

EFECTO DE LAS COBERTURAS ARBÓREA Y VEGETAL MUERTA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ, EN LA ZONA CAFETERA NORTE DE COLOMBIA

Fernando Farfán-Valencia*; José Enrique Baute-Balcázar**; Juan Carlos García-López**

RESUMEN

FARFÁN V., F.; BAUTE B., J. E.; GARCÍA L., J. C. Efecto de las coberturas arbórea y vegetal muerta sobre la producción de café, en la zona cafetera norte de Colombia. Cenicafé 59(1):29-38.2008

En la zona cafetera Norte de Colombia, en la localidad de Pueblo Bello, se evaluó el efecto de la aplicación de cobertura vegetal muerta (mulch) en café, en dos sistemas agroforestales, donde los componentes arbóreos fueron *Inga edulis* y *Erythrina fusca*, plantados a distancias de 9 m x 9 m (123 plantas/ha) y café a libre exposición solar. El café fue establecido a una distancia de 1,5 m x 1,5 m (4.444 plantas/ha), en los tres casos. Los resultados indican que el promedio de la interceptación de la RFA fue del 72% con sombrío de *Inga edulis* y del 80% con *Erythrina fusca*. La cobertura vegetal muerta no tiene una implicación significativa sobre la producción. La interceptación de la RFA ejercida por *I. Edulis* y *E. fusca* afecta significativamente la producción del café. El promedio de la producción del cafetal a libre exposición solar fue 22,9% mayor que con sombrío de *Inga edulis* y 41,5% más alta que con sombrío de *Erythrina fusca*.

Palabras clave: Sistema agroforestal, *Coffea arabica*, *Inga edulis*, *Erythrina fusca*, sombrío, radiación fotosintéticamente activa.

ABSTRACT

In Pueblo Bello, a municipality located in the northern Colombian coffee zone, the application effect of dead plant coverage (mulch) on coffee was evaluated in two agroforest systems where the trees *Inga edulis* and *Erythrina fusca* were present. The trees were planted at a distance of 9 m x 9 m (123 plants per hectare) and there was free sun exposure coffee, which was established at a distance of 1.5 m x 1.5 m (4,444 plants/ha) in the three cases. The results indicate that the RFA interception average was 72% with shade of *Inga edulis* and 80% with shade of *Erythrina fusca*. Dead plant coverage does not have a meaningful implication on production. RFA interception from *I. edulis* and *E. fusca* meaningfully affects coffee production. The production average of free sun exposure coffee was 22.9% higher than the one under *Inga edulis* shade and 41.5% higher than the one under *Erythrina fusca* shade.

Keywords: Agroforest system, *Coffea arabica*, *Inga edulis*, *Erythrina fusca*, shade, photosynthetically active radiation.

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

** Asistente de investigación e Investigador Científico I, respectivamente. Programa de Experimentación. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El grado en que los recursos biofísicos son tomados y utilizados por los componentes de un sistema agroforestal (SAF), está determinado por la naturaleza y la intensidad de las interacciones entre los componentes. El efecto neto de estas interacciones es establecido, a menudo, por la influencia del componente arbóreo sobre los otros componentes o sobre el sistema total, y se expresa en términos de respuestas cuantificables tales como: cambio en la fertilidad del suelo, modificación del microclima, disponibilidad y utilización del recurso (agua, alimentos y luz), incidencia de plagas y enfermedades, y productividad de la planta, entre otros (7, 21, 28).

Particularmente, en la región cafetera Norte de Colombia, localizada a 10° 22' Latitud Norte y 73° 38' Longitud Oeste, a pesar de que la precipitación anual es cercana a 1.590 mm y la cantidad de agua que cae en el primer semestre es el 35% (557 mm) del total anual, se presenta una estación seca pronunciada de diciembre a abril, con un déficit hídrico de 271 mm, durante cinco meses continuos (13), y el límite de deficiencia hídrica para el café es de 150 mm en tres meses continuos. Los efectos que reflejan claramente el déficit son: el grado de marchitamiento, la reducción de la tasa de crecimiento y la pérdida de hojas (19, 20).

