

PÉRDIDAS DE SUELO POR EROSIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON CULTIVOS INTERCALADOS

Tatiana Quiroz-Marín*, Edgar Hincapié-Gómez**

RESUMEN

QUIROZ M., T.; HINCAPIÉ G., E. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. Cenicafé 58(3):227-235. 2007.

Para determinar el efecto de los cultivos transitorios intercalados con café sobre la degradación de los suelos, se realizó un experimento en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), en 24 predios de escorrentía. Se evaluaron ocho tratamientos con tres repeticiones, consistentes en cultivos transitorios de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y yuca (*Manihot sculenta*), intercalados entre las zocas de café, con y sin manejo integrado de arvenses (MIA), y dos tratamientos con café en monocultivo, con y sin manejo de arvenses. Se establecieron dos ciclos de cultivos de maíz y frijol y uno de yuca, y se estimaron la escorrentía y las pérdidas de suelo por erosión. Durante los diez meses de evaluación, las menores pérdidas de suelo se presentaron en el tratamiento café intercalado con maíz y MIA (1,16t.ha⁻¹), mientras que los mayores valores se registraron en el tratamiento de café intercalado con frijol y suelo desnudo (4t.ha⁻¹). En los tratamientos de yuca intercalada con café, las pérdidas fueron similares a los demás tratamientos, pero éstas se incrementaron después de la cosecha, y superaron a los demás tratamientos. En general, las pérdidas de suelo fueron menores en los tratamientos con MIA, y el flujo de agua por escorrentía no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos. De acuerdo con estos resultados es posible reducir la erosión a niveles tolerables, con el establecimiento de cultivos intercalados con el café y el MIA.

Palabras clave: Maíz, frijol, yuca, café, escorrentía, manejo integrado, arvenses.

ABSTRACT

In order to determine the effect of the transitory coffee intercrops on the soil degradation, an experiment at the Central Research Station Naranjal (Chinchiná – Caldas) was carried out in 24 runoff plots. Eight treatments with three replications that consisted of transitory maize (*Zea mays*), red beans (*Phaseolus vulgaris*) and cassava (*Manihot sculenta*) crops interplanted with coffee crops with and without integrated weed management (IWM) and two treatments with only coffee plants grow under the same systems of weed management. Two cycles of maize and red beans and one of cassava were established and soil losses and runoff were estimated. During the ten months of evaluation, the lowest soil losses were exhibited in the coffee treatment interplanted with maize and IWM (1.16 t.ha⁻¹), whereas the highest values were registered in the coffee treatment interplanted with red bean and bare soil (4 t.ha⁻¹). In the treatments of cassava interplanted with coffee crops the losses were similar to the other treatments, but they increased after the harvest and surpassed the other treatments. In general, the soil losses were lower in treatments with IWM and runoff did not exhibit statistic differences among treatments. According to these results it is possible to reduce soil erosion to tolerable levels through interplant crops with coffee and IWM.

Keywords: Maize, beans, cassava, coffee, runoff, integrated management, weed.

* Ingeniero Agrónomo. Universidad del Tolima. Ibagué.

**Investigador Científico I. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Chinchiná. Caldas. Colombia.

La renovación total o parcial de cafetales es una práctica recomendada después de la cuarta o quinta cosecha, cuando éstos han disminuido su productividad. En vista que durante el primer año, posterior a esta labor, el agricultor no percibe ingresos por el cultivo de café, se recomienda el establecimiento de cultivos intercalados como una alternativa económica y productiva (8).

Investigaciones realizadas por Moreno (8) han demostrado que es posible intercalar dos ciclos de producción de cultivos de maíz, frijol y tomate sin que se afecte la producción de café. Durante el período comprendido entre los años 2003 y 2006, se sembraron en la zona cafetera más de 169 mil hectáreas de maíz intercalado con café, con una producción cercana a las 594 mil toneladas; estos resultados se deben al fomento de las siembras promovidas por el convenio Federacafé - Fenalce, lo cual ha contribuido a aumentar el ingreso de los caficultores por cuenta de la diversificación, en cerca de \$ 315.000 millones. Con referencia al cultivo de frijol intercalado con café, durante este mismo período se han sembrado cerca de 49 mil hectáreas (4).

