

PÉRDIDA DE SUELO Y NUTRIENTES EN AGROECOSISTEMAS DE CAFÉ EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CASTÁN, TRUJILLO-VENEZUELA

Rosalba Arellano G.

Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Villa Universitaria,
Departamento de Ingeniería, Grupo de Investigación de Suelos y Aguas, Trujillo-Venezuela

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado para determinar la pérdida de nutrientes junto con los sedimentos producto de la erosión en tres agroecosistemas de café (*Coffea arabica*): café con sombra arbórea (CA), café con frutales (CN) y café sin sombra (CS); considerando además un barbecho desnudo (BD) como testigo. Se utilizaron parcelas de erosión con pendientes entre 35 y 42 %, ubicadas en una finca del sector Quebrada de Ramos, subcuenca del Río Castán, Cuenca del Río Motatán, Estado Trujillo, a una altura de 1200 m.s.n.m. Los resultados muestran que el orden creciente de la pérdida de suelo fue: CS<CA<CN<BD. La pérdida de nutrientes en el barbecho desnudo, café con árboles y café con frutales mostró la siguiente tendencia: Ca > Mg > N > K > P y en café sin sombra: Ca>N>Mg>K>P. El orden creciente de la pérdida total de nutrientes fue: CS<CA<CN<BD.

Palabras clave: Parcelas de erosión, Coffea arabica, Pérdida de nutrientes, erosión hídrica.

ABSTRACT

This study was undertaken to determine the loss nutrients with sediments in three coffee agroecosystems (*Coffea arabica*): coffee with arboreal shade (CA), coffee with fruit trees (CN) and coffee without shade (CS); further, bare fallow used as test. Soil erosion plot were used with slopes of 35 a 42 %, placed in farm of Quebrada of Ramos sector, Castan and Motatan River basin, Trujillo state, at an altitude of 1200 m.a.s.l. The results indicate that the increasing order of loss of soil was: CS<CA<CN<BD. The nutrients loss in bare fallow, coffee with arboreal and coffee with fruit trees showed the following trend: Ca > Mg > N > K > P, in coffee without shade CS<CA<CN<BD.

Key words: erosion plot, Coffea arabica, nutrients loss, water erosion.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de café es uno de los principales rubros en el estado Trujillo, el mismo se encuentra ubicado en zonas de altas pendientes y relieve muy accidentado donde existe mayor degradación del suelo por efecto de la erosión, con el consecuente deterioro de la fertilidad. Numerosos estudios han reportado la pérdida de elementos nutritivos en sedimentos y el efecto que esto tiene sobre la producción de cultivos y la contaminación ambiental, especialmente el suelo, el agua y la atmósfera con pesticidas y otras sustancias químicas.

El efecto de la erosión sobre la producción de los cultivos está influenciada por las propiedades del suelo y particularmente por la capacidad de agua

disponible y la profundidad del suelo. La pérdida de la capa superficial del suelo disminuye la cantidad de materia orgánica, incrementa los contenidos de arcilla, disminuye la capacidad de almacenar agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que afecta la producción de los cultivos (Lal, 1988, Thompson, Gontzer y Anderson, 1991; Fassbender, 1993; Cihacek y Swan, 1994; Weesies, 1994).

La pérdida de suelo decrece al disminuir la intensidad de la lluvia; también se reduce cuando hay una efectiva cobertura vegetal y por el efecto beneficioso tanto de la hojarasca acumulada en la superficie del suelo como los "mulch" agregados y los abonos verdes enterrados, ya que se reduce la

velocidad y la cantidad de escurrimiento, se aumenta la infiltración y por lo tanto disminuye la pérdida de suelo y de nutrientes (Taylor, *et al.*, 1964; Mishra y Ramakrishnan, 1983; Stocking, 1988; Maass, *et al.*, 1988; Mostaghimi *et al.*, 1994; Peterso, 1994).

