

## CARACTERISTICAS FISICAS Y PERDIDA DE NUTRIMENTOS DE LAS PARCELAS DE EROSION DE CERBATANA DE PURISCAL, COSTA RICA<sup>1</sup>

*Carlos Cervantes \**  
*Wilhelm-Günther Vahrson \*\**

### ABSTRACT

**Physical characteristics and nutrient losses in erosion plots at Cerbatana, Puriscal, Costa Rica.** Runoff and soil losses in plots at Cerbatana, Puriscal, Costa Rica, were studied and the soils characterized physically, chemically and morphologically. The data obtained showed the wide variations of soils of the same area due to differences in management and genesis. Some relationships between physical characteristics of the soils and the cation content of the soils were described. The analysis of the runoff data showed the highest values for the plot under pasture. The runoff water values were associated with the nitrate losses in the surface waters. The highest values were found for the recently established agroforestry system of coffee and trees. The lowest values for the runoff waters in the system of coffee without trees. These values were related with the differences in physical characteristics of the soils. The cation losses with the soil eroded from the plots were low when the real losses of soils were used to calculate these value. High values were obtained when the cation losses were calculated from the values of soil losses obtained from the application of the Universal Soil Loss Equation.

### INTRODUCCION

La zona de Puriscal, Costa Rica, es una zona que por las características morfogenéticas de los suelos que allí ocurren, las condiciones climáticas y el manejo y uso de los suelos, presenta problemas serios de deterioro de los mismos. El estudio de las pérdidas reales de suelo y de nutrientes en estas condiciones, es un paso necesario para fundamentar las inversiones en prácticas de conservación. Algunos autores (Thomas, 1980) han recolectado información que relaciona el movimiento de nutrientes con factores climáticos y de suelos.

Es por estas razones que la presente investigación enfoca aspectos de pérdida de nutrientes y los relaciona con factores climáticos y de suelos bajo diferentes sistemas agroforestales. Es también importante obtener valores reales de pérdida de nutrientes para poder dar estimaciones económicas.

### MATERIALES Y METODOS

Los datos presentes se obtuvieron de parcelas establecidas específicamente para evaluar pérdida de suelos y escorrentía, ubicadas en el distrito de Cerbatana, cantón de Puriscal, San José. Las parcelas consisten en estructuras cercadas con lámina de zinc galvanizado, de 7 m de ancho x 22,1 m de largo inclinado, lo cual da una superficie horizontal de 134,5 m<sup>2</sup> cada una. Las pendientes de las parcelas van de 55 a 60%

1/ Recibido para publicación el 23 de setiembre de 1991.  
\* Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.  
\*\* Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

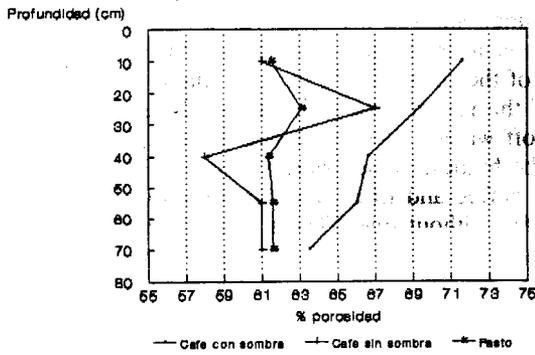
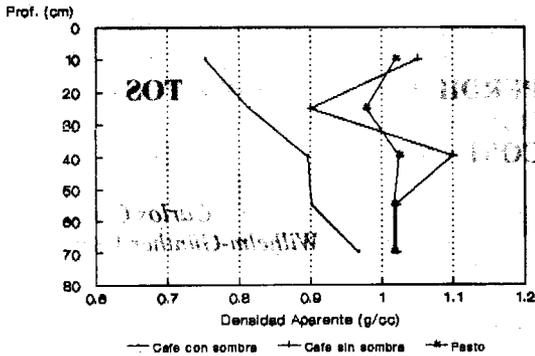


Fig. 1. Densidad aparente y porosidad de los suelos.

de inclinación. Las parcelas están bajo 3 sistemas de cultivos. La parcela 1 consiste en café con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), árboles maderables y barreras vivas de zacate limón (*Cimbofogon citratus*) cada 10 m. Este sistema al momento de las mediciones tenía 2 años de establecido.