Como alternativa, en esta región se cultiva el café en asociación con árboles de sombrío, para tratar de conservar la humedad del café en épocas secas; algunos resultados de investigaciones (26) indican que los árboles de sombra producen una cobertura vegetal que puede conservar la humedad, debido a la reducción del viento y la temperatura de la capa superficial, condiciones que dan como resultado una menor evaporación; no obstante, los árboles de sombra consumen agua por transpiración y por lo tanto, pueden

competir con el café por ese aspecto, es así como Franco (10) y Franco e Inforzato (11), observaron que la transpiración de una planta de *Inga* spp. es equivalente a la transpiración de diez plantas de café. Sin embargo, en estos sistemas la disponibilidad y la infiltración de agua en el suelo se pueden aumentar con el mulch y con las prácticas de conservación, que disminuyen la velocidad y la energía de escorrentía (12, 26).

La investigación sobre interacciones entre árboles y café deben centrarse en explorar diversas especies de árboles para establecer en los SAF, estudiar las interacciones en los sistemas en diversas escalas espaciales, determinar las implicaciones ambientales de los SAF, particularmente en las zonas tropicales secas y manejar los componentes del SAF para maximizar las ventajas. Así se crea la posibilidad de contribuir al mejoramiento de las condiciones de producción del café en un área considerable de la zona cafetera colombiana.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio de estudio. El estudio se localizó en la Subestación Experimental de Pueblo Bello, situada en el municipio de Pueblo Bello (Cesar), zona cafetera norte de Colombia. Las características geográficas, climáticas (6) y de suelos (9) se presentan en la Tabla 1.

El Índice de humedad del suelo (IHS) para la Subestación Experimental de Pueblo Bello se presenta en la Figura 1. Este índice muestra el comportamiento de la humedad del suelo en una región (14, 19) 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; entre 0,8 y 0,6 la deficiencia es moderada y puede

Tabla 1. Características climáticas y de suelos de la Subestación Experimental Pueblo Bello.

Localización geográfica		Características de suelos	
Latitud Norte	10°25' norte	pH	5,1
Longitud Oeste	73°34' oeste	Materia Orgánica (%)	7,1
Altitud (m)	1.100	Nitrógeno (%)	0,29
Características climáticas		Fósforo (mg.kg ⁻¹)	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%	Ecotopo	402A
		Unidad cartográfica	Asociación El Palmor
		Grupo taxonómico	Dystropepts
		Material parental	Diabasa

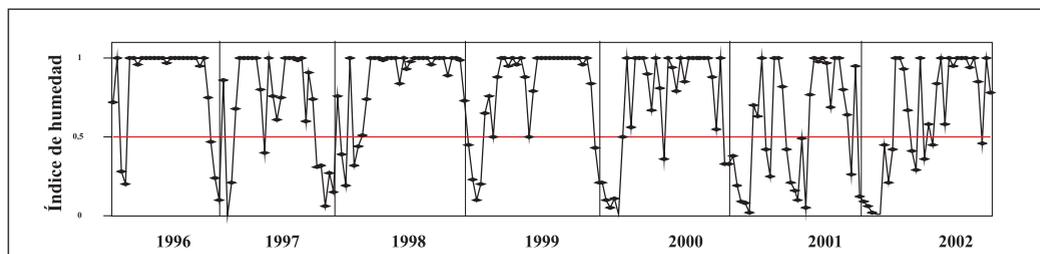


Figura 1. Índice de humedad del suelo (decadal), Subestación Experimental Pueblo Bello, 1996 a 2002. Índices por debajo de la línea roja indican deficiencias hídricas.

presentarse alguna limitación al crecimiento, y cuando se tienen valores menores a 0,6 es indicativo de la deficiencia de agua en el suelo, lo cual puede afectar el crecimiento de la planta (2).

