



AVANCES TÉCNICOS 307

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Enero de 2003

ROTACIÓN DE CULTIVOS INTERCALADOS DE CAFÉ, CON MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES

Argemiro Miguel Moreno Berrocal*; José Horacio Rivera Posada**

Las condiciones ecológicas de la zona cafetera colombiana, de características climáticas como lluvias agresivas de intensidades altas (intensidades máximas en treinta minutos de 66 a 86 mm/h), suelos de susceptibilidad variable a la erosión (natural a muy severa), con pendientes desde planas (0 - 12%) hasta muy escarpadas (mayores del 75%) y de longitudes largas (300 a 500 m) a muy largas (500 a 800 m), obligan a considerar dicha zona del país como un ecosistema frágil. De ahí que no sea conveniente usar sistemas de labranza que conduzcan a la remoción del suelo.

Se recomienda entonces la siembra directa o labranza cero, que consiste en ahoyar y sembrar directa e inmediatamente. Se considera que el establecimiento de monocultivos transitorios (fríjol, maíz, tomate y yuca, entre otros), mal llamados "cultivos limpios", favorece la erosión en la región cafetera colombiana.

* Investigador Científico I, Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafe, Chinchiná, Caldas, Colombia

** Investigador Científico II, Conservación de Suelos, Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafe, Chinchiná, Caldas, Colombia hasta agosto de 2002.



No obstante, el problema no es el cultivo en sí, sino el manejo que se da al suelo durante las diferentes etapas, tales como: establecimiento, desarrollo y cosecha.

Gran parte de la caficultura colombiana se encuentra establecida en suelos derivados de cenizas volcánicas, de fertilidad media pero bastante frágiles, lo cual exige un manejo técnico adecuado para su explotación sostenible. El mayor riesgo lo determina la erosión hídrica, a causa de las precipitaciones intensas y frecuentes que ocurren en esta zona, que aparte de inducir la pérdida de capa vegetal, afecta su bioestructura.

Cuando ésta desaparece, ocurre mayor erosión, crecientes y sequías, debidas a la infiltración deficiente de agua en el suelo (18). Ante este panorama, el uso agrícola debe basarse en sistemas de cultivos con manejos apropiados que garanticen su conservación y sostenibilidad.

El mayor problema en el establecimiento de cultivos transitorios es la creencia generalizada de que el suelo debe estar totalmente desnudo, para lograr muy buenas cosechas y que los cultivos requieren aporques permanentes para evitar que se exponga el sistema radical. Hay que hacer claridad en el sentido que la demanda de aporques es consecuencia de la erosión causada por las desyerbas drásticas generalizadas, ya sea con azadón o herbicidas, que dejan los suelos removidos, desnudos totalmente y expuestos al arranque por el impacto de las gotas de lluvia y al arrastre por las aguas que escurren

ladera abajo. De ahí que no sea raro observar en los períodos de invierno el paso de las aguas de ríos y quebradas totalmente turbias por la gran cantidad de sedimentos que transportan y que provienen de las fincas ubicadas en zonas de ladera, que día a día son menos productivas debido a la pérdida permanente del suelo fértil y con él, de la fertilidad natural.

Lo anterior indica la urgencia de producir alimentos en estas zonas de ladera pero, minimizando las pérdidas del suelo.

CULTIVOS INTERCALADOS

La diversificación de la producción agrícola en la zona cafetera colombiana ha implicado un uso intensivo de tierras, mediante el intercalamiento de cultivos

semestrales en los cafetales en su etapa de establecimiento, tanto en siembras nuevas como en los cafetales renovados por zoqueo. Como se dijo anteriormente, los agricultores al considerar que algunas arvenses interfieren con la productividad de los cultivos, mantienen sin vegetación los suelos durante casi todo el ciclo de vida del cultivo. Para contrarrestar este problema y su consecuencia principal, la erosión, y producir alimentos sin deterioro del recurso suelo, Cenicafé ha generado como producto de la investigación algunas prácticas preventivas como las barreras vivas (Figura 1). No obstante, por su mayor eficiencia, se ha venido generalizando el Manejo Integrado de Arvenses (19, 20, 21, 22), que consiste en el uso oportuno y conveniente de los diferentes métodos de control selectivo de arvenses, favoreciendo el establecimiento de coberturas “nobles” (Figura 2) y coberturas



Figura 1. Barreras vivas



Figura 2. Coberturas “nobles”



Figura 3. Coberturas muertas

muertas como la ramilla de los cafetos después del zoqueo (Figura 3). Esta es la práctica preventiva más eficiente contra la erosión, que no afecta la producción del cultivo y permite reducir costos en las desyerbas.