El objetivo del presente trabajo es determinar las pérdidas de nutrientes en sedimentos generados por la erosión en tres agroecosistemas de café (*Coffea arabica*), ubicados en el sector Quebrada de Ramos, subcuenca del Río Castán, cuenca del Río Motatán, del estado Trujillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La pérdida de nutrientes en sedimentos generados por la erosión fue determinada utilizando parcelas experimentales establecidas en tres agroecosistemas de café y un barbecho desnudo, ubicados en una finca en el sector Quebrada de Ramos, de la subcuenca del Río Castán en el estado Trujillo, a una altura de 1200 m.s.n.m., con una precipitación media anual de 1012 mm y una temperatura media anual de $20 \times C$.

El agroecosistema café con sombra arbórea (CA): fue establecido en el año 1983; en pendiente de 42 %; las plantas de café (*Coffea arabica*, variedad 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; en pendiente de 38 %; las plantas de café (*Coffea arabica*, variedad caturra fruto amarillo) tiene 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; en pendiente de 37 %; la plantación de café (*Coffea arabica*, variedad 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 tres veces al año ya que la maleza, casi exclusivamente de helecho (*Achrostium sp.*), tiene un crecimiento muy agresivo, sobre todo en la época de lluvia, alcanzando una altura hasta de 80 cm. Los desechos del deshierbe se dejan en la superficie del suelo.

Barbecho desnudo (BD): ubicado en una pendiente de 35 %, inicialmente esta área estaba cubierta por vegetación herbácea y arbustiva la cual fue eliminada manualmente en el mes de septiembre de 1994, antes de instalar las parcelas. En estas parcelas se realizaron deshierbes mensualmente con el fin de mantener la superficie libre de cobertura vegetal.

En el Cuadro 1 se presentan las propiedades de los suelos de cada uno de los tratamientos descritos anteriormente.

En el mes de 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 árboles y café con frutales; y de 3 m de ancho por 10 m de largo en el tratamiento café sin sombra y el barbecho desnudo. Las parcelas fueron aisladas con láminas de cinc galvanizado. Al pié de cada parcelas se colocó un colector en forma de canaleta (tapada), conectado a dos depósitos de 210 y 100 L para obtener los sedimentos y el agua de escurrimiento. Los registros de precipitación se realizaron a través de un pluviógrafo ubicado a 200 m de las parcelas. De los sedimentos erosionados en cada parcela se tomaron submuestras las cuales se secaron, disgregaron y pasaron por tamiz de 2 mm para su posterior análisis de laboratorio. La pérdida de suelo por tratamiento se expresa en $kg\ ha^{-1}$. Los resultados se presentan ordenados de acuerdo a los cambios en la cobertura vegetal y a las prácticas de manejo que se realizaron en los agroecosistemas de café durante el período agosto 1996 a noviembre 1997; igualmente se presentan las láminas y la erosividad de la lluvia analizadas de los pluviogramas de los eventos evaluados.

Los análisis realizados a los sedimentos erosionados fueron carbono orgánico por el método de Walkley - Black, potasio intercambiable y fósforo disponible por el método de fotocolorimetría BRAY-1, el calcio y el magnesio intercambiables por método de titulación con EDTA (FONAIAP, 1990). Se realizó

Cuadro 1. Propiedades de los suelos.