En los meses de febrero y marzo de 1998, enero y febrero de 1999, y entre enero y comienzos de abril de 2000, se presentaron déficits hídricos de 145 mm, 202 mm y 364 mm, respectivamente. A finales del año 2000 y abril de 2001, entre diciembre de 2001 y marzo de 2002 y, entre junio y agosto del mismo año, se presentaron tres deficiencias hídricas en el suelo, las dos primeras de 300 mm cada una, y la tercera de 177 mm.

Tratamientos y diseño experimental.

Estuvieron conformados por la combinación de tres niveles de sombra del café (Factor A) y dos niveles de cobertura muerta o mulch (Factor B) (Tabla 2). Se empleó un diseño de bloques 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 fue la parcela, y tuvo las siguientes características:

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Factor A: Niveles de sombra		Factor B: Niveles de cobertura
A ₀ : café sin sombrío		B ₀ : Aplicación de mulch
A ₁ : sombrío de <i>Inga edulis</i>		B ₁ : Sin aplicación de mulch
A ₂ : sombrío de <i>Erythrina fusca</i>		
Tratamientos		Descripción
1	A ₀ B ₀	Café sin sombrío y sin mulch
2	A ₀ B ₁	Café sin sombrío y con mulch
3	A ₁ B ₀	Café con sombrío de <i>Inga edulis</i> y sin mulch
4	A ₁ B ₁	Café con sombrío de <i>Inga edulis</i> y con mulch
5	A ₂ B ₀	Café con sombrío de <i>Erythrina fusca</i> y sin mulch
6	A ₂ B ₁	Café con sombrío de <i>Erythrina fusca</i> y con mulch

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 m x 1,5 m (4.444 plantas/ha).

Número de plantas de sombrío por parcela: 15 plantas sembradas a 9,0 x 9,0 m. (124 plantas/ha).

El tamaño de las parcelas al sol y a la sombra fue de 380,3m² cada una. Entre las parcelas al sol y a la sombra se dejaron espacios de 9,0 m, con el fin de evitar la proyección de la sombra sobre las parcelas a libre exposición solar. El campo experimental ocupó 1,4 ha.

Establecimiento. En abril de 1995 se inició el estudio con el establecimiento del sombrío y en julio del mismo año se sembró el café. Durante los dos primeros años todo el sistema

tuvo sombrío transitorio de guandul (*Cajanus cajan*) y tefrosia (*Tephrosia candida*). Se empleó como cobertura vegetal muerta (mulch) *Cajanus cajan*, el cual estuvo establecido en la 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). El guandul y la tefrosia se podaron tres veces por año, y este material se aplicó a los tratamientos en los que se incluyó cobertura vegetal.

Fertilización. La fertilización del café fue la determinada por los resultados de los análisis de suelos, con la aplicación de la dosis completa. El plan anual de fertilización fue: 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). En las fertilizaciones se fraccionó la dosis recomendada en dos aplicaciones, mitad de la dosis en el primer semestre y la otra, en el segundo semestre del año; el fertilizante se aplicó en el sitio de siembra de la planta. No se fertilizaron las especies de sombrío ni el *Cajanus cajan*.

Interceptación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA). La evaluación de la interceptación de RFA se realizó en cada unidad experimental (unidad de medición), desde el año 1998 hasta el 2002, cuando los árboles de sombrero tenían entre tres y siete años. Para medir la cantidad de RFA incidente sobre la fronda de las plantas de café se aplicó la metodología propuesta por Farfán *et al.* (8). Cada unidad de medición se dividió en cuadrantes y a éstos se le asignaron puntos de medición de acuerdo al tamaño de la unidad; el punto de medición corresponde al sitio donde está ubicado un árbol de café. La unidad de medición (componente arbóreo a 6,0 m x 6,0 m) estuvo compuesta por 4 cuadrantes y 64 puntos de medición.