De otra parte, la desyerba selectiva cada vez es más aceptada como una práctica para mantener parte de la cobertura natural del suelo con plantas bajas, denominadas arvenses nobles, consideradas no competitivas para el café con el fin

de ayudar a prevenir la erosión, conservar la fertilidad natural del suelo y disminuir los costos de producción del café (10). Si bien, hoy se cuenta con información sobre las interacciones entre las arvenses y el cultivo de café como monocultivo (21), en el pasado no existía para sistemas conformados por café y cultivos intercalados. Por dicha razón, se consideró importante estimar el beneficio del manejo selectivo de arvenses en este sistema de producción.

El hecho de poder hacer también desyerbas selectivas en un sistema de cultivo de café con cultivo intercalado, para mantener coberturas vivas, tiene sus implicaciones prácticas, económicas y ecológicas. De esta forma, se puede garantizar en gran parte una caficultura más rentable, diversificada y sostenible. Además, al considerar que el intercalamiento de otros cultivos con el café puede hacerse durante los dos primeros años de su ciclo, se admite la posibilidad de rotar los cultivos intercalados.

En consecuencia, la rotación de maíz, frijol y tomate de mesa, también puede contribuir a la sostenibilidad de la caficultura colombiana, mantener la productividad del café, producir alimentos, generar empleo rural y reducir los costos de producción del café.

Las arvenses nobles han mostrado ser la práctica preventiva más eficiente (97%) contra la erosión. Esta tecnología, puede ser transferida también a los cultivos intercalados, para mejorar la fertilidad del suelo mediante el reciclaje de su biomasa (10, 19, 20).

En un estudio sobre el reciclaje de nutrimentos en tres sistemas de manejo de arvenses en una plantación de café entre junio y diciembre, se encontró que con el manejo integrado y luego del corte de las arvenses con machete entre 4 y 5 centímetros de altura, la biomasa de dichas coberturas aumentó de 0 a 18 g/m² y siguió subiendo hasta 76 g/m² en octubre, que representa de 2 a 3 g de nitrógeno/m². Además, los resultados indican que con cinco cortes a machete se logró una biomasa de 337 g/m² para un retorno de 9 g de nitrógeno/m² al suelo(1).

ROTACIÓN DE CULTIVOS TRANSITORIOS

Una de las acciones más efectivas para influir sobre la vida del suelo es la rotación de cultivos de forma racional y deliberada. Esto significa, cambiar la materia orgánica que está adicionada al suelo, cambiar las excreciones radicales, modificar la explotación de minerales del suelo, es decir, beneficiar cada vez más a organismos diferentes y, con eso, evitar el desequilibrio entre ellos, al aumentar la biodiversidad (18).

La rotación de cultivos consiste en cultivar varias especies de forma secuencial en el mismo sitio (25) y como tal, ha existido durante miles de años, como resultado de la experiencia humana relacionada con la productividad del suelo. MacRae y Mehuys, citados por Karlen et al. (11), informan que la rotación de cultivos se practicó en la dinastía Han de China, hace más de 3.000 años, lo mismo que en las

antiguas Grecia y Roma. Plinio, mencionó cuatro secuencias de rotación: dos para suelos buenos y una para suelos de "segunda y tercera", respectivamente.

Es interesante anotar que para los suelos de "tercera", él recomendaba la rotación de trigo y frijol u otra leguminosa, introduciendo un período de descanso.

Los primeros agricultores, al observar que los rendimientos de los cultivos disminuían al sembrarlos en el mismo lote a través del tiempo, optaron por la rotación para mantener la productividad.

Como sistema agrícola, la rotación altera la composición en la comunidad de arvenses (3); afecta los ciclos de plagas y enfermedades (12, 14); aporta nutrimentos mediante el reciclaje de los residuos de cosecha; permite labranza mínima; fijación de nitrógeno como ocurre al rotar con leguminosas; se mejoran algunas propiedades físicas del suelo que aumentan el drenaje interno y la aireación por los residuos de algunos cultivos como el maíz y la soya (7, 18, 23). También se ha demostrado que la producción y la calidad de los cultivos es mayor en rotación con relación a la producción continua (8) y la residualidad de la fertilización nitrogenada beneficia al cultivo siguiente (2, 4, 6, 13).

La producción continua de maíz, frijol y tomate de mesa intercalados con café; tanto en siembras nuevas como en cafetales renovados por zoqueo, permite reducir los costos de producción de café y generar otros ingresos sin afectar la producción de éste (15, 16, 17).