La parcela 2 consiste en café caturra de 3 años de edad sin ninguna sombra y con barreras vivas cada 10 m. La parcela 3 es una parcela bajo pastos ligeramente degradados en aproximadamente un 25% del terreno. El terreno presenta terracetos formados por pisoteo de ganado.

Las parcelas cuentan con un sistema recolector de aguas y sedimentos. Las aguas son recogidas al final de las parcelas por una canoa tipo Gerlach y trasladadas por tubería a un recolector principal con una capacidad de 64 L. Este colector funciona como trampa para los sedimentos.

Los datos climáticos son obtenidos por medio de una estación meteorológica ubicada en

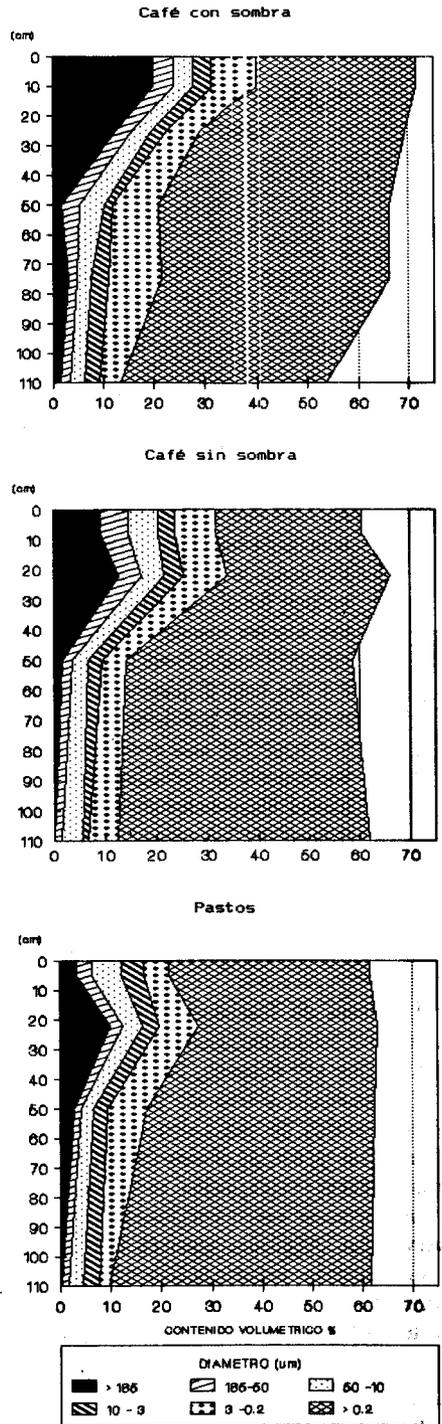


Fig. 2. Distribución del tamaño de poros con la profundidad, en las 3 parcelas.

Cuadro 1. Descripción del perfil de suelo de cada una de las parcelas de evaluación de pérdida de suelo y escorrenfía, Cerbatana, Puriscal.