Para medir la RFA se empleó una barra integradora de medición LI-191 SA, conectada a un colector de datos LAI 2000; la barra se colocó por encima de la planta de café (punto de medición) y se realizaron mediciones instantáneas. Para las mediciones de la RFA incidente sobre la fronda del componente arbóreo se instaló un sensor LI-190 SA, en un área descubierta adyacente a la parcela experimental, y se conectó a un registrador automático de datos LI-1000, para almacenar cada minuto, la información de la RFA incidente. 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 periódicas de café cereza (kilogramos por parcela). Los registros se transformaron a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, y se aplicó 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, por año de producción, bajo el modelo para el diseño experimental utilizado. Se aplicaron pruebas Duncan al 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). Los niveles de sombra registrados durante el período 1998 a 2002, en la Subestación Experimental Pueblo Bello, se presentan en la Figura 2.

Los registros de interceptación de la RFA y los coeficientes de correlación entre los años de evaluación y los porcentajes de sombra ($r = 0,74$ y $0,80$, respectivamente), indican que el nivel de sombra es mayor cuando se incrementa el desarrollo del componente arbóreo (*I. edulis* y *E. fusca*). Los análisis mediante regresiones lineales simples ($y = 9,9x + 42,6$ para *I. edulis* y $y = 10,8x + 47,8$ para *E. fusca*), permitieron inferir que cuando los árboles de sombrero tuvieron tres años de edad alcanzaron un nivel de sombra del café cercano al 45%; es a partir de esta edad cuando debe iniciarse la regulación del sombrero, para mantenerlo en estos niveles de cobertura y así se evitan reducciones drásticas en la producción.

El promedio del porcentaje de interceptación de RFA (1998 a 2002) en que se desarrolló el cafetal fue del 72% con árboles de *Inga edulis* y del 80% con árboles de *Erythrina fusca* (Figura 2). Beer *et al.* (3) y Vaz (29) sostienen que existe un efecto negativo

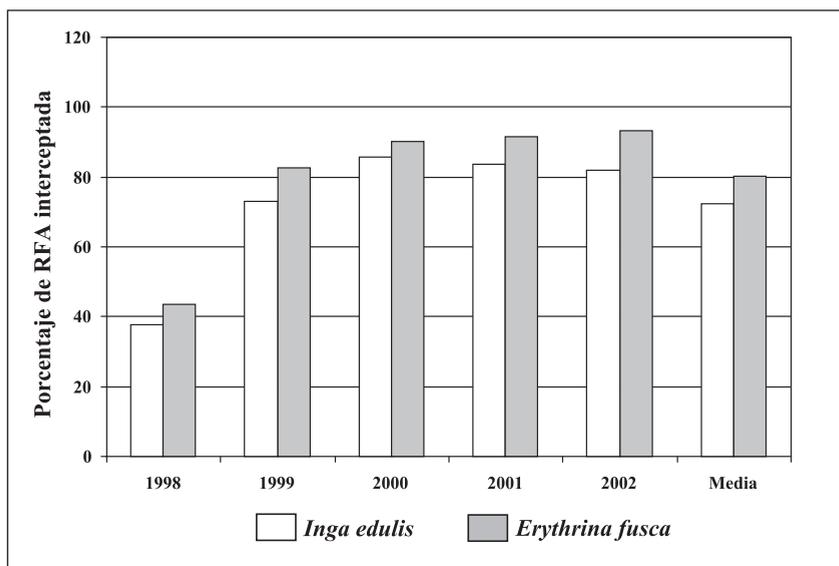


Figura 2. Interceptación de RFA por los componentes arbóreos *Inga edulis* y *Erythrina fusca*. Subestación Experimental Pueblo Bello. 1998-2002.

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 es sustancial y debe mantenerse en límites razonables, no mayores al 50%.

Respuesta del café al sombrío y a la aplicación de cobertura vegetal muerta.

Los análisis de varianza indican que la interacción grado de sombra*aplicación de mulch, no tuvo efecto significativo sobre la producción de café, lo que sugiere que los factores fueron independientes entre sí (Tabla 3). A continuación se analizan por separado, cada uno de ellos.

Efecto de la cobertura vegetal muerta (mulch) sobre la producción.

