

# EFFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA Y VEGETAL MUERTA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ, EN UNA LOCALIDAD DE LA ZONA CAFETERA SUR DE COLOMBIA

Fernando Farfán Valencia\*; Carlos Rodrigo Solarte Pabón\*\*

## RESUMEN

**FARFÁN V., F.; SOLARTE P., C. R. Efecto de la cobertura arbórea y vegetal muerta sobre la producción de café, en una localidad de la zona cafetera sur de Colombia. Cenicafé, 59(2):155-164.2008**

En la zona cafetera Sur de Colombia, en la localidad de El Tambo (Cauca), se evaluó en café el efecto de la aplicación de cobertura vegetal muerta (*mulch*), en dos Sistemas Agroforestales (SAF), donde los componentes arbóreos fueron *Inga densiflora* y *Erythrina poeppigiana*, plantados a distancias de 9 x 9 m (123 plantas/ha). El café se estableció a una distancia de 1,5 x 1,5 m (4.444 plantas/ha), en ambos casos. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el porcentaje promedio de interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) ejercido por *I. densiflora* y *E. poeppigiana*, en un SAF con café, en un período de seis años fue del 61,5% y 25,4%, respectivamente. No hubo diferencia estadística al cultivar café a libre exposición solar o con sombrío, y con aplicación o no de cobertura vegetal muerta (*mulch*), es decir, el *mulch* por sí solo no es factor determinante de la producción del café. Con el café a libre exposición solar y con dos sistemas de cobertura del suelo se produjeron 3.083 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s., con sombrío de *I. densiflora* 2.696 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s. y con sombrío de *E. poeppigiana* 3.524 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s. No hubo diferencias estadísticas entre las producciones de café a libre exposición solar y bajo sombrío.

**Palabras clave:** Sistema Agroforestal, *Coffea arabica*, *Inga densiflora*, *Erythrina poeppigiana*, sombrío.

## ABSTRACT

In the coffee zone of the South Colombian region, in the municipality of El Tambo (Cauca), the effect of putting dead plant cover (*mulch*) on coffee was evaluated in two agroforestry systems where the tree components were *Inga densiflora* and *Erythrina poeppigiana* planted at distances of 9 x 9 m (123 plants/ha). The coffee plants were set at a distance of 1.5 x 1.5 m (4444 plants/ha) in both cases. The results obtained allowed to conclude that the average intercepting percentage of Photosynthetically Active Radiation (PAR) exercised by *I. densiflora* and *E. poeppigiana* in a PAR with coffee in a period of six years was 61.5% and 25.4%, respectively. There was not any statistical difference when growing coffee at free solar exposition with or without shade and with or without dead plant cover (*mulch*), it is to say, *mulch* alone is not a crucial factor to determine coffee production. With coffee to free solar exposition and with two soil covering systems 3.083 kg.ha<sup>-1</sup> of c.p.s., with shade of *I. densiflora* 2.696 kg.ha<sup>-1</sup> of c.p.s. and with shade of *E. poeppigiana* 3.524 kg.ha<sup>-1</sup> of c.p.s. were produced. There were not statistical differences among the coffee productions with free solar exposition and under shade.

**Keywords:** Agroforestry systems, *Coffea arabica*, *Inga densiflora*, *Erythrina poeppigiana*, Shade

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

\*\* Asistente de Investigación. Programa de Experimentación, Subestación Experimental de El Tambo (Cauca), hasta enero de 2007. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

En la región cafetera al Sur de Colombia, 2°24' Latitud Norte y 76°44' Longitud Oeste, se presenta una precipitación anual de 2.019 mm (Estación Manuel Mejía de El Tambo, Cauca), cantidad que podría ser suficiente para el café, si tuviera una distribución uniforme en el año, pero en esta región se presenta una estación seca de junio a septiembre, con un déficit hídrico de 167 mm en tres meses continuos (15), el límite de deficiencia hídrica para el café está alrededor de los 150 mm en tres meses continuos. Los efectos del déficit en los cafetos son: El grado de marchitamiento, reducción de la tasa de crecimiento y la pérdida de hojas (22, 24).

