

EVALUACIÓN DEL ESCURRIMIENTO Y PÉRDIDA DE SUELO EN AGROECOSISTEMAS DE CAFÉ

Rosalba Arellano G.

Universidad de Los Andes, Núcleo "Rafael Rangel", Villa Universitaria, Dpto. de Ingeniería, Grupo de Investigación de Suelos y Aguas, Trujillo-Venezuela. rosalba@ula.ve

RESUMEN

Se condujo un experimento con el objeto de evaluar la pérdida de suelo en agroecosistemas de cultivo de café (*Coffea arabica*). El mismo fue realizado en una finca (pendiente: 35 - 42 %) del sector de la microcuenca Quebrada de Ramos, subcuenca del Río Castán del Estado Trujillo. Los agroecosistemas evaluados fueron: café con sombra arbórea (CA), café con árboles frutales (CN) y café sin sombra (CS). En las parcelas se llevaron a cabo mediciones de pérdida de suelo y volumen de escurrimiento por un período consecutivo de tres años (1995-1997). Se hizo un seguimiento del comportamiento de los factores asociados a la expresión del proceso de erosión hídrica, para determinar su importancia localmente. La precipitación media anual ocurrida durante el período de observación fue de 1012 mm con una erosividad de 6429 $Mj^*mm\ ha^{-1}h^{-1}$; y las pérdidas de suelo en orden creciente fueron: CA (0,34 $Mg\ ha^{-1}$), CS (0,42 $Mg\ ha^{-1}$) y CN (0,77 $Mg\ ha^{-1}$). Estos resultados evidencian que la combinación café con árboles de sombra (CA) es la más eficiente para contrarrestar la erosión hídrica. Los resultados de pérdidas de suelo han estado afectados por la cantidad de lámina precipitada, la protección que ejerce la cobertura vegetal, tanto aérea como al nivel del suelo, y por las prácticas de manejo agronómico y cosecha del cultivo de café que perturban el suelo y alteran la cobertura vegetal.

Palabras clave: Agroecosistemas, Café, Erosión, Escurrimiento, Pérdida de suelo, *Coffea arabica*.

ABSTRACT

A field experiment was conducted to evaluate soil loss in three agroecosystems of coffee plantations (*Coffea arabica*). It was located on a mountain farm (slopes: 35-42 %) inside of the microwatershed Quebrada de Ramos subwatershed of the Castan River, Trujillo State. The evaluated agrosystems were: coffee with arboreal shade (CA), coffee with fruit trees (CN) and coffee without shade (CS). Soil loss and runoff were measured in erosion plots for a period of three consecutive years (1995 - 1997). The process of water erosion were followed up to determine their importance. The annual average precipitation during the period of observation was 1012 mm with an erosivity index of 6429 $Mj^*mm\ ha^{-1}h^{-1}$. The soil losses in increasing order were: CA (0,34 $Mg\ ha^{-1}$), CS (0,42 $Mg\ ha^{-1}$) and CN (0,77 $Mg\ ha^{-1}$). These results evidence that the combination of coffee with shade trees (CA) is the most efficient subsystem to avoid the water erosion. Soil losses were affected by the amount of rain, the protection of vegetal cover and mulch, and the agronomic management and harvest practices which cause soil and vegetal cover perturbations.

Key words: Agroecosystem, coffee, erosion, runoff, soil loss, *Coffea arabica*.

INTRODUCCIÓN

El escurrimiento y pérdida de suelo a través de los procesos de erosión son las principales causas en la disminución de la productividad y el deterioro en las cuencas altas de la región de los Andes Venezolanos, debido a la expansión de la frontera agrícola en tierras de altas pendientes y por prácticas inadecuadas de manejo del suelo y de los cultivos. Para controlar esta situación se han realizado diversos proyectos en relación a la conservación de los suelos y aguas, los mismos han sido ejecutados por los agricultores en sus fincas con la orientación de técnicos. Entre las prácticas más utilizadas están el cultivo de café a plena exposición solar en terrazas individuales y el cultivo de café asociado con árboles

frutales y con árboles de sombra por ser el café un cultivo conservacionista de los recursos naturales, especialmente cuando se asocia a otras especies.