PROPIEDADES	Tratamientos			
	Café con árboles	Café con frutales	Café sin sombra	Barbecho desnudo
Profundidad (cm)	14,3	19,2	23,2	23,5
% Esqueleto grueso	60,05	52,4	63,6	52,5
% arena	42,8	42,8	32,3	36,3
% Limo	29,9	34,9	33,3	31
% Arcilla	27,3	22,3	34,3	32,7
Clase textural	F	F	FA	FA
Densidad aparente (Mg/m ³)	1,42	1,46	1,36	1,41
pH (1:1)	4,73	4,4	4,41	4,63
Carbono orgánico (g kg ⁻¹)	23	22	28,8	23,6
Nitrógeno total (g kg ⁻¹)	2,2	2,0	2,7	2,3
C/N	10,5	11	10,7	10,3
Conductividad eléctrica (S m ⁻¹)	0,09	0,09	0,15	0,14
Calcio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	1,93	0,73	1,33	0,77
Magnesio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	2,08	0,99	1,22	0,53
Potasio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	0,55	0,25	0,25	0,32
Fósforo (mg kg ⁻¹)	47,5	22,2	21,2	15,8
Aluminio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	1,5	2,74	2,24	2,18

Fuente: Paredes y Vásquez, 1998.

un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Duncan entre los tratamientos, y un análisis de correlación entre las variables pérdidas de suelo, precipitación y energía de la lluvia para el período de la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se presentan los valores obtenidos de precipitación, erosividad de la lluvia, pérdida de suelo y concentración de nutrientes en sedimentos de cada uno de los tratamientos evaluados.

Precipitación

La precipitación ocurrida durante el período de observación (septiembre 1996 - noviembre 1997) fue de 1343,1 mm con un índice de erosividad de 10128,51 Mj*mm ha⁻¹*h⁻¹; se registraron 48 lluvias mayores de 10 mm, 10 lluvias mayores de 30 mm y solo tres mayores de 50 mm; las máximas intensidades ocurrieron en los meses de septiembre - octubre (>40 mm/h).

Pérdida de suelo

Las mayores pérdidas de suelo, durante el período de observación, ocurrieron en el barbecho desnudo. En los agroecosistemas de café, las mayores pérdidas

se registraron en el café con frutales, seguido por el café con sombra arbórea y el café sin sombra. Estas pérdidas se incrementaron con los picos de lluvia, las máximas intensidades y la erosividad de las lluvias, épocas que coinciden con las labores de deshierbe y cosecha del cultivo de café.

Las pérdidas de suelo estuvieron influenciadas por la cobertura al ras del suelo, la cual está constituida por la hojarasca caída y el material de deshierbe que es dejado sobre la superficie, siendo mayor esta cobertura en el agroecosistema café sin sombra debido a que la maleza está constituida principalmente por helechos (*Achorostium sp.*) de cobertura densa.

Gómez (1990) señala que las coberturas vegetales conocidas como "malezas nobles" son muy eficientes para prevenir la erosión, reduciendo en 95 a 97 % las pérdidas de suelo en cafetales al sol en altas pendientes. Igualmente, las plantaciones de café combinadas con especies de sombra, árboles frutales o con cultivos de cobertura (pastos y leguminosa) y utilizando prácticas de conservación, permiten la conservación del agua, el control de la erosión en tierras de altas pendientes y el mejoramiento de algunas características físicas y químicas del suelo por lo que se considera un cultivo esencialmente conservacionista (Young, 1988; Lal, 1989; Rivera y Gómez, 1992; Fassbender, 1993; Anecksamphant, 1995; Henao, 1996; Craswell et al., 1997).

Cuadro 2. Valores de precipitación, pérdida de suelo y concentración de nutrientes.

