

PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAFÉ BAJO ESTRUCTURA ARBÓREA DIVERSA

Fernando Farfán Valencia*; Pedro María Sánchez Arciniegas**

FARFÁN V., F.; SÁNCHEZ A., P., M. Producción sostenible de café bajo estructura arbórea diversa. Revista Cenicafé 65 (1):27-33. 2014

En la finca El Roble, ubicada en el municipio Mesa de los Santos, departamento de Santander, se evaluó la producción de café en sistemas agroforestales al implementarse prácticas para la producción orgánica. Los sistemas evaluados fueron: 1. Café con sombrío de guamo más carbonero y 2. Café con sombrío de guayacán más nogal, ambos sistemas con y sin aplicación de fertilizante orgánico. Los resultados indican que en los dos sistemas la producción de café es igual si se fertiliza el café. Además, independiente del sistema de sombrío utilizado se observó un incremento de la producción en 28,0% al comparar fertilización orgánica con el sistema sin fertilización. También se registraron producciones iguales al cultivar el café independientemente del tipo de sombrío, sin aplicación de fertilizante orgánico. Se estableció que pueden obtenerse ingresos del 27% en promedio, si se establece un plan de fertilización adecuado para el café.

Palabras clave: Sistema agroforestal, fertilización orgánica, guamo, carbonero, guayacán, nogal.

SUSTAINABLE COFFEE PRODUCTION UNDER A DIVERSE TREE STRUCTURE

In El Roble farm, located in the municipality of Mesa de los Santos, Santander, coffee production in agroforestry systems was assessed when practices for organic production were implemented. The systems evaluated were: 1. Coffee with shade of guamo and carbonero trees and 2. Coffee with shade of guayacán and walnut trees, both systems with and without organic fertilizer. The results indicate that coffee production is the same in both systems whether or not coffee is fertilized. Furthermore, regardless of the shade system used, there was production raise in 28.0% when compared to organic fertilizer with the system without fertilization. Equal yields were also recorded for coffee growth regardless of the shade, without the use of organic fertilizer. It is possible to get incomes of 27% on average if a proper fertilization coffee plan is established.

Keywords: Agroforestry, organic fertilization, guamo, carbonero, guayacán, walnut tree.

* Investigador Científico II, Disciplina de Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

** Asistente de Investigación, Disciplina de Experimentación, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

En los ecosistemas se ejerce presión sobre el suelo debido a diversos factores: explosión demográfica, tala y quema del bosque, siembra de monocultivos y cultivos transitorios, y en topografía quebrada, eliminación de la biodiversidad y la materia orgánica, a través de prácticas agronómicas no adecuadas, entre otros, lo cual conduce a la degradación del mismo, con la respectiva disminución del rendimiento de los cultivos y a la invasión de arvenses difíciles de controlar. Una de las alternativas para frenar estos procesos y, adicionalmente, hacer frente a las variaciones que en el clima puedan presentarse a futuro es la explotación del suelo mediante sistemas agroforestales o agroforestería.

La agroforestería es un sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo, mediante el cual se busca aumentar los rendimientos en forma continua, combinando especies arbóreas con cultivos de valor económico, en una forma simultánea o secuencial en la misma unidad de terreno (5, 17, 20), con aplicación de prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local (5).

La combinación de árboles y cultivos es una asociación entre entes diferentes, que coexisten y comúnmente difieren en rendimientos económicos. En el caso del café en sistemas agroforestales, es de los árboles de los cuales se espera la menor utilidad. Por lo tanto, la introducción de éstos en los cultivos no debe causar pérdidas en la productividad, por máspreciado que sea su servicio ambiental (23). Por lo tanto, la tarea es conocer, identificar e integrar la forestería y la agricultura a las tecnologías forestales y agronómicas, apoyándose en el conocimiento de tradiciones sociales rurales y las destrezas en las relaciones humanas.