Estudios previos sobre la estructura dinámica del agroecosistema cafetalero han puesto de manifiesto la importancia de los árboles de sombra asociados al cafetal en el equilibrio ecológico de este agroecosistema. Además de disminuir la radiación solar sobre las plantaciones, las sombras, en su mayoría compuesta por *Ingas sp.*, plátanos, naranjo y guayaba, contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, reduciendo la erosión y aportando una buena cantidad de materia orgánica producida por la hojarasca y fijando el nitrógeno atmosférico (Jiménez y Ávila, 1982;

Roskoski, 1982 citados por Barradas y Fanjul, 1984; Lal, 1989; Henao, 1995; Schroth y Lehmann, 1995).

El cultivo de café es una de las prácticas conservacionista más utilizadas en los andes venezolanos, especialmente en la Cuenca del Río Castán del Estado Trujillo; sin embargo, son escasas las evaluaciones cuantitativas y cualitativas que se tienen para determinar la eficiencia de este sistema de producción y así tener un soporte científico que permita confirmar sus bondades y limitaciones en condiciones particulares. Una alternativa en el camino de la evaluación es a través de observaciones de campo, realizadas en las fincas, basadas en mediciones, conteos u observaciones. Otra alternativa son las parcelas experimentales donde se puede comparar un diseño específico de tecnología agroforestal con otras alternativas tecnológicas agroforestales o no agroforestales, o con variaciones dentro del diseño (por ejemplo, diferentes especies, espaciamiento o técnicas de manejo); además se pueden evaluar la producción económica de los componentes y la función de control de la erosión del suelo (Scherr y Muller, 1990).

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto que sobre el escurrimiento y la pérdida de suelo tienen algunos agroecosistemas de café en condiciones de altas pendientes. La evaluación se realizó a través de parcelas experimentales de erosión ubicados bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal y en similares pendientes. Los resultados obtenidos pueden ayudar a seleccionar alternativas de manejo conservacionista en futuros proyectos que se realicen en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en tres agroecosistemas de cultivo de café, en una finca ubicada en la microcuenca Quebrada de Ramos, subcuenca del Río Castán del Estado Trujillo-Venezuela (09° 19' Latitud Norte, 70° 28' Longitud Oeste), con una altitud de 1200 m sobre el nivel del mar. De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge el clima se clasifica como bosque seco premontano; la precipitación media anual para el período de observación fue de 1012 mm, caracterizada por un régimen bimodal con dos máximos (abril-octubre) y dos mínimos (enero-julio).

Los agroecosistemas de cultivo de café se describen a continuación.

El agroecosistema café con sombra arbórea (CA) fue establecido en el año 1983; las plantas de café (*Coffea arabica*, var. caturra fruto rojo) tienen un distanciamiento de 1,80 m entre plantas y 2 m entre hileras; alcanza una altura de 3,5 m. Los árboles, principalmente *Inga sp.*, tienen un distanciamiento variable, la cobertura de la copa es aproximadamente de 80 %. La superficie del suelo dentro de las parcelas tiene una cobertura del 90 % de hojarasca y piedras. El sistema se deshierba dos veces al año y los desechos se dejan en la superficie.

El agroecosistema café con frutales (CN) fue establecido en el año 1990; las plantas de café (*Coffea arabica*, var. caturra fruto amarillo) tienen un distanciamiento de 1,50 m entre plantas y de 1,80 m entre hileras, alcanzan una altura de 2,50 m. Los árboles frutales (*Citrus cinensis*) tienen un distanciamiento entre plantas de 6 m, alcanzan una altura de 3,5 m, el diámetro de las copas es de 3 m. El sistema se deshierba dos veces al año dejando los desechos en la superficie.

El agroecosistema café sin sombra (CS) fue establecido en el año 1992, la plantación de café (*Coffea arabica*, var. caturra fruto rojo) se hizo en terrazas individuales de 80 cm de diámetro, con un distanciamiento entre plantas de 1,20 m y entre hileras de 1,60 m; alcanzan una altura de 2 m. La plantación se deshierba dos a tres veces al año ya que la maleza, constituida casi exclusivamente de helecho (*Achrostium sp.*), tiene un crecimiento muy rápido, sobre todo en la época de lluvia, alcanzando una altura hasta de 80 cm. Los desechos de los deshierbes se dejan en la superficie del suelo.

Valores promedio para las características físicas y químicas de los suelos de cada uno de los tratamientos se presentan en la Cuadro 1.