Debido a estas características climáticas, en esta región se produce café bajo árboles de sombra o en sistemas agroforestales (SAF), para proteger el cultivo en épocas secas, pero las condiciones bajo y sobre el suelo de los árboles y los cultivos, las prácticas de manejo realizadas en el cultivo principal (4), y la misma sombra o la cobertura vegetal, pueden afectar positiva o negativamente la producción de café. El efecto de las diferentes interacciones entre los árboles de sombra y el café, también depende de las condiciones del sitio (suelo/clima) y de 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 lo que sería necesario ajustar la tecnología para mejorarla (8, 13, 19).

En Colombia, es poca la información que indique el efecto del sombrero en el café, sobre la disponibilidad de agua en el suelo. Algunos estudios sobre el tema, como los realizados por Sylvain (29, 30), indican que los árboles de sombra producen una cobertura vegetal, la cual puede tener un efecto conservador de la humedad, ya que indirectamente disminuyen el viento y la

temperatura de la capa superficial, lo que resulta en una menor evaporación; pero debe tenerse en cuenta que los árboles de sombra consumen agua por transpiración y, por lo tanto, pueden competir con el café por ese aspecto. Al establecer una relación entre los resultados de dos trabajos de Franco (10) y Franco e Inforzato (11), en Brasil, encontraron que la transpiración de una planta de *Inga* sp. es equivalente a la transpiración de diez plantas de café.

Se puede aumentar la disponibilidad de agua en el suelo con cobertura vegetal muerta (*mulch*) (2) o pueden emplearse prácticas de conservación que disminuyan la velocidad y la energía del agua, y aumenten la infiltración (12, 23, 29), siendo necesario el estudio de las interacciones agua-suelo-planta. Este trabajo se desarrolló para evaluar la influencia de la cobertura arbórea de *Inga densiflora* y *Erythrina poeppigiana* y la aplicación de dos niveles de cobertura vegetal muerta (*mulch*), sobre el comportamiento productivo del café en las condiciones de clima y suelo de la zona cafetera Sur de Colombia.

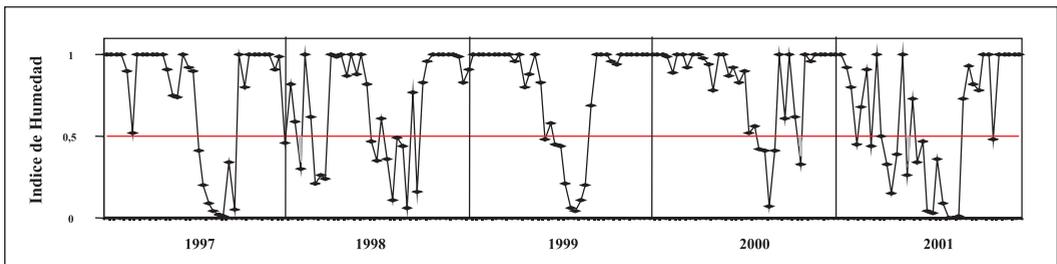
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción del sitio de estudio.** El estudio se realizó en la Subestación Experimental El Tambo, ubicada en el municipio de El Tambo (Cauca), zona cafetera Sur de Colombia. Las características geográficas, climáticas (7) y de suelos (28) se presentan en la Tabla 1.