Las diferencias estadísticas se presentan con letras minúsculas en la Tabla 3. Los análisis de varianza y los resultados de las pruebas de comparación indican que sólo en los años 2000 y 2002, hubo influencia del mulch sobre la producción en cada uno de los sistemas de cultivo. En el café a libre exposición se registró 16,0% y

42,0% más producción con mulch, para estos dos años, respectivamente; bajo sombrío de *Inga edulis* la diferencia en producción fue del 32,6% y 33,0% a favor de la cobertura muerta, y con sombrío de *Erythrina fusca* la producción fue 28,0% y 21,5% mayor con mulch. Las deficiencias hídricas del suelo presentadas en estos años fueron de 364 mm entre enero y marzo de 2000, de 300 mm entre enero y marzo, y de 177 mm entre junio y agosto de 2002. Las pruebas de comparación de Tukey, realizadas a los promedios de las producciones registradas en cada sistema de cultivo, indican que no hay diferencia significativa cuando se realiza o no la aplicación de cobertura vegetal muerta, es decir, el mulch por sí solo no es un factor determinante de la producción del café.

No obstante, Villanova (31) reporta que el promedio de la producción por hectárea de café con aplicación de mulch fue 116,8% mayor que cuando se cultiva el café con suelo desnudo, y Robinson y Mitchel (23) indican que con la aplicación de residuos de banano

Tabla 3. Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹.año⁻¹), en la Subestación Experimental Pueblo Bello. 1997 a 2002.

Año	Café libre exposición		Café con sombrío de <i>I. Edulis</i>		Café con sombrío de <i>E. fusca</i>	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	cobertura	cobertura	Cobertura	cobertura	cobertura	cobertura
1997	3.026,7 Aa	2.282,8 Aa	2.235,6 Aa	1.780,4 Aa	1.838,4 Aa	1.516,0 Aa
1998	878,4 Aa	841,6 Aa	747,0 Aa	549,5 Aa	686,9 Aa	671,0 Aa
1999	4.755,1 Aa	4.848,8 Aa	2.950,6 Ba	3.274,8 Ba	2.023,1 Ba	2.191,2 Ba
2000	2.469,6 Ab	2.938,6 Aa	1.720,0 Ab	2.552,6 Aa	1.096,1 Bb	1.519,9 Ba
2001	2.791,9 Aa	2.908,7 Aa	1.807,1 ABa	2.623,6 ABa	1.820,0 Ba	1.861,3 Ba
2002	1.130,8 Ab	1.958,6 Aa	1.410,6 Ab	2.114,7 Aa	1.236,0 Ab	1.574,1 Aa
Media	2.508,7 Aa	2.629,8 Aa	1.811,8 Ba	2.149,3 Ba	1.450,1 Ba	1.555,6 Ba
C.V.(%)	64,0	51,0	49,0	53,0	48,0	47,0

* Registros y medias con letras distintas en las filas indican diferencia estadística entre tratamientos.

(30 t.ha⁻¹) como cobertura de la superficie del suelo, aumentan los rendimientos en café entre un 33% y un 66%, comparado con un testigo sin mulch. Con el empleo de la pulpa o del residuo del control de arvenses como cobertura, Vicente *et al.* (30) obtuvieron aumentos en la producción de café del 37% al año, al compararlos con la producción de café sin aplicación de cobertura, mientras que Matiello *et al.* (15), indican que estas diferencias pueden fluctuar entre el 50% y el 70%. Kamau (14) afirma que se obtiene gran beneficio con la aplicación de mulch en áreas de baja precipitación, pues su aplicación incrementa las producciones de café, pero Bouharmont (4) encontró que en *Coffea arabica* var. Robusta, el empleo de cobertura muerta no tuvo efecto sobre la producción. Williams y Hassan (33), en café Robusta, concluyen que debe haber una aplicación conjunta de mulch+fertilizante, para promover el aumento del tamaño del grano y la producción de frutos.