En noviembre de 1994 se construyeron tres parcelas de erosión en cada tratamiento con dimensiones de 7 m de ancho por 10 m de largo en los tratamientos café con sombra arbórea y café con frutales; de 3 m de ancho por 10 m de largo en el tratamiento café sin sombra. Las parcelas fueron aisladas con láminas de cinc galvanizado de 30 cm de altura y enterradas 13 cm para evitar la penetración de escurrimiento superficial de áreas aledañas. Al pie de cada parcelas se colocó un colector tapado en forma de canaleta, construido de cinc galvanizado, con salida lateral conectada, con manguera plástica de 2 pulgadas de diámetro, a un

Cuadro 1. Resumen de algunas características físicas y químicas de los suelos.

Trata- miento	Pend. %	Prof. (cm)	% Esquel grueso	Textura	Da Mg/m ³	Estructura	Pedregosidad	Infiltración (cm/h)	pH	CO g/kg	N g/kg	C/N
CA	42	14,3	48,4	FAa	1,42	Migajosa	Pedregoso	22	5,1	30,83	2,9	10,63
CN	38	19,2	39,7	F	1,46	Granular	Moderada	30	4,7	22,53	2,17	10,38
CS	37	21,1	41,4	FA	1,36	Granular	Moderada	80	4,9	41,97	4	10,49

primer depósito de 210 L que a la vez está conectado a un segundo depósito de 100 L.

Los registros de precipitación se realizaron a través de un pluviógrafo de sifón ubicado a unos 200 m de las parcelas. Los volúmenes de escurrimiento fueron medidos en litros, después de cada evento o grupo de eventos de precipitación. Se tomaron muestras de un litro para determinar los sedimentos en suspensión. Se recolectaron los sedimentos gruesos depositados en las canales para su posterior secado y pesado. La pérdida de suelo en kg por parcela y por evento de precipitación se determinó por la suma de los pesos de los sedimentos en suspensión y los colectados en la canal. El tiempo total de observación se dividió en siete (7) etapas por año de acuerdo a las características de cobertura que presentaban los sistemas y a las prácticas de manejo realizadas en los mismos. Se determinó el promedio anual de la pérdida de suelo en kg ha⁻¹ en cada tratamiento para el período 1995-1997; el volumen de escurrimiento por tratamiento expresado en m³ha⁻¹ y en porcentaje de la precipitación para el mismo período de tiempo; igualmente se presentan los promedios anuales de las láminas y erosividad de la lluvia analizadas de los pluviogramas de los eventos evaluados y la máxima intensidad en 30 minutos registrada en cada etapa. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Duncan entre los tres tratamientos, por etapas y para el total del período de evaluación usando el paquete estadístico S.A.S. (S.A.S. Institute Inc., 1986).

RESULTADOS

En la Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en la investigación realizada durante el período de tiempo comprendido entre marzo de 1995 - diciembre de 1997. Los mismos se refieren a precipitación, escurrimiento y pérdida de suelo; se midieron por

etapa y por tratamiento; además se presenta el promedio anual en el período total de observación.

Precipitación

La precipitación media anual, durante el período de observación (marzo 1995 – diciembre 1997), fue de 1012 mm, con un índice de erosividad de 6429 MJ*mm ha⁻¹*h⁻¹. Se registraron 82 lluvias mayores de 10 mm, 23 mayores de 30 mm y sólo seis mayores de 50 mm; las máximas intensidades ocurrieron en los meses de marzo – abril y en octubre – noviembre.

Escurrimiento

El volumen de escurrimiento en todos los tratamientos pudo estar influenciado por las características de las tormentas (cantidad, duración, intensidad y frecuencia), los cambios físicos en la superficie del suelo (principalmente por las labores de manejo) y los antecedentes de humedad. El valor más bajo de escurrimiento se registró en el tratamiento café sin sombra (CS), lo que evidencia la alta tasa de infiltración que ocurre en este agroecosistema. Ello se asocia al alto contenido de esqueleto grueso presente en el perfil del suelo y al efecto de los biocanales que se producen por las raíces de las hierbas principalmente del helecho (*Achrostium sp.*). El valor de escurrimiento registrado en el tratamiento café con árboles (CA), aún cuando de baja cuantía, casi duplica al obtenido en café sin sombra (CS). El tratamiento CA también presenta un alto contenido de esqueleto y además una estructura migajosa, es decir, una mayor porosidad que facilitaría la infiltración; sin embargo, el alto contenido de hojarasca que se deposita en la superficie del suelo de este agroecosistema, aunado al alto gradiente de la pendiente, podría inducir a que una parte del agua de lluvia escurra entre la hojarasca sin que alcance la superficie del suelo.