El Índice de Humedad del Suelo (IHS) para la Subestación Experimental El Tambo, se presenta en la Figura 1. El IHS es la relación entre la evapotranspiración real y la potencial, estimadas a partir de un balance hídrico. Se considera que para el cultivo del café valores de IHS entre 1,0 y 0,8 no hay limitaciones del crecimiento por deficiencia de agua; entre 0,8 y 0,6 la deficiencia es

**Tabla 1.** Características climáticas y de suelos de la Subestación Experimental El Tambo (Cauca).

Localización geográfica		Características de suelos	
Latitud	2° 24' Norte	pH	5,3
Longitud	76° 44' Oeste	Materia Orgánica (%)	22,8
Altitud (m)	1.735	Nitrógeno (%)	0,75
		Fósforo (mg. kg <sup>-1</sup> )	2,0
		Potasio ( cmol <sub>(+)</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0.17
		Calcio ( cmol <sub>(+)</sub> . kg <sup>-1</sup> )	1,6
		Magnesio ( cmol <sub>(+)</sub> . kg <sup>-1</sup> )	0,4
		Ecotopo	218A
		Unidad Cartográfica	Unidad Timbío
		Grupo taxonómico	Typic Melanudands
		Material Parental	Cenizas volcánicas



**Figura 1.** Índice de humedad del suelo (decadal), Subestación Experimental El Tambo, 1997 a 2001. Índices por debajo de la línea roja indican deficiencias hídricas.

moderada y puede presentarse alguna limitación al crecimiento; para valores inferiores a 0,6 se presenta deficiencia de agua en el suelo, que puede afectar el crecimiento de la planta (1, 14).

La región Sur de la zona cafetera colombiana presenta una estación seca desde mediados de junio a mediados de septiembre, y una estación lluviosa de octubre a mayo. La distribución de la cantidad de lluvia en esta región se registra así: 45% en el primer semestre y 55% en el segundo del año (14); patrón de distribución de lluvias que se presenta en la Subestación Experimental El Tambo.

Los años 1997 a 2001 se caracterizaron por presentar un período seco marcado entre julio y agosto de cada año; y sólo en los años 1998 y 2001 ocurrieron deficiencias hídricas a comienzos de año.

**Material vegetal.** El componente arbóreo utilizado en el sistema agroforestal fue: *Inga densiflora* (guamo macheto), *Erythrina poeppigiana* (písamo) y *Coffea arabica* c.v. Colombia (café).

**Tratamientos y diseño experimental.** Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de tres niveles de sombra del

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos.

<b>Factor A: Niveles de sombra</b>		<b>Factor B: Niveles de cobertura</b>
A <sub>0</sub> : Café sin sombrío		B <sub>0</sub> : Con aplicación de <i>mulch</i>
A <sub>1</sub> : Sombrío de <i>Inga densiflora</i>		B <sub>1</sub> : Sin aplicación de <i>mulch</i>
A <sub>2</sub> : Sombrío de <i>Erythrina poeppigiana</i>		

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	
1	A <sub>0</sub> B <sub>0</sub>	Café sin sombrío y sin <i>mulch</i>
2	A <sub>0</sub> B <sub>1</sub>	Café sin sombrío y con <i>mulch</i>
3	A <sub>1</sub> B <sub>0</sub>	Café, con sombrío de <i>Inga densiflora</i> y sin <i>mulch</i>
4	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Café, con sombrío de <i>Inga densiflora</i> y con <i>mulch</i>
5	A <sub>2</sub> B <sub>0</sub>	Café, con sombrío de <i>E. poeppigiana</i> y sin <i>mulch</i>
6	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Café, con sombrío de <i>E. poeppigiana</i> y con <i>mulch</i>

café (factor A) y dos de cobertura muerta o *mulch* (factor B) (Tabla 2). Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y cuatro replicaciones, con el factor A (la exposición solar) como las parcelas principales y el factor B (aplicación de *mulch*) como las subparcelas.

**Unidad Experimental.** La unidad experimental tuvo las siguientes características:

Número de plantas de café en las parcelas a libre exposición: 169, con 49 plantas efectivas.

Número de plantas de café en las parcelas con sombrío: 160, con 48 plantas efectivas.

Distancias de siembra del café: 1,5 x 1,5 m (4.444 plantas por hectárea).

Número de plantas de sombrío por parcela: 15, sembradas a 9,0 x 9,0 m (123 plantas por hectárea)

El tamaño de las parcelas al sol y la sombra fue de 380,3m<sup>2</sup>, cada una. Entre parcelas al sol y la sombra se dejaron espacios de 9,0 m, a fin de evitar la proyección

de la sombra sobre las parcelas al sol. El campo experimental ocupó un área de 1,4 hectáreas.

