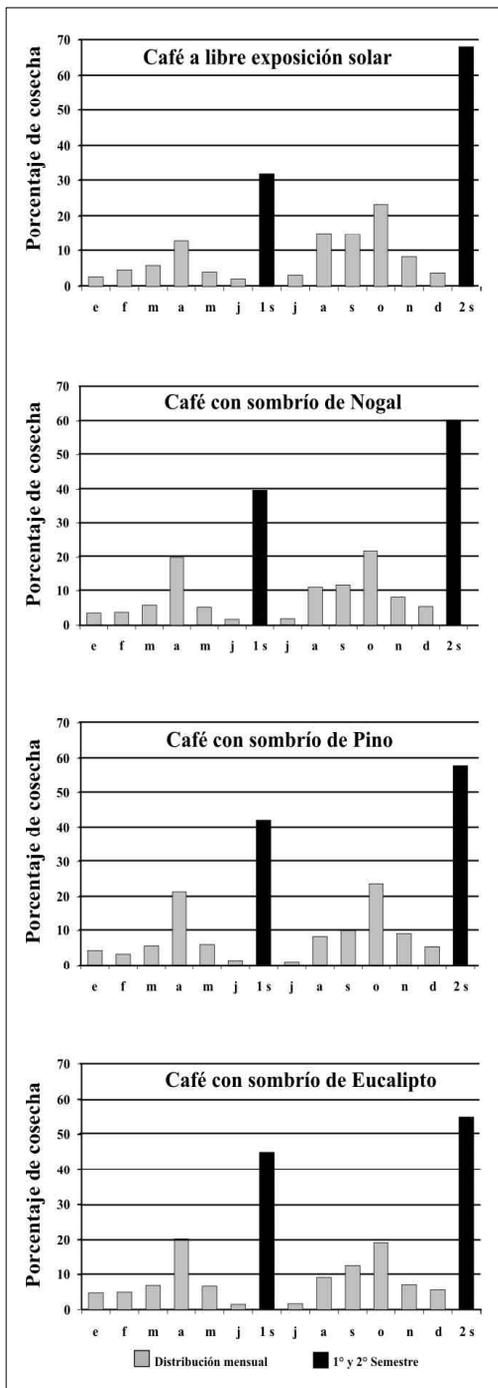


Figura 4. Distribución anual de la cosecha, 1997 a 2002, en la Subestación Experimental Paraguaicito

semestre del año; lo que permite inferir que en la zona de estudio, Subestación Experimental Paraguaicito, el sombrío influye en los patrones de distribución de la cosecha.

Los resultados obtenidos permiten concluir que en la zona centro del país y en períodos donde existe disponibilidad de agua en el suelo para el desarrollo y producción del café, el factor limitante para la producción es la radiación solar (grado de sombreado).

Con niveles de sombreado superiores al 60% como los registrados en el nogal cafetero (*Cordia alliodora*) se presenta una reducción en la producción media del 39,0% (1.337,1kg de café pergamino seco/ha/año), comparada con la obtenida en café a libre exposición solar (2.195,5kg de café pergamino seco/ha/año).

Si el nivel de sombreado disminuye por debajo del 60% como los registrados en pino (*P. oocarpa*) y eucalipto (*E. grandis*), la reducción en la producción de café con sombra de ambas especies, solo es del 15,5% (1.853,3kg de cps/ha/año), comparada con la producción media registrada en el monocultivo.

Bajo sombrío, el 48% de la cosecha se recolecta en el primer semestre del año y el 52% en el segundo; a libre exposición la cosecha se distribuye 32 y 68% en el primero y segundo semestre del año.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Esther Cecilia Montoya R. Disciplina de Biometría.

Dr. Jaime Arcila Pulgarín. Disciplina de Fitotecnia.

Funcionarios de la Subestación Experimental Paraguaicito.

Personal auxiliar de Smurfit – Cartón de Colombia.