Gómez (1972), señala valores de escurrimiento entre 1,5 y 6,14 % de la precipitación en cafetales al sol; de 5,6 % en cafetales a semisombra; de 2,76 en cafetales bajo sombra con prácticas de conservación y de 3,07 % en cafetales viejos con sombra sin prácticas de conservación. Vahrson y Cervantes (1991) determinaron escorrentía superficial y erosión laminar en cultivo de café con sombra, café sin sombra y pasto en pendientes entre 56 y 59 %, obteniendo valores de escorrentía mayores en las parcelas con pasto con 8,7 % de la precipitación, seguida por la parcela de café sin sombra con 3,4 %, mientras los valores de café con sombra fueron los más bajos con 1,5 %. Los valores de escurrimiento obtenidos en los agroecosistemas evaluados en la presente investigación son menores de 1,9 % de la precipitación; los cuales se consideran bajos comparados con los reportados por Gómez (1972) y Vahrson y Cervantes (1991) en cafetales con similares condiciones de cobertura.

El análisis de varianza determinó diferencias estadísticamente significativa ($P < 0,0001$) entre los tratamientos para la lámina escurrida. La prueba de Duncan demuestra marcadas diferencias entre los tres tratamientos siendo mayor en el café con frutales seguido por el café con árboles y el café sin sombra.

Pérdida de suelo

Las mayores pérdidas de suelo, en los agroecosistemas de café evaluados, se registraron en el café con frutales ($0,77 \text{ Mg ha}^{-1}$); seguido por el café sin sombra ($0,42 \text{ Mg ha}^{-1}$) y el café con sombra arbórea ($0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$). Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Gómez (1972) y Gómez y Alarcón (1975); los cuales señalan pérdidas de suelo en cultivo de café bajo sombra comprendidas entre $0,09$ y $0,56 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en pendientes de 45 %, precipitación media anual de 2702 mm y donde se establecieron prácticas de conservación de suelos tales como coberturas de añil rastrero, terrazas individuales y cajuelas y además se deshirió con machete. En cafetales sin sombra, con similares prácticas de conservación, las pérdidas de suelo varían entre $0,04 - 1,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; las mayores pérdidas ($4,76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se presentaron en los sistemas de manejo donde no se efectuaron prácticas de conservación y los deshierbes se hicieron con azadón.

Los tratamientos CA y CS registraron similares

pérdidas de suelo debido al efecto que ejerce el material de deshierbe que al dejarlo en la superficie como un mantillo orgánico, controla el escurrimiento y la pérdida de suelo. Estudios sobre este aspecto han sido realizados por diversos investigadores (Mass et al., 1988; Roose, 1993; Páez y Rodríguez, 1995; Urbina y Rodríguez 1995 y otros) los cuales concluyen que los residuos en superficie reducen marcadamente las pérdidas de suelo por erosión hídrica. Gómez (1990), señala que en cafetales a plena exposición solar si se da un buen manejo del suelo y se mantiene una cobertura vegetal, bien sea natural o de pasto y leguminosas, resulta una práctica de conservación muy eficiente para controlar la erosión, reduciendo las pérdidas de suelo entre 95 y 97 %. Igualmente, los biocanales formados por el helecho (*Achrostium sp.*) y la pedregosidad presente en el perfil de estos suelos permiten una mayor infiltración y por lo tanto una menor pérdida de agua, controlando a la par la erosión por escurrimiento superficial del agua de lluvia sobre el suelo. Aunque en el agroecosistema café sin sombra la plantación se realizó en terrazas individuales, sólo se le hizo mantenimiento a las mismas ("plateo") hasta los dos primeros años debido, según el productor, al daño que se le ocasionaba a las raíces superficiales del cafeto; de tal manera que al momento de comenzar las mediciones de pérdida de suelo y escurrimiento en este agroecosistema, ya no existían indicios de dicho terraceo; por lo que se considera que no existe influencia alguna de esta práctica en los resultados obtenidos.

Vahrson y Cervantes (1991), reportaron las mayores pérdidas de suelo en la parcela de café con sombra ($1,36 \text{ Mg ha}^{-1}$) asociado a la baja conductividad hidráulica del suelo, seguida por la de pasto ($0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$) el cual presentaba una buena cobertura del suelo, y los valores más bajos ($0,17 \text{ Mg ha}^{-1}$) se presentaron en el café sin sombra a causa de la baja escorrentía.