Conocedores de las ventajas que presentan las coberturas vegetales en la protección del suelo contra la erosión y en la reducción de costos en las desyerbas, se quiso conocer su efecto en la producción de zocas de café y cultivos transitorios intercalados en las zocas. Para ello, se evaluó el efecto de tres secuencias de rotación con maíz, frijol y tomate de mesa sobre la productividad de café renovado por zoqueo, con y sin Manejo Integrado de Arvenses.

El experimento se realizó en la Estación Central Naranjal, del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas; a 1.425 m de altitud, entre abril de 1997 y diciembre de 2000.

En cafetales renovados por zoca con distancias de siembra (1mx1m, 1,15mx1,15m y 1,42mx1,42m), se hicieron tres secuencias de rotaciones de maíz, frijol y tomate de mesa.

La siembra de los cultivos intercalados se inició con maíz y luego se hizo rotación con frijol - frijol, Frijol - tomate y tomate - frijol.

CAFETAL CON MANEJO SELECTIVO DE ARVENSES

Al hacer el zoqueo del café se repicaron todas las ramas y ramillas, distribuyendo todo ese material uniformemente sobre todas las parcelas, con el fin de proteger el suelo contra la erosión y retardar el crecimiento de las arvenses agresivas. Esto facilitó el manejo selectivo por parcheos con el

selector de arvenses, a través del tiempo y se usó el machete y la guadaña cuando fue necesario (22).

CAFETAL SIN MANEJO SELECTIVO DE ARVENSES

En estas parcelas se retiró todo el material producto del repique de las ramas y las ramillas al hacer el zoqueo, práctica frecuente entre los agricultores. En estas parcelas, las arvenses crecieron muy rápido, y por tanto, se hicieron las desyerbas más frecuentes y necesarias para mantener las parcelas siempre libres de coberturas y eliminar la competencia al cultivo.



vegetativo 150 a 160 días, rendimiento promedio 4.000 kg/ha, densidad de población 45 a 55 mil plantas/ha y adaptación entre 1.200 y 1.800 m de altitud. Se sembraron 45.000 plantas/ha con labranza cero.

Tomate



Se sembró la variedad Chonto Santa Cruz; por su buen comportamiento en la zona cafetera, aceptación comercial y productividad. La siembra se hizo mediante trasplante a los 15 días después de la emergencia, previa incorporación de 300 g/sitio de materia orgánica.

Café



Se utilizó un cultivo renovado por zoqueo de la variedad Colombia. El zoqueo se hizo cortando el tallo principal a 30 cm del suelo (5, 24).

Maíz

Se sembró la variedad ICA V-305; grano amarillo, textura del grano cristalino, altura promedio de plantas 2,2 m, altura a la mazorca superior 0,9 m, días a la floración 70, período

Fríjol



Se usó la variedad ICA Cafetero; grano rojo moteado de crema y semibrillante, de 30 días a la floración, 90 días a la maduración, rendimiento promedio de 1.400 kg/ha, adaptación de 1.000 a 1.800 m de altitud, grano alargado y ligeramente cilíndrico. De hábito de crecimiento arbustivo, entre 45 y 60 cm de altura y de porte erecto. Se sembraron 160.000 plantas/ha con labranza cero.

El manejo agronómico del café y de los cultivos intercalados se hizo de forma independiente de acuerdo con las necesidades de cada cultivo. La fertilización se planificó con base en los resultados del análisis de suelo. Las distancias de siembra de café empleadas en este experimento corresponden a las más frecuentes y las poblaciones de maíz, fríjol y tomate de mesa se decidieron según los resultados experimentales del sistema café intercalado con cultivos semestrales (15, 16,17).

En la Tabla 1, se observa, que el sistema de manejo de arvenses, no afectó la producción media de las dos primeras cosechas de café. Esto indica que en cuanto a producción de café es igual tener el cultivo libre de arvenses totalmente, que dejar coberturas “nobles” mediante un manejo integrado de arvenses.

La diferencia está en que el manejo integrado de arvenses permite

Tabla 1. Promedio de las dos primeras cosechas de café con Manejo Integrado de Arvenses y sin Arvenses (limpio), en kg/ha de café pergamino seco. Estación Central Naranjal, Chinchiná, Caldas, 2000.