Los cultivos intercalados con el café, manejados inadecuadamente aumentan los riesgos de pérdida o degradación de los suelos, en este caso investigaciones realizadas en Cenicafe mostraron que durante los dos primeros años del cultivo del café se presentan las mayores pérdidas de suelo por erosión, debido a que durante esta etapa del cultivo es necesario realizar un control de arvenses más riguroso (5, 6, 13).

En Colombia, el 97% de la erosión de los suelos es causada por la lluvia (3) y en la zona cafetera se presenta una alta proporción de la erosión hídrica del país, debido a las condiciones climáticas y de relieve de la región, como son las fuertes

pendientes, lluvias altamente erosivas y en muchos casos, uso y manejo inadecuado de los suelos (12).

El manejo de arvenses es una práctica que puede favorecer o prevenir las pérdidas de suelo por erosión, de acuerdo al sistema de manejo. Se demostró que en cafetales, cuando se controlaron las arvenses continua y reiteradamente con herbicidas, y se dejó el suelo totalmente desnudo, las pérdidas de suelo por erosión alcanzaron niveles de $7,6t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, e igualmente se afectaron propiedades del suelo como la densidad aparente, que se vio reflejada en una mayor compactación y en la reducción de la capacidad de infiltración del agua en el suelo, lo cual favoreció la escorrentía. Cuando las desyerbas se realizaron con azadón las pérdidas fueron mayores a $2,7t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, pues se removió y desintegró el suelo superficialmente, lo que permitió que éste quedara en condiciones favorables para ser arrastrado por las aguas de escorrentía; cuando se utilizó adecuadamente el machete para el manejo de las arvenses sin desnudar el suelo, las pérdidas por erosión fueron de $0,043t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$, las cuales se consideran muy bajas (2, 5).

También se ha determinado que el manejo integrado de arvenses no interfiere en la producción del cultivo de café (9), y se demostró que con la adopción del manejo integrado de arvenses las pérdidas de suelo por erosión se reducen a niveles cercanos o menores a $1,0t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ (6, 10), ya que las coberturas ejercen una acción directa contra el impacto de las gotas de lluvia, y además, las raíces de éstas mejoran la aireación y la estructura del suelo, así como el contenido de materia orgánica, además pueden aumentar la infiltración del agua en el suelo, reducen el volumen y la velocidad de la escorrentía superficial y disminuyen así su capacidad erosiva (1, 8, 11, 14).

Una reducción de la erosión hídrica contribuye a mejorar o mantener la productividad de los suelos, y así ayuda a la sostenibilidad de este recurso (7). De allí la importancia de evitar los procesos erosivos, mediante la adopción de prácticas de conservación de suelos y aguas (2).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los sistemas de producción de café con cultivos intercalados, con y sin manejo integrado de arvenses, sobre las pérdidas de suelo por erosión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se llevó a cabo en la Estación Central Naranjal de Cenicafé, ubicada a 4° 59' Latitud Norte, 75° 39' Longitud Oeste y una altitud de 1.400m.

Los suelos del sitio seleccionado para el establecimiento del experimento corresponden a suelos clasificados taxonómicamente como *Melanudands*, con una pendiente del 50%. En la Tabla 1 se describen las características físicas y químicas de los suelos donde se desarrolló el estudio. Al inicio del experimento el lote se encontraba sembrado con café variedad Colombia, a una distancia de 1,5m entre calles y 1,0m entre plantas y fue renovado por el sistema de zoca para el establecimiento de la investigación.

Tratamientos. Se evaluaron ocho tratamientos que consistieron en tres cultivos transitorios intercalados con el cultivo de café: Maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y yuca (*Manihot esculenta*), y café en monocultivo, combinados con dos sistemas de manejo de arvenses (sin y con manejo integrado de arvenses) (Tabla 2). Para la siembra de los

Tabla 1. Propiedades químicas y físicas del suelo donde se realizó el experimento, determinadas a 10cm de profundidad.