Horizonte	Descripción
<b>Parcela de café con sombra</b>	
A <sub>p</sub>	0-16 cm. Franco arcilloso, 5YR 3/3 húmedo, estructura granular fina, ligeramente plástico, no adhesivo, poros gruesos comunes, muchos poros finos, raíces finas comunes, límite ondulado.
A <sub>2</sub>	16-55 cm. Franco arcilloso, 5YR 3/2 húmedo, bloques subangulares, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, muchos poros finos y medios, límite ondulado.
B <sub>t</sub>	40-100 cm. Arcilloso, 5YR 4/3 húmedo, bloques subangulares ligeramente adhesivo, plástico, poros medios comunes, raíces finas pocas, límite ondulado difuso, cutanes en poros.
C	+100 cm. Arcilloso, 5YR 4// húmedo, sin raíces, bloques subangulares, poros medios pocos, muy finos comunes. Fragmentos riolíticos semimeteorizados.
<b>Parcela de café sin sombra</b>	
A <sub>p</sub>	0-13 cm. Arcilloso, 5YR 3/2, no adhesivo, no plástico, estructura granular, poros finos muchos, raíces finas y muy finas comunes, límite ondulado claro.
2A <sub>2</sub>	13-37 cm. Franco arcilloso, 5YR 3/2 húmedo, no adhesivo, ligeramente plástico, bloques subangulares, poros finos y muy finos abundantes, medios comunes, límite ondulado claro.
AB	37-65 cm. Arcilloso, 7, 5YR 4/4, bloques subangulares firmes, muy plástico y ligeramente adhesivo, organismos comunes, poros finos y muy finos comunes, medios comunes, límite difuso.
B <sub>t</sub>	65-100 cm. Arcilloso, 5,5YR 4/4, plástico y adhesivo, bloques subangulares, concreciones de Mn y Fe en 5%, color 2, 5YR 5/8, raíces finas muchas y medias comunes, poros medios y finos comunes.
B <sub>2</sub>	100-155 cm. Arcilloso, 10YR 5/6, plástico y adhesivo, bloques subangulares, moteados y concreciones de Fe y Mn 2, 5YR 5/8, pocas raíces finas, poros finos comunes. Cutanes:
B <sub>3</sub>	+155 cm. Arcilloso, 7,5YR 4/4, bloques subangulares tendencia a laminar, plástico y adhesivo, algunas concreciones Mn y Fe 2, 5YR 4/8, poros finos comunes.
<b>Parcela de pasto</b>	
A	0-35 cm. Franco arcilloso, 7,5YR 3/2, bloques subangulares y granular superficial, plástico y ligeramente adhesivo, raíces medias y finas abundantes y muy finas abundantes, poros muy finos abundantes, límite ondulado claro.
AB	35-50 cm. Arcilloso, 5YR 3/3, bloques subangulares, poros medios pocos y finos muchos.
B	50-130 cm. Arcilloso, 5YR 3/4, bloques angulares y subangulares, adhesivo y plástico poros finos abundantes y medios pocos, límite ondulado y difuso.
C	+ 130 cm. Arcillo arenoso, 5YR 4/6, ligeramente adhesivo y plástico, poros finos comunes, raíces finas comunes.

la microcuenca a una distancia menor a los 500 m de cada parcela. Las mediciones y el muestreo de los tanques se hace diariamente.

Los datos de suelos que se presentan fueron obtenidos de calicatas hechas al lado de cada parcela y de barrenadas hechas en el sitio de las parcelas. Los datos químicos de suelos se obtuvieron de muestras de suelo extraídas a diferentes profundidades y analizadas posteriormente en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional. Los datos físicos se obtuvieron de muestras cuadruplicadas obtenidas en el campo y analizadas en el laboratorio. Los datos de nitratos se obtuvieron mediante la lectura en el agua de las concentraciones utilizando electrodos selectivos de nitratos.

Los datos que se presentan en este artículo son parciales pues constituyen las evaluaciones de

un solo año. Se pretende, además, ofrecer la caracterización de las parcelas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Descripción de los perfiles

La descripción de los perfiles se resume en el Cuadro 1 y las características químicas y físicas, en el Cuadro 2. Los suelos de las 3 parcelas fueron clasificadas a nivel de subgrupo como Udic Haplustalf (USDA, 1975).

Es evidente notar que a pesar de la cercanía en la ubicación de las parcelas, existen diferencias importantes en las características de los perfiles. Estas diferencias pueden afectar la dinámica hídrica y, por lo tanto, las pérdidas de nutrientes en las parcelas. Las variaciones de los

Cuadro 2. Características químicas y físicas de los perfiles de las parcelas en estudio, Cerbatana, Puriscal.