Etapas (Actividades de manejo)		Precipitación		Tratamiento	Pérdida de suelo kg ha ⁻¹	Concentración de nutrientes en sedimentos				
Descripción	Símbolo	Acum (mm)	EI ₃₀ (Mj mm ha ⁻¹ h ⁻¹)			N g/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	P mg/kg
Deshierbe y abonamiento 01/8-30/9 1996	A1	140,1	1669,18	BD	1184,10	0,42	3,443	1,776	0,073	58,0
				CA	24,70	0	0	0	0	0
				CN	141,80	0,30	5,389	0,395	0,213	78,0
				CS	32,20	0,54	6,886	2,368	0,189	110,0
Cosecha 01/10-30/11 1996	A2	360,9	2611,12	BD	7103,20	1,32	7,485	14,515	1,222	140,0
				CA	72,90	2,23	34,232	17,393	1,923	485,0
				CN	202,50	1,67	22,255	9,679	1,23	394,0
				CS	48,70	1,37	23,603	10,658	1,155	199,5
Sin intervención 01/12/96- 14/03/97	A3	182,7	1185,62	BD	397,66	0,82	4,79	6,414	1,192	77,0
				CA	34,83	1,24	12,874	21,028	1,131	257,0
				CN	60,42	0,86	8,583	12,632	1,417	262,5
				CS	17,00	0,52	8,184	4,046	0,407	128,0
Deshierbe 15/3-13/4 1997	A4	157,9	783,21	BD	3955,30	0,39	2,096	1,48	0,166	14,0
				CA	36,80	0,63	8,383	14,901	0,458	167,5
				CN	48,80	0,56	6,487	7,401	0,08	113,5
				CS	17,90	0,54	14,671	10,164	0,257	108,0
Cosecha 15/4-15/5 1997	A5	90,5	413,35	BD	1359,60	0,85	4,79	4,441	0,239	54,0
				CA	18,10	1,28	18,962	21,316	1,489	261,3
				CN	51,60	0,85	11,577	12,039	1,247	204,0
				CS	29,20	1,18	17,964	17,566	1,818	203,0
Aplicación de abono 19/5-31/5 1997	A6	33,6	84,44	BD	302,22	0,49	2,295	2,368	0,164	46,5
				CA	45,48	0,48	10,579	11,743	1,216	122,0
				CN	10,43	0,46	9,88	6,711	0,802	108,0
				CS	4,45	0,45	10,679	7,007	1,207	137,0
Sin intervención 01/6-24/8 1997	A7	99,1	484,88	BD	1034,86	1,30	9,581	11,645	0,759	145,0
				CA	50,34	2,88	35,828	36,414	3,211	418,5
				CN	91,38	1,50	22,754	22,566	2,949	355,5
				CS	31,05	2,04	28,942	19,243	2,031	311,0
Deshierbe 25/8-30/9 1997	A8	154,8	1322,2	BD	9098,00	0,85	2,096	2,27	1,181	79,5
				CA	62,00	1,12	13,273	16,086	2,308	198,0
				CN	206,00	0,87	11,178	7,5	1,094	200,5
				CS	60,00	1,28	20,659	9,572	2,33	196,0
Cosecha 01/10-30/11 1997	A9	177,5	1574,51	BD	2245,12	1,49	5,289	3,355	1,151	95,5
				CA	38,41	2,91	31,038	33,709	3,726	414,5
				CN	230,60	1,56	20,359	19,342	1,705	315,5
				CS	67,42	2,91	30,24	23,141	4,167	400,7

BD=Barbecho desnudo CA= café con árboles CN= café con frutales CS= café sin sombra

La pérdida de suelo registrada en los agroecosistemas evaluados durante el período de observación (agosto 1996 – noviembre 1997), fue en Mg ha⁻¹año⁻¹ de 0,31 en café sin sombra, 0,38 en café con árboles; y 1,04 en café con frutales. Estos valores se consideran bajos comparados con los obtenidos por CENICAFÉ (Gómez, 1972) en cafetales bajo

condiciones similares de cobertura. CENICAFÉ reportó las menores pérdidas de suelo por erosión en cultivos de café bajo sombra (0,09 - 0,22 y 0,56 Mg ha⁻¹año⁻¹) en pendientes de 45 %, precipitación media anual de 2701,5 mm y con prácticas conservacionistas como terrazas individuales, deshierbe manual y con machete, cajuelas y cobertura de añil rastrero; en

cafetales a semi-sombra la pérdida fue de 2,17 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y en cafetales al sol en pendientes de 60 %, las pérdidas varían desde 0,04 con cobertura natural, a 0,68 Mg ha⁻¹ año⁻¹ con coberturas de diferentes tipos de pastos y deshierbe manual; las pérdidas más altas (4,8 y 4,35 Mg ha⁻¹ año⁻¹) se encontraron en cafetales tanto de sombra como al sol sin prácticas conservacionistas y sin cobertura vegetal.