Variable	Valor
pH	4,54
MO (%)	15,34
P (ppm)	43,63
K (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	0,34
Ca (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,34
Mg (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	0,42
Al (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,99
Da (g.cm ⁻³)	0,83
Dr (g.cm ⁻³)	2,32
PT (%)	64,73
DPM (mm)	2,95
Arena (%)	51,69
Limo (%)	32,76
Arcilla (%)	15,56

Da = Densidad aparente; Dr = Densidad real; PT = Porosidad total; DPM: Diámetro ponderado medio de los agregados del suelo.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento No.	Cultivo	Sistema manejo de arvenses
1	Café // maíz	Sin manejo integrado
2	Café // frijol	
3	Café // yuca	
4	Café	
5	Café // maíz	Con manejo integrado
6	Café // frijol	
7	Café // yuca	
8	Café	

cultivos transitorios intercalados, se utilizaron semillas de maíz del híbrido DK 888, frijol variedad ICA Quimbaya, y para el cultivo de yuca se utilizó material vegetativo variedad ICA P22.

Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial de 4 x 2 (cuatro cultivos y dos sistemas de manejo de arvenses) con tres bloques (repeticiones). El factor de bloqueo fue el gradiente de la pendiente.

Se establecieron 24 parcelas experimentales de 12m de longitud y 7m de ancho, cada una con 49 plantas de café, de las cuales se tomaron 30 plantas como parcela efectiva y 19 plantas como áreas de bordes; en el área efectiva de cada parcela se instaló un predio de escorrentía de 8m de longitud y 5m de ancho, y en la parte inferior del predio se colocó un canal plástico conectado a un tanque de sedimentación y éste a su vez se conectó a un segundo tanque, con el fin de recoger el agua y el suelo perdidos por escorrentía.

Posterior a la construcción de las parcelas de escorrentía, se sembraron los cultivos intercalados, para los casos de los cultivos de maíz y frijol, se realizó la siembra manual directa entre los surcos de café. El maíz se sembró a una distancia 0,30m entre sitios (dos semillas por sitio a 3cm de profundidad) y 1,5m entre surcos para obtener una densidad

de siembra de 45.000 plantas/ha. Para el frijol se sembraron dos hileras entre los surcos de café a una distancia de 50cm, para obtener una densidad de 130.000 plantas/ha.

La yuca se sembró con labranza mínima a una distancia de 0,80m entre plantas y 3,0m entre surcos, para una densidad de siembra de 4.160 plantas/ha.

Una vez sembrados los cultivos intercalados, se procedió con la aplicación de los sistemas de manejo de arvenses así:

Sin manejo integrado de arvenses. En estos tratamientos se retiró toda la ramilla proveniente del zoqueo del café, y antes de la siembra de los cultivos intercalados se realizó el control químico de las arvenses, mediante la aplicación generalizada del herbicida glifosato, con aspersora de espalda, posteriormente, se continuó con el control químico generalizado utilizando el mismo herbicida o mediante control mecánico tratando de mantener el suelo desnudo. En las parcelas sembradas con frijol fue necesario realizar el control manual de arvenses.

Manejo integrado de arvenses (MIA). En todos los tratamientos con MIA se picó y distribuyó uniformemente en el suelo la ramilla proveniente del zoqueo del café, como cobertura muerta. Antes de la siembra se aplicó con aspersora de espalda en forma generalizada el herbicida glifosato, y después de la siembra del maíz y el frijol, se realizó

el manejo integrado de arvenses, mediante cortes con machete y parcheos químicos utilizando el selector de arvenses. Para el caso del cultivo de frijol fue necesario realizar el control manual de arvenses dentro del manejo integrado. En el cultivo de yuca posterior a la siembra, se realizaron un plateo manual y parcheos con el selector de arvenses.

En ningún caso se realizó la práctica de aporque de los cultivos. El manejo agronómico del cafetal y de los cultivos intercalados, se realizó de manera independiente de acuerdo a las recomendaciones de Cenicafé para cada cultivo.

Medición de las pérdidas de suelo y de escorrentía. En los predios de escorrentía, semanalmente se midieron el agua y el suelo perdidos por erosión; para ello se midió el volumen de agua contenido en los tanques, luego se tomó una alícuota que se llevó al laboratorio y se secó a 105°C, para determinar la cantidad de suelo seco, con este valor y el volumen total de la escorrentía se determinaron las pérdidas de

suelo por erosión y se llevaron a valores de toneladas por hectárea. El flujo de agua por escorrentía se expresó como lámina de agua en milímetros. Durante la época lluviosa las mediciones se realizaron diariamente.