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. AGUILAR, A.; BEER, J.; VAAST, P.; JIMENEZ, F.; STAVAR, CH.; KLEINN, CH. Desarrollo del café asociado con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* en la etapa de establecimiento. Agroforestería en las Américas 8(30). 28-31 p. 2001.
3. ANDERSON, L.S.; SINCLAIR F.L. Ecological interactions in agroforestry systems. *Agroforestry Abstracts* 6 (2): 57-91. 1993.
4. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., Á. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé No. 311:1-8. 2003.
5. BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164. 1998.
6. BEER, J. W.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J. 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*). In: Avances en la investigación forestal. San José, CATIE, 1985. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 147).
7. BEER, J.W. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5 (1): 3-13. 1987.
8. CAMARGO, A.P. DE. Quebra-ventos na prevencao da seca de ponteiros do café. Série Experimentacao Cafeeira 1 (4): 31-38. 1977.
9. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA - CATIE. SAN JOSÉ. COSTA RICA. Organización para estudios tropicales. OTS. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. San José, CATIE, 1986.
10. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Disciplina de Agroclimatología. Archivos de información climática hasta 1998. Chinchiná, Cenicafé, 1998.
11. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Base de datos Flora de Cenicafé. On line Internet. <http://www.orton.ac.cr/flora/htm>. (Consultada 05.2003).
12. DETLEFSEN, 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, IICA-CATIE, 1988. 121 p. (Tesis: Magister Science)
13. 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.
14. 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.
15. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Manual del cafetero colombiano. Bogotá, FNC, 1958. p. 200.
16. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Caracterización edáfica del Ecotopo 211A. Bogotá, FNC, 1998. |104 p.
17. GLOVER, N. Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var. Caturra shaded by *Erythrina poeppigiana* with and without *Cordia alliodora*. Turrialba, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza -CATIE, 1981. 24 p. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 17).
18. HERNÁNDEZ, G. O.; BEER, J.; PLATEN, H. VON. Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv. Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 4(13):8-13. 1997.
19. JARAMILLO R., Á. Climatología de región andina de Colombia; microclima y fenología del cultivo del café. Chinchiná, CENICAFÉ, 2000. 172 p.

20. NICHOLAS, I.D. Plantings in tropical and subtropical Areas. Agriculture, Ecosystems and Environment 22-23. 465-482. 1988.
21. ORTIZ, E.; SIMON, E. Altas densidades de plantación en caféto (*Coffea arabica* L.) bajo diferentes modalidades de sombra. Cultivos Tropicales. 14 (2-3). 1993.
22. OTHMAN, A.R. A note on intercropping of coffee with (*Araucaria hunsteinii*) and (*Pinus merkusii*) trees in Peninsular Malaysia. Journal of Tropical Forest Science 4 (2): 179-181. 1991.
23. RIBEIRO A. P. Promove-se em Monte Alegre do Sul a realizacao de programa de experiencias sobre a cultura cafeeira. Boletim da Superintendencia dos Servicos do Café 31 (348): 40 – 41. 1956
24. SCHROTH G.; LEHMANN J.; RODRIGUES M. R. L.; BARRO E.; MACÊDO J. J. V. Planta-soil interactions in multiestrat agroforestry systems in de humic tropicsa. Agroforestry Systems 53(2):85-102. 2001.
25. SOTO P., L.; PERFECTO, I.; CASTILLO H., J.; CABALLERO N., J. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. Agriculture Ecosystems and Environment 80: 61-69. 2000.
26. SYLVAIN, P.G. Agro-technical innovations in coffee cultivation. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 8. Abidjan, Novembre 28 - Décembre 3, 1977. Paris, ASIC, 1977. p. 427-438.
27. URIBE H., A. Distribución anual de la cosecha de café. Avances Técnicos Cenicafé No. 63:1-7. 1977.
28. VAZ, J.T. Sombreamento e fertilizacao do cafezal. Gazeta Agrícola de Angola 12 (2): 100-103. 1967.