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos. La prueba de Duncan demuestra que el barbecho desnudo es estadísticamente diferente a los otros tratamientos, produciéndose en éste las mayores pérdidas de suelo.

La relación entre pérdida de suelo vs precipitación entregó valores de coeficientes de correlación de 0,55^{**}; 0,46^{*}; 0,57^{**} y 0,32^{ns} correspondientes al barbecho desnudo (BD), café con árboles (CA), café con frutales (CN) y café sin sombra (CS), deduciéndose que en el CS la relación no fue significativa debido a que la pérdida de suelo en este tratamiento está mayormente controlada por la protección que ejerce la cobertura vegetal al suelo, por las características físicas del mismo y por las prácticas de manejo. Mejores resultados se obtuvo al relacionar pérdida de suelo vs EI₃₀; los valores de los coeficientes de correlación fueron 0,58^{**}; 0,45^{*}; 0,73^{**} y 0,43^{*} correspondientes a BD, CA, CN y CS.

Pérdida de nutrientes

La pérdida de nutrientes depende de la cantidad de suelo erosionado y la concentración de nutrientes en el suelo (Maass *et al.*, 1988). En los agroecosistemas de café (Cuadro 2) ocurrió un incremento de la concentración de nutrientes después de la aplicación del fertilizante químico (Etapa A1) hasta la época de cosecha (A2), luego un decrecimiento hasta la nueva fertilización realizada en la segunda quincena del mes de mayo de 1997 (A6), a partir de la cual se observó nuevamente un incremento durante el período sin intervención (A7); esta última fertilización se hizo al voleo lo que facilitó el arrastre de los fertilizantes por el agua de escurrimiento. En el período de deshierbe (A8) se incrementó la precipitación y la pérdida de suelo mas no la concentración de nutrientes. Durante el período de la cosecha (A9) aumentó la precipitación, sin embargo, en el agroecosistema café con sombra disminuye la pérdida de suelo pero se incrementa la

concentración de nutrientes, esto se debe a la mayor liberación de nutrientes que se produce en este agroecosistema por la descomposición de la hojarasca que se deposita en la superficie del suelo (Vásquez, 1999); similar situación se presenta en el café sin sombra en cuanto al aporte de nutrientes por descomposición de hojarasca y material de deshierbe, pero en este agroecosistema puede estar ocurriendo mayores pérdidas por lixiviación que por escurrimiento superficial, ya que presenta alta permeabilidad, debida al contenido elevado de esqueleto grueso y a la presencia de macroporos originados por las raíces de los helechos, y por la solubilidad de los nutrientes minerales tanto naturales como aplicados (Gómez y Alarcón, 1975).

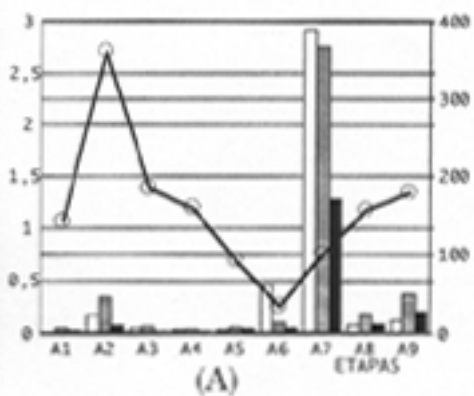
Las altas concentraciones de calcio y magnesio en los sedimentos puede deberse a las características del suelo y, las bajas concentraciones de fósforo puede estar relacionada con la inmovilidad de este elemento en el suelo debido a la acidez.