Horizonte	pH(H <sub>2</sub> O)	pH(KCl)	cmol(+)/L				mg/L			
			Al	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn
<b>Parcela de café con sombra</b>										
A	5,4	3,6	5,7	23,7	6,4	1,7	38	10,6	32	4,8
A <sub>2</sub>	5,4	4,8	4,3	24,8	6,5	1,3	26	11,8	38	4,6
B <sub>t</sub>	5,3	3,9	8,3	30,3	6,8	1,0	14	8,8	16	1,0
C	5,0	4,3	33,6	12,6	4,8	1,0	14	2,4	34	1,0
<b>Horizonte</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>			<b>Nombre textural</b>				
A	48,8	33,0	18,2			Arcilloso				
A <sub>2</sub>	48,8	35,0	16,4			Arcilloso				
B	50,4	32,2	17,4			Arcilloso				
<b>Parcela de café sin sombra</b>										
A	5,5	4,6	0,1	18,7	3,2	2,1	28	4,8	24	11,2
A <sub>2</sub>	6,0	4,5	0,2	20,8	3,9	1,8	12	8,0	26	4,0
AB	5,6	4,4	0,1	21,4	4,1	1,1	17	7,6	38	3,4
BA	5,8	5,1	0,1	16,7	3,2	1,1	12	6,2	16	2,0
B	5,7	5,2	0,1	18,4	3,3	1,1	18	2,4	14	1,0
C	5,9	5,3	0,1	17,9	5,6	1,0	18	4,2	6	1,6
<b>Horizonte</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>			<b>Nombre textural</b>				
A	46,4	23,0	30,6			Arcilloso				
A <sub>2</sub>	32,4	42,2	25,4			Franco Arcilloso				
AB	40,4	36,2	23,4			Arcilloso				
B	44,4	32,2	23,4			Arcilloso				
<b>Parcela con pasto</b>										
A	5,4	5,0	0,5	17,9	4,9	1,2	38	9,8	10	2,0
AB	5,6	4,3	0,5	20,1	3,4	0,9	15	6,2	44	1,4
B	5,6	4,1	6,1	13,3	2,3	1,1	17	6,2	16	2,0
C	5,4	4,3	6,5	6,8	2,3	1,1	12	2,6	18	1,0
<b>Horizonte</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>			<b>Nombre textural</b>				
A	42,4	32,2	25,4			Arcilloso				
AB	58,4	24,2	17,4			Arcilloso				
B	62,4	26,2	11,4			Arcilloso				
C	44,4	28,2	27,4			Arcilloso				

suelos tropicales en áreas pequeñas son altas y este hecho ha sido reconocido previamente (Sánchez, 1981; Wilding y Drees, 1978).

#### Características físicas de las parcelas

Los datos de textura de las parcelas se presentan en el Cuadro 2. La densidad aparente (DA) y la porosidad se presentan en el Cuadro 3. Como se mencionó anteriormente, existen diferencias importantes entre parcelas. Las porosidades más altas y la DA más baja se presentan en el sistema de café con sombra (Figura 1). El sistema de café sin sombra presenta una alta DA superficial que disminuye con la profundidad para mantenerse en

valores similares a los del pasto, aunque mayores que el café con sombra.

Es importante notar que a pesar del criterio generalizado que existe sobre el efecto compactante del pastoreo, este no fue muy evidente en los valores de DA y sólo se observaron diferencias en la capa de 10 a 20 cm. Sin embargo, la distribución de poros por tamaño (Figura 2 permite entender la razón de que la infiltración sea más lenta y de que el pasto presente una mayor escorrentía (Figura 4). Se puede comprobar que el pisoteo del ganado básicamente afectó la distribución del tamaño de los poros, aunque esta diferencia no pudo ser detectada en las mediciones de DA. La

Cuadro 3. Valores de densidad aparente y porosidad obtenidos para las tres parcelas de erosión, Cerbatana, Puriscal.

Profundidad (cm)	Café con sombra		Café sin sombra		Pasto	
	DA	Por	Da	Por	DA	Por
0-12	0,75	71,6	1,05	60,5	1,02	61,5
12-25	0,81	69,3	0,90	65,9	0,98	63,1
35-50	0,90	66,1	1,10	58,5	1,02	62,5
50-75	0,90	66,0	1,02	61,7	1,02	61,6
75-150	0,96	63,5	1,02	61,7	1,02	61,6

descripción morfológica de las calicatas permitió detectar una menor presencia de poros medios y gruesos en esta parcela.

Los datos de contenido de arcilla (Figura 3) y su distribución con la profundidad, pueden explicar algunos de estos datos. Los contenidos de arcilla de la parcela 1 son bastante uniformes en toda la profundidad y sólo presentan ligeras variaciones en la superficie. Para la parcela de café sin sombra y la de pasto los valores superficiales son muy similares, pero en la de café sin sombra la arcilla disminuye drásticamente mientras que en la de pasto aumenta.

#### Distribución de bases en los perfiles

La Figura 5 representa la distribución de bases en los perfiles al inicio de las mediciones. Las parcelas 1 y 2 son parcelas bajo cultivo de café y reciben fertilizaciones anuales. La parcela 3 está bajo pasto actualmente y no recibe fertilización, sin embargo, estuvo bajo cultivo por un largo período antes de ser dedicada a pastoreo.