**Establecimiento.** El estudio se inició en junio de 1994, con la siembra simultánea del sombrío y del café. El material empleado como cobertura vegetal muerta (*mulch*) fue un cultivo de *Crotalaria juncea* (crotalaria), establecido en las áreas de separación de las parcelas del campo experimental, con distancias de siembra de 50 cm entre surcos y 20 cm entre plantas (400.000 plantas/ha).

**Fertilización.** La fertilización del café se determinó según los resultados de los análisis de suelos, y el plan anual de fertilización fue 215 kg.ha<sup>-1</sup> de urea + 100 kg.ha<sup>-1</sup> de DAP + 200 kg.ha<sup>-1</sup> de KCl (cloruro de potasio) en el primer semestre del año; en el segundo semestre se aplicaron 530 kg.ha<sup>-1</sup> de la mezcla urea + KCl en proporción 2:3, aplicando el fertilizante al sitio de siembra de la planta. No se fertilizaron las especies de sombrío ni la crotalaria.

**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 hasta 2001, cuando los árboles de sombrío tenían entre tres y siete años, respectivamente. Para medir la cantidad de RFA incidente sobre la fronda de las plantas de café se empleó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (9). Cada unidad de medición se dividió en cuadrantes y se asignaron puntos de medición de acuerdo con el tamaño de la unidad, el punto de medición correspondió al sitio donde estaba ubicado un árbol de café. Las unidades de medición con el componente arbóreo a 9,0 x 9,0 m estuvieron compuestas por 18 cuadrantes y 28 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) y se efectuaron 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 se conectó a un registrador automático de datos LI-1000, para almacenar 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 en café (kilogramos de café cereza por parcela), los registros fueron transformados 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 para cada año de producción, bajo el modelo para el diseño experimental utilizado. Se aplicaron pruebas Duncan a nivel del 5%, para la comparación de medias entre tratamientos, y pruebas Tukey al 5%, para la comparación de medias generales entre los sistemas de cultivo. El análisis del desarrollo del componente arbóreo se basó en la aplicación de modelos lineales simples.

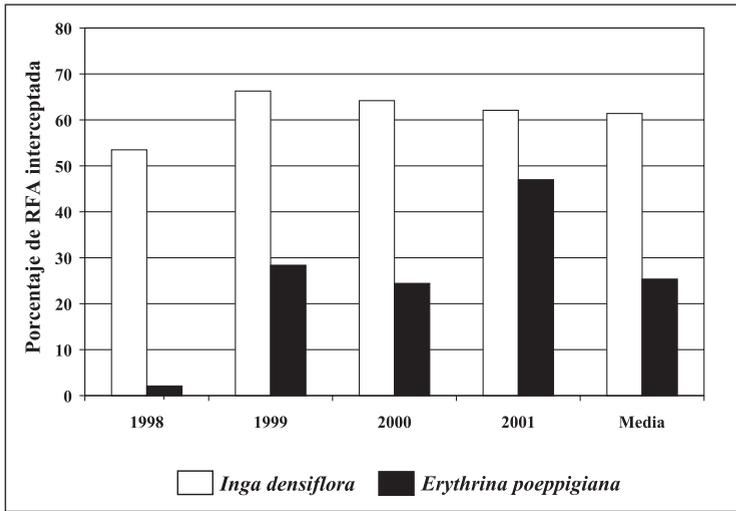
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).** En la Figura 2 se presentan los niveles de sombra registrados durante el período 1998 a 2001, en la Subestación Experimental de El Tambo.

Los coeficientes de correlación entre los años de evaluación y los porcentajes de sombra ( $r = 0,46$  y  $0,86$ ), indican que el grado de interceptación de la RFA se incrementa al aumentar el desarrollo de *I. densiflora* y *E. poeppigiana*, respectivamente.