Los sistemas agroforestales diversos contribuyen a la reducción de los procesos erosivos y pérdidas de agua; aportan gran cantidad de nutrientes y materia orgánica brindando sostenibilidad a los sistemas. Con una cobertura arbórea del 20% es suficiente para incrementar y mantener la actividad biológica y la fertilidad del suelo (8). La deposición de biomasa verde, la cobertura de hojas y los fertilizantes orgánicos, mejoran el estado nutricional del suelo. Algunos parámetros del suelo como el carbono orgánico, la actividad microbiana, la respiración, la mineralización y la calidad del suelo, muestran mayores valores en los cultivos bajo sistema agroforestal, en comparación con el monocultivo; así mismo, la aplicación de mulch en sistemas agroforestales compensa las pérdidas de C y promueve una mayor disponibilidad de N, sistemas en los que la sombra logra mantener una alta producción sostenible y rentable de café (19, 22).

Mediante las podas se reactivan los ciclos biogeoquímicos, lo que contribuye a la conservación del carbono del suelo, a la reducción de la degradación y la promoción de la sostenibilidad, pero los rendimientos agrícolas pueden reducirse a niveles no satisfactorios por la competencia de los árboles por el espacio y otros recursos (18). Adicionalmente, los sistemas agroforestales con café son un gran ejemplo de cómo los árboles de sombra pueden beneficiar el cultivo, regulando el equilibrio del agua; aunque los árboles consumen agua, la cantidad consumida no pone en peligro la disponibilidad de agua para el cultivo, pues el mayor aporte de los árboles es reducir la tasa evaporativa del suelo y la transpiración del cultivo (11).

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (6), dentro de las estrategias conducentes a recuperar, estabilizar y aumentar

la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, plantea la implementación de densidades de siembra y arreglos del cultivo en función del sombrero y del potencial de crecimiento y producción, y la implementación de sistemas de manejo del sistema agroforestal con café. Los resultados de este estudio sirven de soporte para el diseño y establecimiento de sistemas de producción de café con la inclusión de especies arbóreas; siempre que los modelos agroforestales implementados tengan como propósito la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción, para garantizar la sostenibilidad de la caficultura colombiana. Con estos propósitos, Cenicafé evaluó la respuesta del café en términos de producción cuando se cultiva en sistemas agroforestales diversos o estratificados, y en ausencia y presencia de la fertilización orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se desarrolló en la Finca El Roble, ubicada en el municipio Mesa de los Santos, departamento de Santander. En la Tabla 1 se presenta la ubicación geográfica y las características de clima y suelos de la zona de estudio.

Componentes del Sistema Agroforestal (SAF).

El componente arbóreo estuvo constituido por dos especies leguminosas, *Inga edulis* (guamo santafereño) y *Albizia carbonaria* (carbonero), y dos especies arbóreas maderables *Cordia alliodora* (nogal cafetero) y *Tabebuia rosea* (guayacán). Como componente agrícola se utilizó café variedad Colombia.

Tratamientos. Los tratamientos, cuatro en total, estuvieron constituidos por la combinación de los niveles de sombra café con guamo y carbonero, café con guayacán y nogal (Factor A), y dos niveles de fertilización (Factor B), los cuales se describen y enumeran en la Tabla 2.

En ninguno de los tratamientos se hizo intervención de tipo químico como: aplicaciones de fertilizantes, herbicidas, fungicidas o insecticidas; solamente se consideraron los aportes de los abonos orgánicos, basados en los principios de la producción orgánica.

Diseño experimental. Se empleó un diseño de bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con cuatro replicaciones, con el Factor A (el

Tabla 1. Características de clima y suelos, Finca El Roble-Santander.

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
Características climáticas		Fósforo (mg.kg ⁻¹)	2,0
Temperatura media (°C)	19,7	Potasio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	0,17
Temperatura máxima (°C)	27,1	Calcio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,6
Temperatura mínima (°C)	13,1	Magnesio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	0,4
Precipitación (mm)	2.003	Ecotopo	218A
Brillo solar (horas año)	1.819	Unidad cartográfica	Unidad Timbio
Humedad relativa (%)	80,0	Grupo taxonómico	Typic Melanudands
		Material parental	Cenizas volcánicas

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Nº	Tratamiento	Descripción
1	A1B0	Café con sombrío de guamo + carbonero, sin fertilización
2	A1B1	Café con sombrío de guamo + carbonero, con fertilización
3	A2B0	Café con sombrío de guayacán + nogal, sin fertilización
4	A2B1	Café con sombrío de guayacán + nogal con fertilización

nivel sombrío) como parcelas principales y el Factor B (aplicación de fertilizante orgánico) como las subparcelas.