Las bases fueron extraídas con Acetato de Amonio 1N pH 7, y muestran los valores más

bajos para la parcela de pasto lo cual concuerda con la dinámica de aplicación. Es interesante analizar el caso del K, el cual es una base que tiende a moverse en el suelo de acuerdo al movimiento de agua. La literatura reporta la relación de su movimiento con la porosidad y el tamaño de los poros, los cuales afectan la velocidad de infiltración.

Para las parcelas de café con sombra y pasto se detectó una alta correlación entre la porosidad y el contenido de K de los perfiles (Figura 6). Esta relación no se comprobó en la parcela de café sin sombra.

#### Pérdidas de bases por erosión

El Cuadro 4 presenta las pérdidas de bases debidas a la remoción de suelo por aguas superficiales; estos datos provienen del análisis de los sedimentos removidos de la superficie de las parcelas y retenidos en los tanques recolectores. También, estas pérdidas se estimaron por medio de la ecuación universal de pérdida de suelos.

Entre los datos obtenidos y los calculados se presentó una gran diferencia.

Las mayores pérdidas en la parcela de café con sombra se deben a la mayor escorrentía que ocurre. Basándose en las pérdidas reales, la cantidad de nutrimentos que sale del suelo no fue económicamente importante.

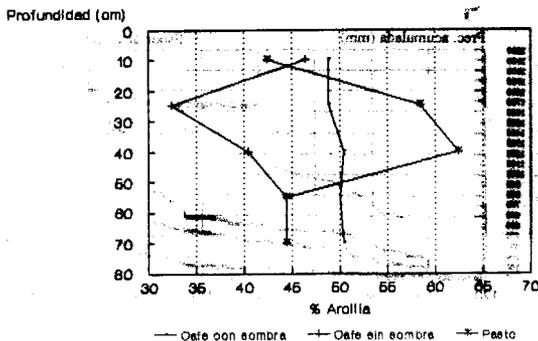


Fig. 3. Contenido de arcilla en suelo a diferentes profundidades del perfil.

Cuadro 4. Pérdidas de bases en kg/ha debido a la remoción del suelo por las aguas superficiales para valores calculados por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y pérdidas reales medidas, Cerbatana, Puriscal.

		Ca	Mg	K
		kg/ha		
Café con sombra	Calculadas	550	26	29
	Obtenidas	3,5	1	1
Café sin sombra	Calculadas	115	172	31
	Obtenidas	0,5	1	0,11

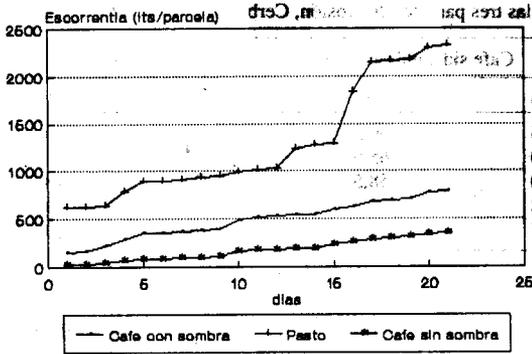


Fig. 4. Escoorrentia acumulada en las parcelas para datos de 21 días.

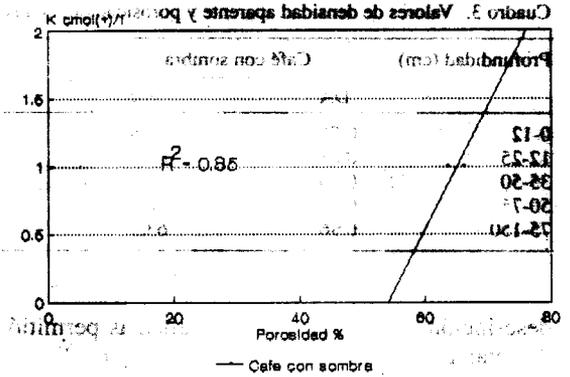


Fig. 6. Correlación porosidad - potasio para dos parcelas.

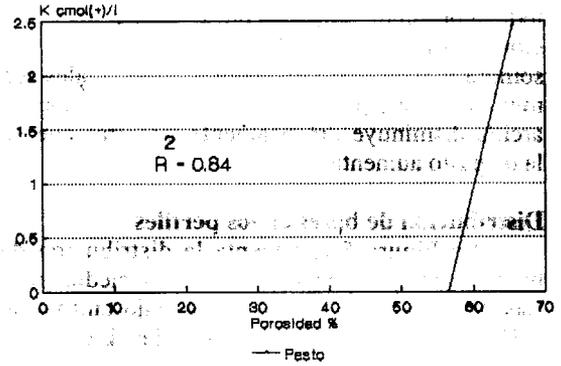


Fig. 7. Precipitación y escoorrentia superficial para Cerbatana, Puriscal; mayo - diciembre 1990.