El análisis mediante regresiones lineales simples ( $y = 2,37x + 55,6$ ) para *I. densiflora*, indicó que a los 4,5 años de establecido este sombrío se alcanzaron niveles de interceptación de RFA del 45%, y es a partir de esta edad cuando se debe iniciar su regulación, para evitar reducciones en la producción de café. Estas regresiones en *E. poeppigiana* ( $y = 13,06x + 7,2$ ), indican que sólo a partir del quinto o sexto año de edad de las plantas, se podrían alcanzar niveles de interceptación de RFA superiores al 50%.

El nivel medio de sombra dado por *I. densiflora* y *E. poeppigiana* al café en estos dos subsistemas, en el período 1998 a 2001, fue de 62 y 25%, respectivamente. Algunos



**Figura 2.** Intercepción de RFA, por los componentes arbóreos *I. densiflora* y *E. poeppigiana*. Subestación Experimental El Tambo, 1998 a 2001.

autores (4, 31) afirman que existe un efecto negativo directo entre el incremento en el porcentaje de cobertura de los árboles y la producción de café, y que la incidencia de la luz en la producción de café es sustancial y se debe mantener en límites razonables, no mayores al 50%.

**Respuesta en producción del café al sombrío y a la aplicación de cobertura vegetal muerta.** En la Tabla 3 se presentan los resultados de la producción de café ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de café pergamino seco). Los análisis de varianza indicaron que la interacción grado de sombreado\*aplicación de *mulch*, no tuvo efecto significativo sobre la producción de café, lo que permite inferir que el efecto de los factores fue independiente, entre sí; por lo tanto, se analiza por separado cada uno de ellos.

**Efecto de la cobertura vegetal muerta (*mulch*) sobre la producción.** Las diferencias estadísticas según la prueba Duncan al 5%, se presentan con letras minúsculas en la Tabla 3. Las producciones registradas sucesivamente en 1996 hasta el año 2001, bajo cada

sistema de cultivo del café, indican que la cobertura vegetal muerta (*mulch*) no influye significativamente sobre la producción.

Los análisis de varianza realizados a las producciones medias obtenidas en cada sistema de cultivo de café, en el ciclo productivo 1996 a 2001, indicaron que no hay diferencia estadística cuando se cultiva café a libre exposición solar o con sombrío, y con aplicación o no de cobertura vegetal muerta (*mulch*), es decir, el *mulch* por sí solo no es un factor determinante de la producción del café; sin embargo, Villanova (32) reporta que el promedio de la producción de café por hectárea es 116,8% mayor que cuando se cultiva el café con suelo desnudo, y Robinson y Mitchel (26) indican que con la aplicación de residuos de banano ( $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), como cobertura de la superficie del suelo, aumentan los rendimientos en café entre un 33 y 66%, comparado con un testigo sin *mulch*.

Kamau (17) encontró que se obtiene beneficio al aplicar *mulch* en áreas de baja precipitación, pues su aplicación incrementa

**Tabla 3.** Producción de café pergamino seco (kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). Subestación Experimental El Tambo. 1996 a 2001.

Año	Café libre exposición		Café sombrío <i>I. Densiflora</i>		Café sombrío <i>E. poeppigiana</i>	
	Sin cobertura	Con cobertura	Sin cobertura	Con cobertura	Sin cobertura	Con cobertura
1996	426,3 AB a	475,1 A a	435,4 A a	347,8 B a	422,0 ABa	503,8 A a
1997	2.513,9 A a	2.377,5 AB a	2.331,0 AB a	1.944,6 B a	2.849,4 A a	2.645,3 A a
1998	3.971,7 AB a	3.343,9 B a	3.540,3 AB a	3.345,4 B a	4.147,7 A a	3.834,3 AB a
1999	3.608,5 B a	3.691,3 AB a	3.867,3 AB a	4.422,2AB a	4.439,3 A a	4.676,8 A a
2000	4.336,0 AB a	3.634,9 BC a	3.240,8 C a	3.238,8 C a	4.435,7 A a	4.075,0 A a
2001	4.261,2 B a	4.355,9 AB a	2.711,0 C a	2.926,8 C a	5.148,7 A a	5.103,8 A a
<b>Media</b>	3.186,3 AB a	2.979,8 AB a	2.687,6 Ba	2.704,3 B a	3.573,8 A a	3.473,1 A a
<b>C.V.(%)</b>	64,0	52,0	44,0	52,0	42,0	51,0