El tratamiento café con árboles (CA) logró controlar en buena medida la erosión; en este tratamiento se presenta una cobertura de hojarasca que varía entre 3 y 15 cm de espesor y abundante pedregosidad en la superficie del terreno, condición que impide el golpeteo directo al suelo de las gotas de lluvia o de las gotas de agua caídas desde la copa de los árboles. Cuando ocurren láminas bajas de precipitación se produce un escurrimiento del agua a través de la hojarasca, sin que llegue muchas veces a la superficie del suelo; estas condiciones pudo influir

Cuadro 2. Valores de Precipitación, escurrimiento y pérdida de suelo. Período 1995 - 1997.

Etapas (fecha)	Actividades de manejo	Acum. (mm)	Precipitación		Tratamiento	Escurrecimiento		Pérdida de suelo total (kg ha ⁻¹)
			I ₃₀ máx mm/h	EI ₃₀ (Mj*mm ha ⁻¹ *h ⁻¹)		Vol. (m ³ ha ⁻¹)	% Lluvia	
I 01/12 - 15/3	Sin intervención	108,7	62,0	623,08	CA	13,6	1,25	27,45
					CN	15,4	1,42	48,06
					CS	7,4	0,68	38,74
II 16/3 - 15/4	Deshierbe	133,6	71,0	948,41	CA	22,9	1,71	49,75
					CN	34,7	2,59	94,82
					CS	16,8	1,26	54,14
III 16/4 - 15/5	Cosecha	132,0	67,0	748,77	CA	18,1	1,37	68,00
					CN	23,2	1,76	97,13
					CS	10,6	0,80	59,62
IV 16/5 - 10/6	Aplicación de Abono	46,9	31,6	230,66	CA	7,5	1,59	30,41
					CN	8,5	1,81	44,70
					CS	3,3	0,71	25,25
V 11/6 - 21/8	Sin intervención	138,9	54,2	811,64	CA	13,3	0,96	35,27
					CN	15,9	1,15	88,43
					CS	8,0	0,58	81,67
VI 22/8 - 30/9	Deshierbe	195,8	48,6	1290,75	CA	28,3	1,44	67,59
					CN	42,8	2,19	195,88
					CS	19,7	1,01	91,44
VII 01/10 - 30/11	Cosecha	238,2	70,0	1775,83	CA	27,3	1,15	64,66
					CN	46,5	1,95	197,05
					CS	23,9	1,00	66,58
Total Período		1012,2		6429,14	CA	131,0	1,29	343,14
					CN	187,0	1,85	766,07
					CS	89,8	0,89	417,43

CA= Café con árboles, CN= Café con frutales, CS= Café sin sombra
 I₃₀máx.= intensidad máxima de lluvia en 30 minutos.
 EI₃₀= erosividad de la lluvia.

en una menor pérdida de suelo.

Aunque las pérdidas de suelo son bajas comparadas con las señaladas por Gómez (1972), Gómez y Alarcón (1975) y Vahrson y Cervantes (1991), se puede apreciar en el Cuadro 2 que las mayores pérdidas de suelo y escurrimiento se producen en las etapas de mayor precipitación y erosividad acumuladas; sin embargo, la penetración en los cafetales para realizar labores agronómicas y la cosecha del cultivo, ocasionan variaciones importantes en pérdida de suelo y escurrimiento debido al laboreo en la capa superficial del suelo, lo cual a su vez coincide con las etapas donde se registran las máximas precipitaciones, intensidades y erosividad de la lluvia. Es importante señalar que el incremento en la pérdida de suelo que se observa en el café sin sombra en la etapa VI, es debido al deshierbe que se realiza sólo en este agroecosistema a finales del mes de junio. Ataroff y Monasterio (1996), reportan en cultivo de café bajo dos tipos de manejo, incrementos importantes de la erosión en prácticas de manejo que implican mayor perturbación

asociada con la actividad humana, y estas pérdidas fueron mayores en el café sin sombra que en café con sombra.

Con base en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias estadísticamente significativa (P< 0,0001) entre los tratamientos para la pérdida de suelo. La prueba de Duncan demuestra marcadas diferencias entre el tratamiento café con frutales (CN) y los tratamientos café con árboles (CA) y café sin sombra (CS), siendo mayor la pérdida de suelo en el CN y similares en CA y CS.