Análisis estadístico. Con el fin de evaluar el efecto de los cultivos y de los sistemas de manejo de arvenses sobre la variable respuesta, se realizó el análisis descriptivo, análisis de varianza bajo el diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial (4x2), pruebas de comparación de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% y prueba de contrastes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdidas de suelo por erosión. En la Tabla 3 se presentan las pérdidas de suelo por erosión, obtenidas en cada uno de los tratamientos, durante el período de evaluación (10 meses), correspondientes a dos ciclos de producción de los cultivos intercalados: café//maíz, café//fríjol, y un ciclo de café//yuca.

Tabla 3. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados (Datos obtenidos durante 10 meses de evaluación).

Manejo de arvenses	Sistema de cultivo	Pérdidas de suelo (t.ha ⁻¹)	
		Media	C.V. %
Sin MIA	Café//maíz	3,35 b	17,84
	Café//fríjol	4,82 a	31,50
	Café//yuca	3,28 b	6,56
	Café	3,51 ab	24,39
Con MIA	Café//maíz	1,57 c	17,08
	Café//fríjol	3,46 ab	41,03
	Café//yuca	2,81 ab	36,72
	Café	2,29 b	13,03

Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba DMS al 5% (Diferencia mínima significativa = 1,4092)

El análisis de varianza mostró efecto de los tratamientos sobre las pérdidas de suelo por erosión ($Pr > 0,05$). Según la prueba de comparación DMS al 5%, se presentaron diferencias estadísticas entre las pérdidas de suelo registradas en el tratamiento café//fríjol comparado con los tratamientos café//maíz y café//yuca, sin el manejo integrado de arvenses; bajo este mismo sistema de manejo de arvenses, las pérdidas de suelo obtenidas en el cultivo de café fueron estadísticamente iguales a las obtenidas en los demás tratamientos. Las mayores pérdidas de suelo se registraron en el tratamiento café//fríjol sin MIA, con valores mayores a $4t.ha^{-1}$, mientras que los menores valores se registraron en el tratamiento café//maíz con MIA, con pérdidas de $1,52t.ha^{-1}$.

Estos resultados pueden ser explicados por la alta frecuencia de labores de cultivo y de manejo de arvenses que es necesario realizar en el cultivo de fríjol durante su ciclo de producción, ya que éste es muy susceptible a la competencia por las arvenses. Además, con este cultivo el suelo está expuesto a la acción erosiva de las lluvias durante gran parte del período de producción; mientras que cultivos como el maíz, por su rápido crecimiento y desarrollo, ofrecen mayor protección al suelo contra la erosión.

En los tratamientos con el manejo integrado de arvenses se presentaron diferencias estadísticas entre el tratamiento café//maíz comparado con los demás; mientras que los

tratamientos café, café//fríjol y café//yuca no presentaron diferencias estadísticas. Estos resultados permiten afirmar que el cultivo de maíz intercalado con el café ofrece una alta cobertura al suelo, y contribuye a su protección y conservación.

De otro lado la prueba de contrastes mostró diferencias estadísticas entre las pérdidas de suelo por erosión, según el sistema de manejo de arvenses ($Pr > 0,05$); éstas fueron mayores en los tratamientos sin manejo integrado de arvenses (Tabla 4), lo cual muestra el efecto benéfico que tiene el MIA sobre la protección de los suelos.

Según la clasificación del grado de erosión, en función de la pérdida anual de suelo para la zona cafetera colombiana (3), las pérdidas de suelo fueron bajas en los tratamientos: café, café//maíz y café//yuca con MIA, mientras que los tratamientos café//fríjol con MIA y todos los tratamientos sin MIA superaron el nivel crítico de erosión de $3t.ha^{-1}año^{-1}$, fijado para la zona cafetera colombiana, lo cual indica la necesidad de incorporar el sistema de manejo integrado de arvenses en los sistemas de producción de café con cultivos intercalados en la etapa de renovación, con el fin de evitar estas pérdidas o reducirlas a niveles tolerables.

Flujo de agua por escorrentía. En la Tabla 5, se presenta escorrentía por cada tratamiento, la cual es una relación entre la cantidad de lluvia caída y el flujo por escorrentía (2).