En la Figuras 1 se muestran la precipitación y la pérdida de nutrientes obtenida en las diferentes actividades de manejo que se realizan en los agroecosistemas de café.

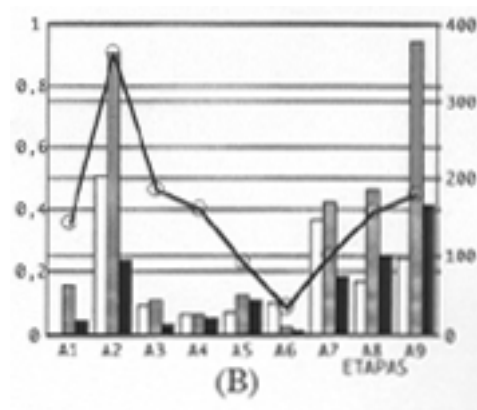
Las pérdidas de nutrientes por erosión tienen similares tendencias durante el período de observación en todos los tratamientos, siendo mayores en los períodos donde se registraron los valores más altos de precipitación, intensidades y erosividad de la lluvia; en el caso de los agroecosistemas de café, estos períodos coinciden con las labores de deshierbe y cosecha del cultivo. La pérdida de suelo y de nutrientes por erosión, para el período agosto 1996 – noviembre 1997, se muestra en el Cuadro 3.

En investigaciones realizadas por CENICAFÉ (Gómez y Alarcón, 1975) se registraron pérdidas de nutrientes en café al sol con cobertura natural de (4,28 - 3,7 - 0,12 - 0,26 y 5,44) kg ha⁻¹ año⁻¹ de N - Ca - Mg - K - y P respectivamente con pérdidas de suelo de 0,33 Mg ha⁻¹ año⁻¹; en café al sol con barreras vivas (13,68 – 8,74 – 2,6 – 11,64 y 0,33) kg ha⁻¹ año⁻¹ con pérdidas de suelo de 1,66 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y en cafetales bajo sombra (2,21 - 5,33 - 4,9 - 2,35 y 0,08) kg ha⁻¹ año⁻¹ con pérdidas de suelo de 0,56 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Las pérdidas de nutrientes obtenidas por CENICAFÉ son mayores a las obtenidas en los agroecosistemas de café evaluados en el presente trabajo a excepción del P que presenta valores similares, tomando en cuenta que los valores aquí

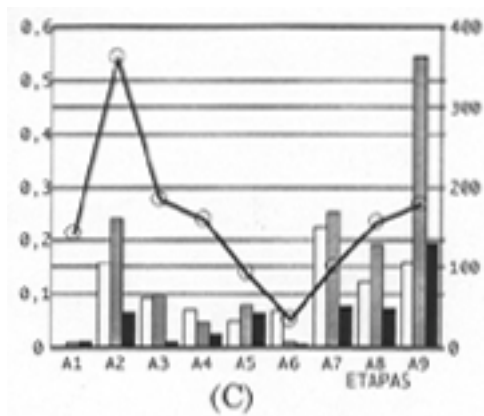
Nitrógeno (kg ha⁻¹) Precipitación (mm)



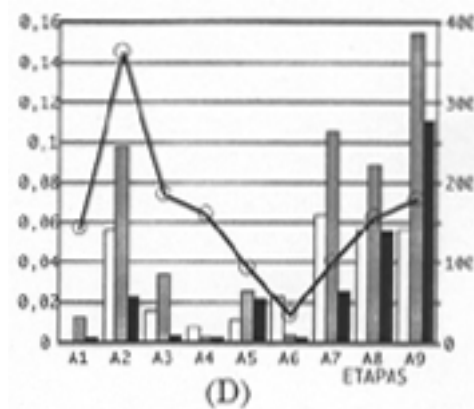
Calcio (kg ha⁻¹) Precipitación (mm)