En las filas, promedios con letra distinta indican diferencia estadística entre tratamientos.

las producciones de café, pero Bouharmont (5) obtuvo que en *Coffea arabica* var. Robusta, el empleo de cobertura muerta no tiene efecto alguno sobre la producción, mientras que Williams y Hassan (34) indican que debe haber una aplicación conjunta de *mulch* + fertilizante en café Robusta, para promover tanto el aumento del tamaño del grano como la producción de frutos. Medcalf (18), Sivetz (27) y Warden (33), encontraron que la diferencia en producción del café cuando se aplica cobertura vegetal puede ser hasta del 72%, comparado con un testigo sin aplicación de *mulch*, y que existe una correlación lineal estrecha entre la cantidad de cobertura y el rendimiento, posiblemente debido a conservación de la humedad del suelo en los tratamientos con cobertura y a la mayor temperatura del suelo sin cobertura. Adicionalmente, Bull (6), Michael y Oladokun (20) y Robinson y Chenery (25), indican que un mejoramiento de las condiciones físico-químicas del suelo

y un mayor control de arvenses ejercido por las coberturas, contribuyen a incrementos en la producción de café.

**Efecto de la cobertura arbórea sobre la producción del café.** Las diferencias estadísticas se presentan con letras mayúsculas en la Tabla 3. Los análisis de varianza realizados a la producción registrada año por año, en cada sistema de cultivo, indicaron que las más bajas producciones se registraron en el café con sombrío de *I. densiflora* y en presencia o ausencia de la cobertura vegetal muerta. En el año 2000 estas producciones fueron de 3.240,8 y 3.238,8 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s., respectivamente, y en el año 2001 de 2.711,0 y 2.926,8 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s.

La prueba de comparación de medias obtenidas en cada sistema de cultivo de café, en el ciclo productivo 1996 a 2001, indicaron que hay diferencia estadística entre las producciones obtenidas en café

bajo sombrío de *E. poeppigiana* (con y sin cobertura muerta) y la producción del café con sombrío de *I. densiflora*; esta producción fue 23,5% mayor con sombrío de *E. poeppigiana* (Figura 3). Las producciones medias a libre exposición solar no difirieron estadísticamente de las producciones medias obtenidas bajo las dos especies de sombrío; las diferencias en producción del café solo y bajo sombra fueron del 12,0% (Figura 3).

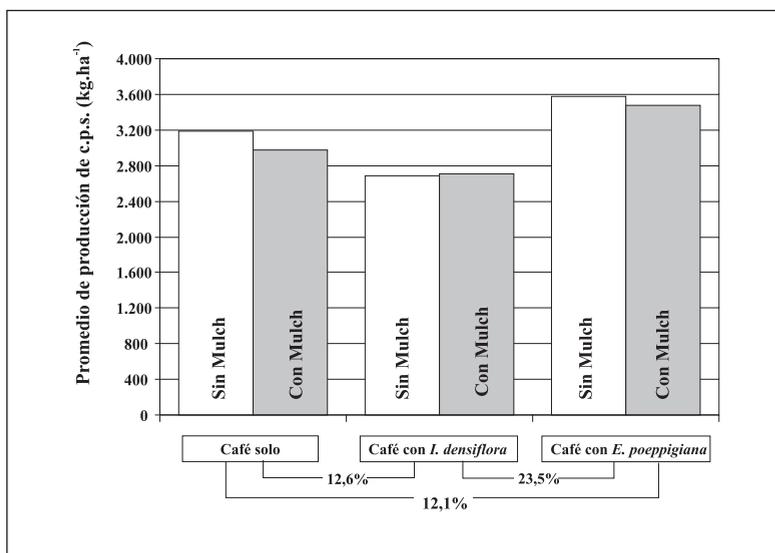
La variación en la producción depende en gran proporción (70-80%) de la tecnología empleada (variedades mejoradas, fertilización, controles fitosanitarios), así mismo, las condiciones climáticas pueden influir entre 12 y 18% sobre esta variabilidad (16). En este sentido, el crecimiento y la producción del cafeto se ven afectados negativamente cuando el porcentaje de sombra en la planta es mayor o igual al 70% y se presenta un crecimiento normal con un promedio de sombra del 40%, y la cobertura con árboles de sombrío tiene un efecto positivo sobre la producción de café, si ésta se mantiene entre 23 y 38%; una forma de regular la entrada de luz al cafetal es mediante podas fuertes