Medcalf (16), Sivetz (24) y Warden (32), obtuvieron 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 entre la cantidad de cobertura y el rendimiento, posiblemente debido a la conservación de la humedad del suelo en los tratamientos con cobertura, a la mayor temperatura del suelo sin cobertura, al mejoramiento de las condiciones fisico-químicas del suelo con coberturas y al mayor control de arvenses en éste. La interacción sombra y mulch no afecta los contenidos nutricionales en la planta; además, se reducen las pérdidas de agua del suelo y aumenta la capacidad de retención de agua en épocas secas. La interacción sombrío-mulch hace menos variable la temperatura del suelo, lo cual contribuye a la acumulación de la materia orgánica e igualmente, aumenta los contenidos en el suelo de N, P, K, Ca y Mg, lo cual se traduce en un mejoramiento de la producción de café (5, 7, 17, 22).

Efecto de la cobertura arbórea sobre la producción. Las diferencias estadísticas se presentan con letras mayúsculas en la Tabla 3. Los análisis de varianza y las pruebas de

comparación realizadas a las producciones registradas en los años 1997, 1998 y 2002, indican que la cobertura arbórea no tuvo incidencia significativa sobre la producción de café, al compararse con la producción a libre exposición solar. En el año 1999 la producción de café a libre exposición solar fue 35,2% mayor que la producción con sombrío de *Inga edulis* y 56,1% más alta que con sombrío de *Erythrina fusca* (prueba de Duncan). En los años 2000 y 2001 las producciones de café con sombrío de *E. fusca* fueron 51,6% y 35,4% menores a la registrada en el cafetal a libre exposición solar. Las pruebas de comparación de Tukey entre los promedios de las producciones registradas en cada sistema de cultivo indican que la interceptación de la RFA ejercida por *I. Edulis* y *E. fusca* (72% y 80%, respectivamente), incidió significativamente sobre la producción del café. El promedio de la producción del cafetal a libre exposición solar fue 22,9% mayor que con sombrío de

I. Edulis y 41,5% más alta que con sombrío de *E. fusca* (Figura 3).

Beer *et al.* (3), Soto *et al.* (25) y Nicholas (18), encontraron que 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%. Además, estos autores afirman que la cobertura con árboles de sombrío tiene un efecto positivo sobre la producción de café, si ésta se mantiene entre el 23% y el 38%; una forma de regular la entrada de luz al cafetal es mediante podas fuertes del sombrío, ya que permiten la entrada de luz entre el 85% y el 90% (27). Alpizar *et al.* (1), encontraron que la producción de café se reduce en un 28% con sombrío de *Cordia alliodora* (278 árboles/ha) comparada con la sombra de *Erythrina* spp. (555 árboles/ha).

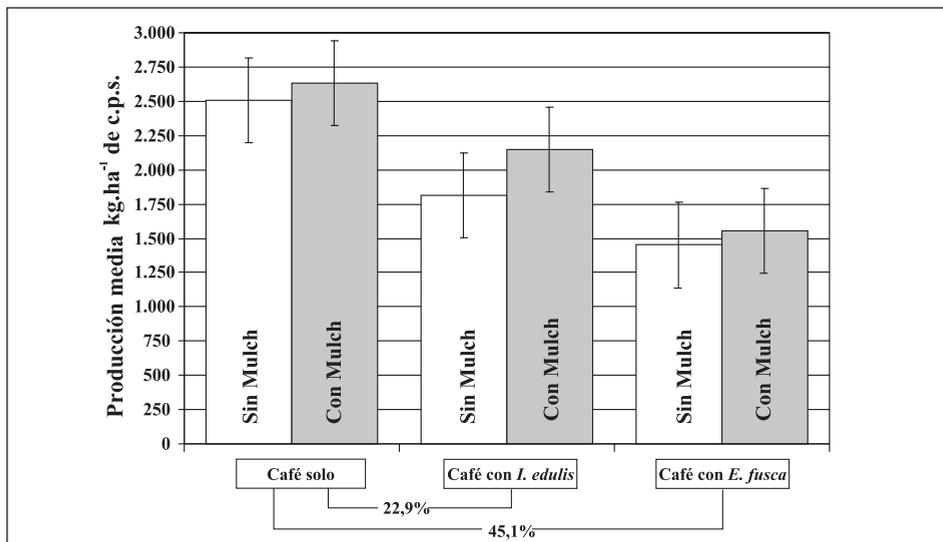


Figura 3. Promedios de la producción de café pergamino seco, de seis cosechas (kg ha⁻¹.año⁻¹) en los tres sistemas agroforestales estudiados, Subestación Experimental Pueblo Bello. 1997 a 2002.