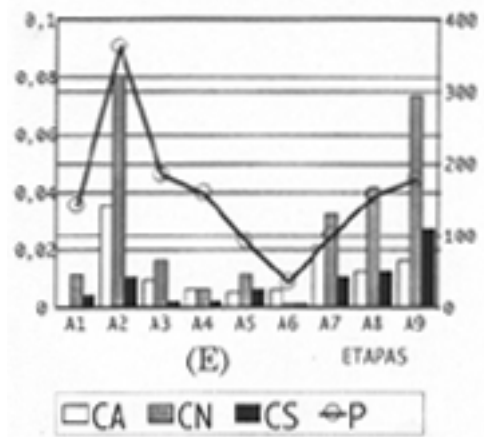
Magnesio (kg ha⁻¹) Precipitación (mm)



Potasio (kg ha⁻¹) Precipitación (mm)



Fósforo (kg ha⁻¹) Precipitación (mm)



CA = Café con árboles
 CN = Café con frutales
 CS = Café sin sombra
 P = Precipitación
 A1 = Deshierbe y abonamiento
 A2 = Cosecha
 A3 = Sin intervención
 A4 = Deshierbe
 A5 = A2
 A6 = Abonamiento
 A7 = A3
 A8 = A4
 A9 = A2

Figura 1. Precipitación y pérdida de nitrógeno (A), calcio (B), magnesio (C), potasio (D) y fósforo (E) en sedimentos durante las diferentes actividades de manejo para cada agroecosistema evaluado. Período agosto 1996 – noviembre 1997.

Cuadro 3. Pérdida total de suelo y nutrientes (kg ha^{-1}) durante el período de investigación en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Pérdida de suelo kg ha^{-1}	Pérdida de nutrientes (kg ha^{-1})				
		N	Ca	Mg	K	P
Barbecho desnudo	26680	25,45	23,15	19,53	9,53	2,32
Café con árboles	383	0,6	1,58	0,92	0,29	0,11
Café con frutales	1044	1,18	3,18	1,45	0,52	0,27
Café sin sombra	308	0,48	1,31	0,5	0,24	0,07

obtenidos corresponden a un lapso de 16 meses mientras los de CENICAFÉ son promedios anuales.

La relación 1:6:2 de potasio, calcio y magnesio es la más adecuada a las necesidades del cafeto (Valencia y Carrillo, 1983); si se compara esta relación con los valores obtenidos en los análisis de suelos de los cafetales evaluados, se observa una deficiencia de calcio. Por lo tanto, siendo este elemento el que más se pierde en los sedimentos generados por la erosión, a largo plazo se producirá una disminución de la fertilidad natural de estos suelos.

CONCLUSIONES

- Las mayores pérdidas de suelo y nutrientes coincidieron con las máximas precipitaciones y las actividades de manejo de deshierbe y cosecha del cultivo.
- La pérdida total de nutrientes se incrementó con la concentración de nutrientes y la pérdida de suelo.
La cobertura al ras del suelo, tanto de hojarasca caída como del material de deshierbe, permite disminuir la pérdida de suelo y elementos nutritivos junto con los sedimentos.
- La aplicación del fertilizante al voleo, en terrenos de altas pendientes, pudo haber influido en el incremento de las concentraciones de nutrientes obtenidas en los sedimentos.
- La descomposición de la hojarasca y del material de deshierbe que se deposita en la superficie del suelo, permite controlar las pérdidas de nutrientes por erosión.
- Las plantaciones de café combinadas con árboles de sombra y coberturas vegetales, llamadas 'malezas nobles', permiten un mayor control de la erosión que las combinadas con árboles frutales.