del sombrío, ya que permite la entrada de luz entre el 85 y 90% (3, 6, 21, 30).

Los registros de interceptación de la RFA indican que el nivel de sombrío medio (1998 a 2001) en que se desarrolló el cultivo del café fue del 61,5% con árboles de *Inga densiflora* y del 25,4% con árboles de *Erythrina poeppigiana*.

No hubo diferencia estadística, al cultivar café a libre exposición solar o con sombrío, y con aplicación o no de cobertura vegetal muerta (*mulch*), es decir, el *mulch* por sí solo no es un factor determinante de la producción del café.

Con el café a libre exposición solar y con dos sistemas de cobertura del suelo (con y sin cobertura vegetal muerta) se produjeron 3.083 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s., con sombrío de *I. densiflora* 2.696 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s. y con sombrío de *E. poeppigiana* 3.524 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s.. Tampoco hubo diferencias estadísticas entre las producciones de café a libre exposición solar y bajo sombrío.



**Figura 3.** Producción media de café pergamino seco de seis cosechas. Subestación Experimental El Tambo. 1996 a 2001.

## LITERATURA CITADA

1. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé No. 311:1-8. 2003.
2. AWATRAMANI, N.A.; GOPALAKRISHNAN, R. Mulching in coffee. I. Preliminary report on the mulching trials at Central Coffee Research Institute. Indian Coffee 29(8):12-17. 1965.
3. 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*). Avances en la investigación forestal, Costa Rica. Sep. 1985. Serie técnica, Informe Técnico N° 147. 1985.
4. BEER, J.W.; MUSCHLER, R.G.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38:139-164. 1998.
5. BOUHARMONT, P. L'utilisation des plantes de couverture et du paillage dans la culture du caféier Arabica au Cameroun. Café, Cacao, Thé 23(2):75-102. 1979.
6. BULL, R.A. Effects of mulching and irrigation in some East African coffee soils; a review. Turrialba 13(1):22-27. 1963.
7. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Archivo climático Disciplina de Agroclimatología 1996 a 2000. Chinchiná, Cenicafé, 2000.
8. CIETTO, S.; HAAG, H.P.; DECHE, A.R. Acumulacao de matéria seca, absorcao de N, P e K pelo cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Catuai 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.
9. FARFÁN V., F.; ARIAS H., J.J.; RIAÑO H., N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrión en sistemas agroforestales con café. Cenicafé 54(1):24-34. 2003.
10. FRANCO, C. M. A agua do solo e o sombreamento dos cafezais em Sao Paulo. Boletim Superintendencia dos Servicos do Café 27 (299):10-19. 1952.
11. FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. Quantidade de agua transpirada pelo cafeeiro sombreado e pelo ingazeiro. Bragantia 10(9):247-257. 1950.
12. GUTIÉRREZ, C.H. El PF y su aplicación en irrigación. Cenicafé 2(19):1-40. 1958.
13. HERRERA E., J.S.; PALMA O., M. R.; ORDOÑEZ V., M.A.; ZÚNIGA, 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.
14. JARAMILLO R., A. Climatología de región andina de Colombia; microclima y fenología del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé, 2000. 172 p.
15. JARAMILLO, R.A. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. Cenicafé 33(1):15-34. 1982.
16. JARAMILLO R., A.; LARSEN, L.O.; ARCILA P., J. Un modelo para evaluar la influencia del clima en la producción de café. Cenicafé 43(1):22-26. 1992.
17. KAMAU, I.N. Effects of cultural practices on the quality of Kenya coffee. Part 1: Effects of napier grass mulch and nitrogen fertilizers on the quality of arabica coffee in Kenya. Kenya Coffee 41(487):361-375. 1976.
18. MEDCALF, J.C. Experimentos preliminares de cobertura del suelo en cafetales nuevos del Brasil. Nueva York, IBEC Research Institute, 1956. 70 p. (Boletín No. 12).
19. MESTRE M., A. Respuesta del café bajo sombra a la fertilización. Avances Técnicos Cenicafé No. 231:1-4. 1996.
20. MICHAEL, A.; OLADOKUN, O. Legume cover crops, organic mulch and associated soil conditions, and plant nutrient content for establishing Quillou coffee. HortScience 15(3):305-306. 1980.
21. NICHOLAS, I.D. Plantings in tropical and subtropical Areas. Agriculture, Ecosystems and Environment. 22-23:465-482. 1988.
22. OROZCOC., F.J.; JARAMILLO R., A. Comportamiento de introducciones de *Coffea* sometidas a condiciones de déficit de humedad en el suelo. Cenicafé 29 (3):61-93. 1978.
23. OWAIYE, A.R. Effect of residue mulch on characteristics and productivity of two soils classes under coffee in Nigeria. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Eds.).