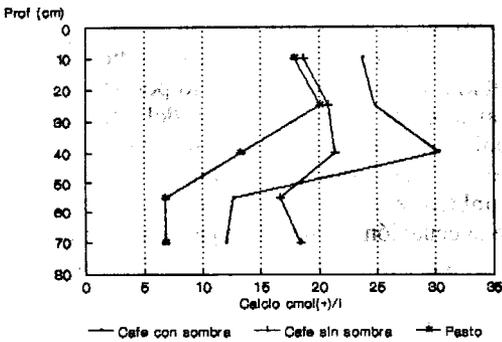
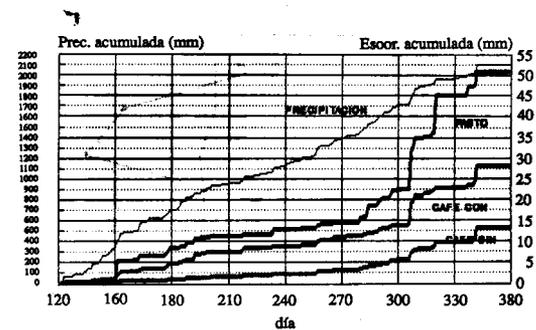
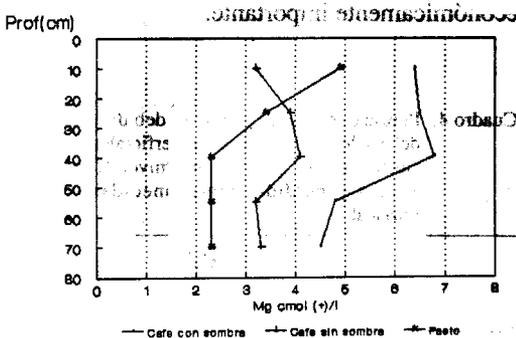


Fig. 5. Distribución de bases en los perfiles de suelo de las 3 parcelas.



### Nitratos y escorrentía superficial

La Figura 7 presenta los resultados del análisis de 21 días con precipitación evaluados durante la época lluviosa (mayo-diciembre 1990). Los datos de escorrentía (Figura 4), muestran, en general, que los mayores volúmenes se presentaron en la parcela de pasto, y superaron a las parcelas de café en la mayoría de los eventos.

Cuando se analizan los datos de pérdidas de nitratos, producto de la multiplicación del volumen de agua de escorrentía por su concentración de nitratos (Figura 8), las mayores pérdidas se obtuvieron en la parcela de café con sombra, a pesar de que este sistema no presentó las mayores escorrentías. La parcela de pasto, con las mayores escorrentías, no presenta las mayores pérdidas de N debido a la menor presencia del mismo en el suelo por la ausencia de fertilización química nitrogenada. Entre las 2 parcelas de café, la de café con sombra tiene mayores pérdidas de nitrato debido a una mayor escorrentía que la parcela de café sin sombra.

La menor escorrentía no puede explicarse con base en la densidad aparente, el porcentaje de porosidad, o la distribución del tamaño de los poros. Normalmente, se considera que los suelos con más contenido de arena son más permeables que los arcillosos, sin embargo, una mejor agregación de los suelos puede compensar una diferencia en el contenido de fracciones gruesas de la textura (Gavande, 1976). Las diferencias en el microrrelieve en las parcelas puede también originar diferencias en la escorrentía al afectar las velocidades de aguas superficiales (Stocking, 1987.)

Cuando se extrajeron nitratos a diferentes profundidades del perfil, los resultados (Figura 9) muestran una mayor concentración en la parcela de café sin sombra, que es la parcela con menor escorrentía de las parcelas de café. La concentración de nitrato va aumentando con la profundidad del perfil lo que sugiere una pérdida por lixiviado; el nitrato presente en aguas extraídas por succión a 60 cm de profundidad está fuera del área de absorción del sistema radical del café. Sin embargo, esto debe relacionarse con el volumen de agua que se percola, para llegar a una conclusión de las cantidades totales perdidas. Se sabe que la escorrentía es menor en la parcela de café sin sombra así que se puede asumir que la pérdida por lixiviación de nitratos es mayor que en la de café con sombra.