CONCLUSIONES

La combinación café con árboles (CA) resulta ser la más eficiente para contrarrestar la erosión hídrica siendo, en la presente investigación, un 55 % más eficiente que el café con frutales (CN) y un 18 % más que el café sin sombra (CS).

Los bajos valores en volúmenes de escurrimiento registrados en la presente investigación, estuvieron

influenciados por las bajas láminas precipitadas durante el período de observación, la poca ocurrencia de lluvias realmente erosivas y las altas tasas de infiltración que presentan, los diferentes tratamientos.

Se observa que las mayores pérdidas de suelo y escurrimiento se producen en la etapa VII, época donde ocurren la mayor precipitación y erosividad acumuladas. Sin embargo, la penetración en los cafetales para realizar labores agronómicas y la cosecha del cultivo coinciden con variaciones importantes en pérdida de suelo y escurrimiento. El valor relativamente alto en pérdida de suelo puede deberse al suelo suelto por labor de la limpieza. El incremento en el volumen de escurrimiento asociado a la cosecha pudiera asociarse al pisoteo al que se somete el suelo durante esta labor.

El alto grado de protección que ejerce la cobertura vegetal, tanto aérea como al nivel del suelo: herbazal, material de deshierbe y hojarasca así como también la pedregosidad, inducen a una menor pérdida de suelo y un menor volumen de escurrimiento, debido a la intercepción que ejercen sobre el mismo facilitando así la infiltración.

AGRADECIMIENTO

Al Prof. R. López por su asesoría y las Ing. Agrícolas B. Peña, S. Calderas, E. Paredes y Y. Vásquez por su colaboración en el trabajo de campo, laboratorio y procesamiento de datos y al CDCHT – ULA por su financiamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAROFF M. y M. MONASTERIO. 1996. Changes in soil erosion related to the management of coffee cultures in the Venezuelan andes. pp. 325-344. In: I. Pla, R. López y D. Lobo (eds.). *Soil Erosion Processes on Steep Land Evaluation and Modelling*. International Soil Conservation Society. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela.
- BARRADAS, V. L. y L. FANJUL. 1984. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero. *Biótica* 4: 415-421.
- GÓMEZ, A. 1972. Erosión en cafetales, bajo diferentes sistemas de manejo. *Avances Técnicos de CENICAFÉ*, Tomo II. No. 151, 125-128.
- GÓMEZ, A. y H. ALARCÓN. 1975. Erosión. pp. 61-92. En: *FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA*. Manual de Conservación de Suelos de Ladera. CENICAFÉ, Colombia.
- GÓMEZ, A. 1990. Las malezas nobles previenen la erosión. *Avances Técnicos de CENICAFÉ*, Tomo II. No. 19, 23-28.
- HENAO, J. 1996. *El café en Venezuela*. Eds. Biblioteca, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 280 p.
- LAL, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol: II: Water runoff, soil erosion and nutrient loss. *Agroforestry Systems*. 8: 97-112.
- MASS, J. M., C. F. JORDAN y J. SARUKHAN. 1988. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *J. Applied Ecology*. 25: 595-607.
- PAEZ, M. L. y O. S. RODRIGUEZ. 1995. Eficiencia de diferentes sistemas en el control de la erosión. *Rev. Alcance*, 47:13-28.
- RODRÍGUEZ, O., N. FERNÁNDEZ y A. FERNÁNDEZ. 1995. Evaluación de la erosión en una secuencia zanahoria-lechuga con diferentes prácticas de manejo. *Rev. Alcance*, 47:49-62.
- ROOSE, E. J. 1996. Agroforestry, water and soil fertility management in african tropical mountains. pp. 291-324. In: I. Pla, R. López y D. Lobo (eds.). *Soil Erosion Processes on Steep Land Evaluation and Modelling*. International Soil Conservation Society. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela.
- SCHROTH, G. y J. LEHMANN. 1995. Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 54: 89-101.
- SHCERR, S. J. y E. U. MULLER. 1990. Evaluating agroforestry interventions in extension projects. *Agroforestry Systems*. 11: 259-280.
- URBINA, C. y O. RODRIGUEZ. 1995. Efectos de los abonos orgánicos en el control de la erosión y mejoramiento físico y químico del suelo. *Rev. Alcance*, 47:63-74.
- VAHRSON, W. y C. CERVANTES. 1991. Tasas de escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. *Turrialba*. 41: 396-402.