Establecimiento. El estudio inició en 2003 con el establecimiento simultáneo del componente arbóreo y del café. Durante los tres primeros años y hasta cuando el sombrío estuvo desempeñando su función, el café estuvo bajo sombrío transitorio de *Tephrosia candida* (tefrosia). El café se estableció a 1,25 x 1,25 m (6.400 plantas/ha) y el sombrío a 7,5 x 7,5 m (178 árboles/ha). El área de cada parcela fue de 2.025 m², con un área total de 3,3 ha, aproximadamente.

Fertilización. El biofertilizante aplicado fue una mezcla de 70,0% de pollinaza, más 30,0% de pulpa de café y otros residuos (cascarilla de arroz, estiércol vacuno, etc.); la dosis aplicada fue de 4,0 kg por planta al año, fraccionando la mitad de la dosis en el primer semestre del año y la otra mitad en el segundo. Las concentraciones de nutrientes determinados para este material orgánico fueron de: 2,1% de N; 63,1% de M.O.; 2,2% de P; 3,0% de K; 5,8% de Ca; 0,91% de Mg y pH de 8,7.

Variable evaluada

Respuesta del café en producción. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones mensuales de café cereza por parcela, los registros se transformaron a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando

un factor de conversión de 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco).

Análisis de la información. Se realizó análisis de varianza para cada sistema de cultivo estudiado y por año de producción, bajo el modelo para el diseño experimental utilizado y una prueba de Tukey al 5% para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta en producción del café. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en cinco cosechas (2005 a 2009).

Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada entre los años 2005 y 2009, bajo cada condición de sombrío y nivel de fertilización, indican que no hubo diferencias significativas cuando se cultiva café con sombrío de las dos especies leguminosas y las dos forestales, con fertilización orgánica. Tampoco se evidenciaron diferencias al comparar los dos sistemas de sombrío sin fertilización. En el año 2007 las máximas producciones se obtuvieron en los sistemas de producción que además de tener sombrío, se fertilizaron. Las mejores producciones se obtuvieron con el cultivo de café independiente del tipo de sombrío evaluado y con fertilización.

Al comparar el promedio de la producción de cinco cosechas de café (2005 a 2009),

Tabla 3. Promedio de la producción (kg.ha⁻¹) de cinco cosechas de café (2005-2009). Finca El Roble-Santander.

Años	Producción (kg.ha ⁻¹ de c.p.s.) en cada sistema			
	Café con sombrío de guamo y carbonero		Café con sombrío de guayacán y nogal	
	Sin fertilización	Con fertilización	Sin fertilización	Con fertilización
2005	950 b	1.373 a	905 b	1.374 a
2006	2.443 b	3.175 ab	2.824 ab	3.265 a
2007	2.985 b	4.824 a	1.821 b	4.641 a
2008	3.018 a	3.270 a	2.631 a	2.589 a
2009	2.861 a	2.386 a	2.193 a	1.900 a
Media	2.451 ab	3.005 a	2.075 b	2.754 ab
c. v.	0,32	0,38	0,33	0,41

Letras no comunes indican diferencias estadísticas, según prueba de Tukey al 5%.

se observó que cuando se cultiva café con sombrío de guamo y carbonero o guayacán más nogal y con aplicación de fertilizante orgánico, se produce en promedio 28,0% más, si el café se fertiliza con abonos orgánicos. Al cultivar café independientemente del tipo de sombrío, sea guamo más carbonero o guayacán más nogal, la producción es igual si se fertiliza el café. También se registraron producciones iguales al cultivar el café con cualquiera de los dos tipos de sombrío y no se aplicaron fertilizantes orgánicos.

La fertilización orgánica en sistemas agroforestales con café, promueve la dinámica poblacional de micorrizas (12), aumenta los niveles de N, P, K y Mg, con la cual se incrementa y mantiene la producción de café, pero disminuye los niveles de Ca, elemento que puede convertirse en limitante para la producción (3, 10). Porras (16), observó que la biomasa microbiana y carbono orgánico correlacionaron con suelos bajo sistemas agroforestales; la población de lombrices tuvo correlación con suelos en sistemas de producción orgánica; y la densidad aparente y el contenido de potasio correlacionaron con los suelos bajo producciones convencionales.