- Soil organic matter dynamics and the sustainability of tropical agriculture. Chichester, John Wiley & Sons, 1993. p. 339-344.
24. RAMAIAH, P.K. Impact of recent drought on coffee. *Indian Coffee* 51(2):5-8. 1988.
  25. ROBINSON, J.B.D.; CHENERY, E.M. Magnesium deficiency in coffee with special reference to mulching. *The Empire Journal of Experimental Agriculture* 26(103):259-273. 1958.
  26. ROBINSON, J.B.D.; MITCHEL, H.W. Studies on the effect of mulch and irrigation on root and stem development in *Coffea arabica*. L. III. The effects of mulch and irrigation on yield. *Turrialba* 14(1):24-28. 1964
  27. SIVETZ, M. The coffee plant; this evergreen plant needs shade, moisture. *Tea and Coffee Trade Journal* 141(5):16-17, 25-26, 30-33. 1971.
  28. SOLARTE P., C.R.; ÁLVAREZ J., O.J. Caracterización agroecológica de la Subestación Experimental "Manuel Mejía", El Tambo (Cauca). Bogotá, FNC, 1997. 50 p.
  29. SYLVAIN, P.G. El cafeto en relación al agua. Turrialba, IICA, 1959. 46 p. (Materiales de Enseñanza de Café y Cacao).
  30. SYLVAIN, P.G. Agro-technical innovations in coffee cultivation. In: *Colloque Scientifique Internationale sur le Café*, 8. Abidjan, Novembre 28 - Décembre 3, 1977. Paris (Francia), ASIC, 1977. p. 427-438..
  31. VAZ, J.T. Sombreamento e fertilizacao do cafezal. *Gazeta Agrícola de Angola* 12 (2):100-103. 1967.
  32. VILLANOVA, T. Uso y efecto del mulch en las plantaciones de café. *Café de El Salvador* 19(220):1713-1719. 1949.
  33. WARDEN, J.C. The action and value of organic mulches on the yield and nutrition of the coffee tree. In: *Research Report 1960*. Tanganyika, Coffee Research and Experimental Station, 1961. p. 25-33.
  34. WILLIAMS, C.N.; HASSAN, B.D. Effect of mulch and fertilizer on the establishment and yield of robusta coffee in Brunei. *Planter* 54(625):184-190. 1978.