Distancia de siembra del café (m)	Secuencia de la rotación de los cultivos intercalados	Cultivo con Manejo Integrado de Arvenses	Cultivo sin arvenses (limpio)
1,42x1,42	CAFÉ SOLO	3.980	3.758
1,42x1,42	MAÍZ-FRÍJOL-FRÍJOL	4.726	4.290
1,42x1,42	MAÍZ-FRÍJOL-TOMATE	4.079	3.624
1,42x1,42	MAÍZ-TOMATE-FRÍJOL	3.872	3.834
1,15x1,15	CAFÉ SOLO	6.184	5.259
1,15x1,15	MAÍZ-FRÍJOL-FRÍJOL	5.398	5.063
1,15x1,15	MAÍZ-FRÍJOL-TOMATE	4.664	4.747
1,15x1,15	MAÍZ-TOMATE-FRÍJOL	5.294	5.122
1,00x1,00	CAFÉ SOLO	6.509	5.294
1,00x1,00	MAÍZ-FRÍJOL-FRÍJOL	6.222	5.117
1,00x1,00	MAÍZ-FRÍJOL-TOMATE	4.579	4.273
1,00x1,00	MAÍZ-TOMATE-FRÍJOL	5.448	6.043
Media general		5.079	4.702
Diferencia mínima significativa (Tukey al 5%)		700	
Coeficiente de variación (%)		12,93	

beneficios económicos al reducir los costos por concepto de ahorro en los jornales considerados en el manejo tradicional de arvenses, desnudando totalmente el suelo. Además, al poder mantener una cobertura "noble" se reduce el riesgo de erosión y por ende, es un sistema de producción de café sostenible.

En consecuencia, estos resultados son un soporte experimental que permite producir café haciendo un manejo integrado de arvenses, sin que se afecte su producción. Además, al poder recomendar el manejo integrado de arvenses en los cultivos de café y en la medida en que se adopte, se irá formando una actitud positiva de los

caficultores frente a esta opción tecnológica, que con el paso del tiempo se espera haga parte de la cultura agrícola de la zona cafetera colombiana.

Así mismo, en la Tabla 2, se observa que el Manejo Integrado de arvenses, no afecta la producción de fríjol, maíz, ni del tomate de mesa y tampoco la producción de café por la presencia de alguno de estos cultivos en las secuencias de rotación. Esto determina la factibilidad técnica de intercalar maíz, fríjol o tomate de mesa en cualquiera de las secuencias de rotación estudiadas con manejo integrado de arvenses, sin que se afecte la producción de los cultivos en mención. De esta forma, se

puede diversificar la producción de alimentos, bajar los costos de producción de café por el concepto de ahorro en desyerbas, generar empleo rural, obtener ingresos adicionales y garantizar la sostenibilidad de estas opciones de uso de la tierra.

CONCLUSIONES

Es factible producir café manteniendo coberturas vivas, mediante desyerbas selectivas usando el equipo selector de arvenses, machete o guadaña y plateos a las plantas de café.

Las secuencias de rotación de los cultivos intercalados y la presencia

Tabla 2. Media de las producciones de maíz, tomate de mesa y frijol intercalados con café renovado por zoqueo en tres secuencias de rotación. Estación Central Naranjal, Chinchiná, Caldas, 2000.

Manejo Integrado de Arvenses	Densidad del café	k/ha de maíz grano seco 14% de humedad	Producción de tomate (t/ha)		kg/ha grano seco de fríjol al 14 % de humedad (*)
			MTF	MFT	
Con	5.000	2.991	37,0	27,1	998
	7.500	2.975	46,5	36,0	1.377
	10.000	2.405	52,4	31,6	1.292
		2.790	45,3	31,6	1.222
Sin	5.000	1.757	38,1	27,0	483
	7.500	2.045	41,8	33,0	761
	10.000	1.821	46,0	36,5	958
		1.874	42,0	32,2	734
Media general					
Coeficiente de variación (%)		26,3	8,5	9,6	24,3

(*) Media de las secuencias Maíz-Frijol-Tomate (MFT); Maíz-Tomate-Frijol (MTF); Maíz-Frijol-Frijol (MFF)

de coberturas vivas no afectan la producción. En consecuencia, las zocas de café se pueden intercalar con maíz, frijol o tomate de mesa

en rotación y manejo de coberturas, logrando la sosteni-bilidad del sistema café, diversificar la producción, conseguir seguridad