Tabla 4. Comparación de la variable pérdidas de suelo por erosión, bajo dos sistemas de manejo de arvenses.

Sistema de manejo	Pérdidas de suelo ($t.ha^{-1}$)		
	n	Media	C.V. %
Con MIA	12	2,58 a	41,49
Sin MIA	12	3,74 b	27,50

Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas según prueba Tukey ($Pr > 0,05$).

El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas para esta variable, aunque en los tratamientos de café sin cultivos intercalados (tratamientos 4 y 8) se presentaron los valores más altos (3,76% y 3,70%), lo cual muestra que los cultivos intercalados contribuyen a una mayor interceptación del agua lluvia, e igualmente ayudan a reducir la fuerza erosiva de ésta. De otro lado, las características físicas de estos suelos (Tabla 1) y la alta conductividad hidráulica, propia de los Andisoles, favorecen la infiltración

del agua en el suelo, y por tanto, reducen los niveles de escorrentía (6).

En la Figura 1 se presentan las pérdidas de suelo por erosión y la escorrentía, obtenidas durante el período de evaluación. No se encontró una correlación entre estas dos variables. Este comportamiento es normal ya que, como lo han reportado diferentes autores (12, 13), las pérdidas totales de suelo no guardan una relación constante con la escorrentía, debido al efecto de diferentes factores y entre

Tabla 5. Niveles de escorrentía obtenidos en los sistemas de café con cultivos intercalados (Precipitación acumulada de 1.938mm).

Manejo de arvenses	Sistema de cultivo	Escorrentía (%)	
		Media	C.V. %
Sin MIA	Café/maíz	3,65 a	2,55
	Café/frijol	3,54 a	16,99
	Café/yuca	6,47 a	10,94
	Café	3,76 a	3,05
Con MIA	Café/maíz	3,36 a	4,07
	Café/frijol	3,35 a	7,46
	Café/yuca	3,64 a	6,79
	Café	3,70 a	13,87

Letras iguales entre tratamientos indican que no hubo diferencias estadísticas según la prueba DMS al 5%.

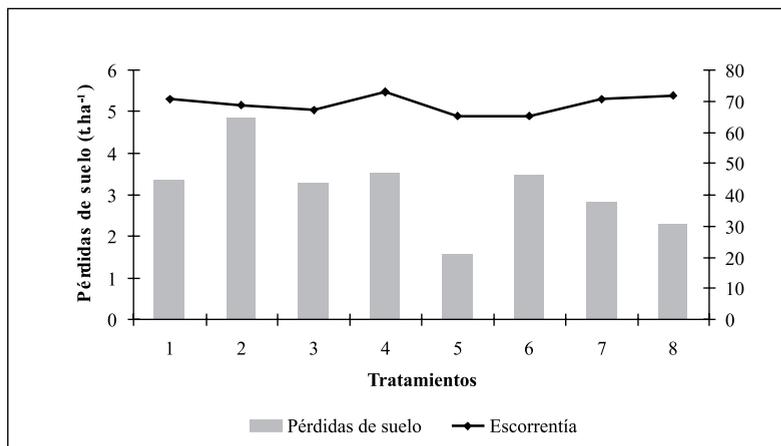


Figura 1. Pérdidas de suelo por erosión y flujo de agua por escorrentía registradas durante el período de evaluación (10 meses).

éstos, el efecto de las coberturas, las cuales influyen positivamente en la protección del suelo contra la erosión, lo cual se puede observar claramente en los tratamientos 5 y 8, correspondientes al cultivo café//maíz con MIA y café con MIA, respectivamente, lo cual corrobora que las coberturas, tanto de los cultivos transitorios como de la cobertura rastrera, protegen de modo efectivo los suelos contra la erosión.

Se ha demostrado que cuando la lluvia cae sobre un terreno desnudo, después que el suelo alcanza la capacidad de absorción de agua, ésta comienza a fluir en forma de escorrentía y arrastra agregados o partículas de suelo; este proceso está determinado no solo por el total del agua caída, sino también por la intensidad, la frecuencia y la distribución de las lluvias, y por las propiedades del suelo, que determinan el movimiento de agua a través del suelo, de allí que es difícil determinar con exactitud una relación entre las lluvias y el flujo por escorrentía (2, 3, 13).