Otros parámetros de la calidad del suelo como C orgánico total, respiración del suelo

y la tasa de mineralización de nutrientes también contribuyen al mejoramiento de la calidad en la producción del café, al compararse con los monocultivos (14, 22). El mejoramiento de potencial productivo puede lograrse con el uso adecuado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y al aprovechamiento de los subproductos del cultivo, así como con el asocio de árboles, planes de reducción de procesos erosivos, entre otros, pues se regula el pH del suelo, la CIC, los cationes intercambiables, el C orgánico total y la mineralización neta (1, 13).

Los beneficios de la fertilización. En los sistemas tradicionales de explotación del café no se utilizan abonos químicos o éstos se aplican en dosis muy bajas y las prácticas culturales se limitan principalmente a las desyerbas y a las podas, entre otras (7). Desde los inicios del desarrollo de la caficultura orgánica en Colombia, se consideró que estos sistemas de producción serían los verdaderos sistemas de producción con prácticas orgánicas, en los cuales los programas de fertilización se basaban en el aporte de material vegetal y la transferencia de nutrientes realizados por los componentes arbóreos y el café, desconociendo la importancia de complementar los programas con aplicaciones adicionales de materiales orgánicos.

De acuerdo a los resultados, se infiere que la limitación o eliminación de la práctica de fertilización en sistemas de producción de café en sistemas agroforestales y con técnicas orgánicas, puede traer efectos detrimentales para el cultivo. En el sistema café más guamo y carbonero, con fertilizaciones orgánicas de 4,0 kg/planta al año del abono orgánico anteriormente descrito, se alcanzaron producciones de 3.005 kg.ha⁻¹ de c.p.s., en promedio, con 554 kg.ha⁻¹ de c.p.s. más que cuando no se realiza la fertilización; es decir, si se fertiliza el café se obtiene un incremento del 22,0% al compararse con el café sin fertilización.

En el sistema café más guayacán y nogal, con fertilización orgánica y las mismas dosis del abono orgánico, se alcanzaron producciones de 2.754 kg.ha⁻¹ de c.p.s., en promedio, con 679 kg.ha⁻¹ de c.p.s. más que cuando no se fertilizó. Estos resultados sugieren que en este sistema de producción se obtiene un incremento del 32,0% si se fertiliza el café al compararse con el café sin fertilización. Cabe anotar que solo se hace referencia a la bondad económica de la fertilización, sin que en el análisis se haya hecho alusión a las bondades y efectos sobre la calidad del suelo y la sostenibilidad ambiental que tienen la fertilización orgánica.

La fertilización con residuos orgánicos se traduce en una reducción significativa por lixiviación e infiltración de macro, micronutrientes y materia orgánica del suelo en sistemas agroforestales, por el contrario, aumentan sus tenores especialmente de P en las capas profundas del suelo y se reducen las aplicaciones de enmiendas; es decir, el componente arbóreo y orgánico son los principales mecanismos de regulación de pérdidas de nutrientes, contribuyendo a amortiguar el empleo y gestión de fertilizantes especialmente los inorgánicos (2, 9, 21).

No obstante, se encuentran resultados en los cuales Payán *et al.* (15) indican que los macroorganismos del suelo y la materia orgánica del suelo solo representan fracciones muy pequeñas por la fertilización con residuos orgánicos, así como la biomasa microbiana y las lombrices de tierra, por lo tanto, la fertilización orgánica y sus dosis tienen poco beneficio agronómico en los cultivos de café.

Para mayor expresión del potencial de los productos orgánicos los sistemas agroforestales deben ser diseñados de tal manera que se incremente la fertilidad del suelo; pues de esta manera se reducen los riesgos por déficit o exceso hídricos, se mantienen los niveles de nutrientes y se reducen la presión de plagas y enfermedades (4).