alimentaria, generar ingresos adicionales para el caficultor y bajar los costos de producción.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR B., STAVE C. Reciclaje de nutrientes bajo tres sistemas de manejo de malezas en una plantación de café. (Resumen consultado en: IICA, Boletín PROMECAFE, Abril - Junio 1996 p 20).
- BALDOCK, J.O.; HIGGS, R. L.; PAULSON, W. H.; SHRADER, W. D; JACKOBS, J. A. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the Upper Mississipi Valley. Agronomy Journal 73:885-890. 1981.
- BUCHAMAN, G. A.; HOVELAND, C. S.; BROWN, V. L.; WADE, R. H. Weed population shifts influenced by crop rotations and weed control programs. Proc. South. Weed Science. Soc. 28:60-71. 1975.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Elementos estructurales de un experimento agrícola; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Escobar, Jorge A. Producción: Ospina, Héctor F. Cali, Colombia. CIAT 1981. 28 p. (Serie 04SB-03.01).
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CENICAFÉ. Chinchiná, Avances Técnicos Cenicafe N° 74:1-8. 1992.
- CHÁVES C., B.; SÁNCHEZ, H.; RODRÍGUEZ, N. Tamaño, forma y número de parcelas para ensayos

de producción de café variedad Caturra. Cenicafe 43(2):43-60. 1992.

- HESTERMAN, O. B.; RUSSELLE, M. P.; SHAEFFER, C.C.; HEICHEL, G. H. Nitrogen utilization from fertilizer and legume residues in legume-corn rotations. Agronomy Journal 79:726-731. 1987.
- HONEYCUTT, C. W. Crop Rotation Impacts on Potato Protein. On line:<http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000008/49/0000084987.html> .10 de diciembre de 2001.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Precios y Producciones: Productos agrícolas perecederos,

Boletín anual No. 22, FEDERACAFÉ-CORDICAFÉ, Bogotá, 1995.

10. GÓMEZ A., A. Las malezas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos Cenicafe No. 151:1-4. 1990.
11. JARAMILLO P. M. El Cultivo del maíz. Proyecto de Hortalizas y Frutales, Departamento Técnico, Prodesarrollo. FECHA. PÁGINAS.
12. KARLEN, D. L.; VARVEL, G. E.; BULLOCK, D. G.; CRUSE, R. M. Crop Rotations For The 21st Century. Advances in agronomy, 53:1-45, 1994.
13. LARIOS, J. F; R. A. MORENO. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II Roya y muerte descendente. Turrialba 27:151-156. 1977.
14. LOBO, M. Limitantes y Perspectivas de la producción de frijol en Colombia. Actualidades ICA, Boletín informativo 5(55):1-4. 1991.
15. MORENO, R. A. Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la

severidad de la mancha angular del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) causada por *Isariopsis griseola*. Agronomía Costarricense 1:39-42. 1977.

16. MORENO B., A. M.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales intercalando tomate de mesa con café en nuevas siembras. Avances Técnicos Cenicafe No. 221:1-4. 1995.
17. MORENO B., A. M.; POSADA S., H.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar frijol en siembras nuevas de café. Avances Técnicos Cenicafe No. 219:1-4. 1995.
18. MORENO B., A. M.; POSADA S., H.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar maíz en siembras nuevas de café. Avances Técnicos Cenicafe No. 220:1-4, 1995.
19. PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. 5. ed. Buenos Aires. 1984. 499 p.
20. RIVERA P., J. H. Recomendaciones para establecer el manejo integrado de malezas. Avances Técnicos Cenicafe No. 204:1-4. 1994.

21. RIVERA P., J. H. Construya su equipo para aplicación racional de herbicidas y establezca coberturas nobles en su cafetal. Avances Técnicos Cenicafe No. 206:1-8. 1994.
22. RIVERA P., J. H. Arvenes y su interferencia en el cultivo del café. Avances Técnicos Cenicafe Colombia No. 237:1-8. 1997.
23. RIVERA P., J. H. Manejo integrado de arvenes en los cafetales aumenta los ingresos y evita la erosión. Avances Técnicos Cenicafe No. 259:1-4. 1999.
24. URIBE H., A. Zoqueo de cafetales. Chinchiná. Avances Técnicos Cenicafe N° 66:1-4. 1977.
25. UNGER, P. W. Soil organic matter and nitrogen changes during 24 years of dryland wheat tillage and cropping practices. Soil Science Soc. Am. Proc. 32:427 - 429. 1968.
26. YATES, F. The Analysis of experiments containing different crops. Biometrics 10:324-346. 1954.

Caficultor y Técnicos

El Manejo Integrado de Arvenes es una práctica agronómica aplicable no sólo en el cultivo del café, o en cultivos de café intercalados sino en otras explotaciones como las forestales en las cuales es alta la demanda de mano de obra y herbicidas para reducir la competencia de las arvenes agresivas (malezas).

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.


Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Carmenza Bacca Ramírez

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. 506550 Fax. 504723
A.A. 2427 Manzales
cenicafe@cafedecolombia.com