Con respecto al cultivo de la yuca intercalada con café, las pérdidas de suelo durante todo el ciclo fueron similares a las registradas en los demás tratamientos, pero posterior a las labores de cosecha, se registró un gran aumento en las pérdidas de suelo en este arreglo, debido posiblemente a la alta remoción de suelo durante esta labor; es así como se registraron pérdidas de suelo de 0,34t.ha⁻¹ y 0,46t.ha⁻¹ en los tratamientos café//yuca con MIA y café//yuca sin MIA respectivamente, por efecto de siete registros de lluvias, las cuales alcanzaron un volumen total de 110mm ocurridas después de la cosecha, estas pérdidas fueron equivalentes a 4,8 veces las registradas en el tratamiento café//maíz con MIA.

Desde el punto de vista de la conservación de los suelos, la mejor alternativa de cultivo

intercalado con el café, se observó con el cultivo de maíz con manejo integrado de arvenses, con este arreglo se reducen las pérdidas de suelo por erosión a niveles tolerables, mientras que cultivos intercalados como el frijol deben sembrarse solamente en lotes planos o ligeramente inclinados de la finca, ya que aún con la práctica del manejo integrado de arvenses las pérdidas de suelo obtenidas con este cultivo fueron altas (mayores a 3t.ha⁻¹año⁻¹).

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten corroborar que durante el primer año en cafetales renovados por siembra nueva o zoca, es posible intercalar cultivos transitorios con manejo integrado de arvenses, como una práctica preventiva de conservación de suelos. A la vez estos cultivos contribuyen a disminuir los costos en el manejo de arvenses por concepto de ahorro en jornales, consumo de herbicidas y de agua, y a reducir los riesgos de intoxicación de los cultivos. Igualmente, se generan ingresos adicionales al caficultor, sin que se afecte la producción de café, lo cual es una oportunidad para contribuir a una producción más sostenible (8).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan especial agradecimiento a los integrantes de las Disciplinas de Suelos y Fitotecnia de Cenicafé y al personal de la Estación Central Naranjal, en especial al Ingeniero Juan Carlos García.

BIBLIOGRAFÍA

1. BERMÚDEZ M., M. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café *Coffea arabica* L. por *Erythrina poeppigiana*, P.F Cook y Laurel *Cordia alliodora* en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1980. 74 p. (Tesis: Magister Scientiae)

2. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ- Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Cuarenta años de investigación de Cenicafé. Suelos. Vol. 1. Chinchiná, Cenicafé, 1982. 68 p.
3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná, Cenicafé. 1975. 267 p.
4. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Informe del Gerente General al LXVI Congreso Nacional de Cafeteros. Bogotá, FNC, 2006. 231 p.
5. GÓMEZ, A., A. Las malezas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos Cenicafé No. 151:1-4. 1990.
6. LAL, R. The role of residues management in sustainable agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture*. 5(4):51-78. 1995.
7. LOZANO M., J. Proyección y trazado de los cafetales. II Conservación del suelo. *Agricultura de las Américas* 9(8):26, 27, 46, 50. 1960.
8. MORENO B., A.; POSADA S., H.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar frijol en nuevas siembras de café. Avances Técnicos Cenicafé No. 219: 1- 4. 1995.
9. MORENO B., A.; RIVERA P., H. Rotación de cultivos intercalados con café, utilizando el manejo integrado de arvenses. Avances Técnicos Cenicafé No. 307:1-8. 2003.
10. MOZO, T. Conservación del suelo a través del bosque. *Revista Nacional de Agricultura* 748:46-47. 1967.
11. OLMOS, E.; MONTENEGRO, H. Inventario de los problemas de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. In: Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 4 y Coloquio de Degradación de los Suelos en Colombia, 9. Neiva, Agosto 18-21, 1987. Resúmenes. Neiva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1987. p 23.
12. RIVERA, P., H. Susceptibilidad y predicción de la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera central colombiana. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, 1999. 525 p. (Tesis: Philosophy Doctor)
13. SUÁREZ DE C., F.; RODRÍGUEZ, G., A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Bogotá, FNC, 1962. 467 p.
14. WOLF, B.; SNYDER, H., G. Sustainable soils. The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. Oxford, Food Products Press, 2003. 352 p.