AGRADECIMIENTO

Al Prof. R. López por su asesoría, las Ing. Agrícolas E. Paredes y Y. Vásquez por su colaboración en el trabajo de campo, laboratorio y procesamiento de datos y al Sr. Heriberto Linares por permitir realizar el presente trabajo en su finca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECKSAMPHANT, C.. 1995. The management of sloping land for sustainable agriculture in northern Thailand. *ASIALAND. Network Doc.* No. 12, 165-203.
- CIHACEK, L. J. y J. B. SWAN. 1994. Effects of erosion on soil chemical properties in the north central region of the United States. *J. Soil Water Cons.*, 49:259-265.
- CRASWELL, E. T.; A. SAJJAPONGSE; D. B. J. HOWLWTT y A. J. DOWLING. 1997. Agroforestry in management of sloping land in Asia and the Pacific. *Agroforestry Systems*, 38:121-137.
- FASSBENDER, H. W. 1993. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. 2da. ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie de Manuales de Enseñanza No. 29, 492 p.
- FONAIAP. 1990. *Manual de Laboratorio para análisis de suelo*. FONAIAP, Maracay, Venezuela.
- GÓMEZ, A. 1972. *Erosión en cafetales, bajo diferentes sistemas de manejo*. Avances Técnicos de CENICAFÉ, Tomo II. No. 19, 23-28.
- GÓMEZ, A. 1990. *Las malezas nobles previenen la erosión*. Avances Técnicos de CENICAFÉ, Tomo II. No. 151, 125-128.
- GÓMEZ, A. y H. ALARCÓN. 1975. Erosión. In: *FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Manual de Conservación de Suelos de Ladera*. CENICAFÉ, Colombia.

- HENAO, J. 1996. *El café en Venezuela*. Eds. de la Biblioteca, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 280 p.
- LAL, R. 1988. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. In: Lal R. (ed.). *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, EUA.
- LAL, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol. II: Water runoff, soil erosion and nutrient. *Agroforestry Systems*, 8:97-112.
- MAASS, J. M., C. F. JORDAN Y J. SARUKAN. 1988. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *J. Applied Ecol.*, 25:595-607.
- MISHRA, B. K. y P.S. RAMAKRISHNAN. 1983. Slash and burn agriculture at higher elevations in north-eastern India. I. Sediment, water and nutrient losses. *Agric. Ecosystems Environ.*, 9:69-82.
- MOSTAGHIMI, S.; T.M. GIDLEY; T.A. DILLAHA and R.A. COOKE. 1994. Effectiveness of different approaches for controlling sediment and nutrient losses from eroded land. *J. Soil Water Cons.*, 49:615-620.
- PAREDES, E. y Y. VASQUEZ. 1998. *Estimación preliminar de la eficiencia de tres subsistemas de cultivo de café (Coffea arabica) en cuanto al efecto conservacionista asociado al manejo. Sector Quebrada de Ramos, Subcuenca Río Castán, estado Trujillo*. Proyecto de Grado. Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.
- PETERSO, J. B. 1994. The relation of soil Fertility to Soil Erosion. *J. Soil Water Cons.*, 19:15-19.
- RIVERA, H. y A. GÓMEZ. 1992. *El sombrío de los cafetales protege los suelos de la erosión*. Avances Técnicos de CENICAFÉ, Tomo II. No. 177, 223-230.
- STOCKING, M. A. 1988. Assessing vegetative cover and management effects. In: Lal R. (ed.). *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, EUA.
- TAYLOR, R. E.; O.E. HAYS; C.E. BAY and R.M. DIXON. 1977. Corn Stover Mulch for Control of Runoff and Erosion Land Planted to corn after corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 28:123-125.
- VÁSQUEZ, L. 1999. *Aporte de nutrientes vía materia orgánica en tres Agroecosistemas de café (Coffea arabica), ubicados en el sector Quebrada de Ramos, microcuenca Quebrada de Ramos, subcuenca Río Castán, Estado Trujillo*. Trabajo de Grado. Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.
- WEESIES, S. J. 1994. Effect of soil erosion on crop yield in Indiana: Results of a 10 year study. *J. Soil Water Cons.*, 49:597-600.
- YOUNG, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Wallingford, UK.