LITERATURA CITADA

1. ALFARO V., M.A. Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico: Seropédica. Rio de Janeiro : Universidade federal rural do Rio de Janeiro, 2004. 186 p. Tese Doutorado em agronomia, área de concentração em ciência do solo.
2. ALISSON DA S., X.F.; SENNA DE O., T.; VAZ A., F.; MENDONÇA, E. Phosphorus fractionation in a sandy soil under organic agriculture in northeastern Brazil. *Geoderma* 151:417-423. 2009.
3. CASTRO T., B.S.; DIETSCH C., T.; URENA A., N.; VINDAS A., L.; CHANDLER C., M. Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, ecosystems and environment* 155:172-181. 2012.
4. DE PONTI, T.; RIJK, B.; VAN ITTERSUM, M.K. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural systems* 108:1-9. 2012.
5. DURÁN V., Y. Sistemas agroforestales. [En línea]. Bogotá : UNAD, 2004. 56 p. Disponible en internet: <http://www.unad.edu.co/pages/cursos/agrarias.htm>. Consultado en noviembre de 2005.
6. FNC. Documento estratégico sostenibilidad de la caficultura colombiana: Diagnóstico climático

- alternativas de adaptación para la caficultura. Manizales : FNC, 2011. 36 p.
7. JUNGUITO B., R.; PIZANO S., D. Producción de café en Colombia. Bogotá : FEDESARROLLO, 1991. 320 p.
 8. KABIR, A.; HEMATZAD E., Y.; BARAN I., H. Agroforestry and its role in soil conservation and erosion protection multifunctional grasslands in a changing world 2:231. 2008.
 9. KAPKIYAI, J.J.; KARANJA, N.K.; QURESHI, J.N.; SMITHSON, P.C.; WOOMER, P.L. Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenyan nitisol under long-term fertilizer and organic input management. Soil biology and biochemistry 31:1773-1782. 1999.
 10. LEBLANC, H.A.; NYGREN, P.; MCGRAW, R.L. Green mulch decomposition and nitrogen release from leaves of two *Inga* spp. in an organic alley-cropping practice in the humid tropics. Soil biology and biochemistry 38:349-358. 2006.
 11. LIN, B.B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. Agricultural and forest meteorology 150:510-518. 2010.
 12. MULETAA, B.D.; ASSEFAA, F.; NEMOMISSAA, S.; GRANHALL, U. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. Forest ecology and management 241(1/3):145-154. 2007.
 13. MURAGE, E.W.; NARANJA, N.K.; SMITHSON, P.C.; WOOMER, P.L. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's central highlands. Agriculture, ecosystems and environment 79:1-8. 2000.
 14. NONATO DE S., H.; GOEDEA R., G.M. DE; BRUSSAARD A., L.; CARDOSO B., I.M.; DUARTE B., E.M.G.; FERNANDES B., R.B.A.; LUCAS, C.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic rainforest biome. Agriculture, ecosystems and environment 146:179-196. 2012.
 15. PAYAN, F.; JONES, D.J.; BEER, J. Dynamics of size-density fractions of soil organic matter following the addition of tree litter to organic coffee farms. Geoderma 141:15-22. 2007.
 16. PORRASV., C.M. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el corredor biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Turrialba : CATIE, 2006. 150 p.
 17. SÁNCHEZ L., J.A. La agroforestería y el desarrollo sostenible. San Pedro Sula : FHIA, 2003. 19 p.
 18. SCHROEDER, P. Organic matter cycling by tropical agroforestry systems: A review. Journal of tropical forest science 7(3):462-474. 1995.
 19. SHEIKH, M.H.R.; ALI, M.O.; KHAN, M.S.; HANNAN, A.; RAHMAN., M.T. Sustainable crop production retaining soil fertility and environment through agroforestry system. International journal of sustainable crop production 2(6):1-5. 2007.
 20. TORQUEBIAU, E. Conceptos de agroforestería: Una introducción. Chapingo : Universidad autónoma de Chapingo, 1993. 89 p.
 21. TULLYA, K.L.; LAWRENCE, D.; SCANLON, T.M. More trees less loss: Nitrogen leaching losses decrease with increasing biomass in coffee agroforest. Agriculture, ecosystems and environment 161:137-144. 2012.
 22. YOUKHANA, A.; IDOL, T. Tree pruning mulch increases soil C and N in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. Soil biology and biochemistry 41:2527-2534. 2009.
 23. WADSWORTH, F.H. Agriculture handbook. Washington : Department of agriculture, 1997. 563 p.