De acuerdo a la características climáticas y de suelos de la localidad, se estableció que:

El promedio de la interceptación de la RFA fue del 72% con sombrío de *Inga edulis* y del 80% con *Erythrina fusca*, y fue al tercer año de edad de los árboles cuando éstos alcanzaron el nivel de sombra del 45%.

Al cultivar café a libre exposición solar o bajo sombrío, la cobertura vegetal muerta no tiene una implicación significativa sobre la producción.

La interceptación de la RFA ejercida por *I. Edulis* y *E. fusca* afecta significativamente la producción del café. El promedio de la producción del cafetal a libre exposición solar fue 22,9% mayor que con sombrío de *I. Edulis* y 41,5% más alta que con sombrío de *E. fusca*.

LITERATURA CITADA

1. ALPIZARO., L.A.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ C., G.A.; FOLSTER, H. 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*). Turrialba, CATIE, 1984. 41 p.
2. 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.
3. BEER, J.W.; MUSCHLER, R.G.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38:139-164. 1998.
4. 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.
5. BULL, R.A. Effects of mulching and irrigation in some East African coffee soils; a review. Turrialba 13(1):22-27. 1963.
6. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ –Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Archivo climático Disciplina de Agroclimatología 1996 a 2000. Chinchiná, Cenicafé, 2000.
7. Da MATTA F., M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crops Research 86:99-114. 2004
8. 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.
9. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA- FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Caracterización agroecológica del ecotopo y de los lotes para análisis de producción. Ecotopo 402. Bogotá, FNC, 1996.
10. FRANCO, C.M. A agua do solo e o sombreamento dos cafezais em Sao Paulo. Superintendencia dos Servicos do café. Sao Paulo. Brasil. Boletín N° 27 (299):10-19. 1952.
11. FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. Quantidade de agua transpirada peelo cafeeiro sombreado e peelo 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. JARAMILLO R., A. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. Cenicafé 33 (1):15-34. 1982.
14. 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.
15. MATIELLO, J.B.; DANTAS, F.A. DE S.; SANTINATO, R.; RIBEIRO, R.N. DE C. Efeito da cobertura morta na fase de formacao do cafeeiro, sobre o desenvolvimento e producao, no Estado de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12. Caxambu, Outubro 28-31, 1985. Rio de Janeiro, IBC-GERCA, 1985. p. 187-188.
16. 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).

17. 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.
18. NICHOLAS, I.D. Plantings in tropical and subtropical Areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22-23. 465-482. 1988.
19. OROZCO C., 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.
20. RAMAIAH, P.K. Impact of recent drought on coffee. *Indian Coffee* 51(2):5-8. 1988.
21. RAO, M.R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38(1-3):3-50, 1997
22. 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.
23. 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. Costa Rica. 14(1):24-28. 1964.
24. 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.
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. El cafeto en relación al agua. Turrialba, IICA, 1959. 46 p.
27. 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.
28. VAN NOORDWIJK., M. Mulch and shade model for optimum alley cropping design depending on soil fertility. In: Ong, Ch. K.; Huxley, P. (Eds). *Tree-crops interactions: a physiological approach*. Wallingford, CAB International, 1996. p. 51-72.
29. VAZ, J.T. Sombreamento e fertilizacao do cafezal. *Gazeta Agrícola de Angola* 12(2):100-103. 1967.
30. VICENTE C., J.; BONETA G., E.G.; ABRUÑA, F.; FIGARELLA, J. Effects of clean and strip cultivation, and of mulching with grass, coffee pulp, and black plastic, on fields of intensively managed coffee in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 53(2):124-131. 1969.
31. VILLANOVA, T. Uso y efecto del mulch en las plantaciones de café. *Café de El Salvador* 19(220):1713-1719. 1949.
32. 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.
33. 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.