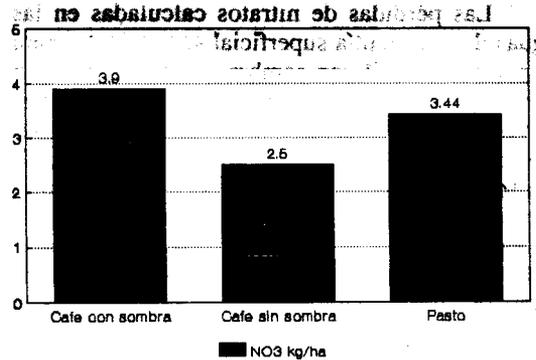


Fig. 8. Pérdidas estimadas de nitratos para el período de mayo a diciembre de 1990. (Cálculos hechos con base en promedios).

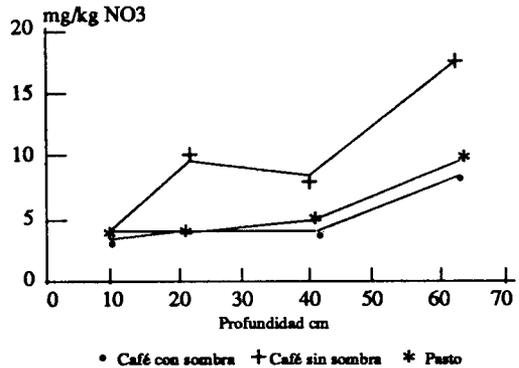


Fig. 9. Nitratos en aguas extraídas a diferentes profundidades del perfil.

## CONCLUSIONES

El análisis de las evaluaciones hechas a las parcelas de Cerbatana, Puriscal, permite concluir lo siguiente: Las mayores escorrentías que se presentan en las parcelas de pasto son producto del efecto compactador del pisoteo del ganado el cual afecta principalmente la distribución del tamaño de los poros.

A pesar de tener mayor porosidad y mayor número de poros grandes, la parcela de café con sombra presentó mayor escorrentía superficial que la parcela de café sin sombra. La respuesta podría buscarse en los drenajes internos de las parcelas.

Las pérdidas de nitratos calculadas en las aguas de escorrentía superficial son mayores para la parcela de café con sombra que las de café sin sombra, sin embargo, cuando se analizan las pérdidas por lixiviación, los datos sugieren una mayor pérdida por esta vía en la parcela de café sin sombra. Las concentraciones aumentan con la profundidad lo que sugiere un sistema de pérdida de esta forma soluble de N. La mayor concentración puede deberse a una gradiente de acumulación de nitratos debido a la disminución de la velocidad del agua por un aumento en el % de poros finos con la profundidad. Las pérdidas de suelo originan pérdidas de nutrimentos como son las bases Ca, Mg, y K adheridos a las cargas de las arcillas, sin embargo, éstos no representan valores económicamente importantes.

### RESUMEN

Las parcelas de pérdida de suelos y escorrentía de Cerbatana, Puriscal, Costa Rica, fueron descritas y analizadas desde el punto de vista físico, químico y morfológico. Los datos informados demuestran las enormes variaciones de suelos ubicados en áreas cercanas debido a su diferente manejo y variaciones genéticas. Se describen algunas relaciones entre características físicas y bases del suelo. La mayor escorrentía la mostró la parcela de pasto. La escorrentía fue asociada con las pérdidas de nitratos en las aguas superficiales, las cuales fueron mayores en el café con sombra.

Las menores escorrentías se presentaron en el café sin sombra, sin embargo esto se asoció a diferencias en las características físicas de las parcelas. Las pérdidas de bases en el suelo removido son bajas cuando se utilizan las pérdidas reales de suelo, sin embargo son altas para las pérdidas de suelo calculadas con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

### LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A.; GLOVER, N.; OBANDO, O. 1982. Reconocimiento de los suelos de Puriscal-Salitrales y Tabarcia, San Ignacio de Acosta, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 97 p.
- FORSYTHE, W. 1975. Física de suelos; manual de laboratorio. San José, IICA. 212 p.
- GAVANDE, S. 1976. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa. 351 p.
- SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico. San José, IICA. 631 p.
- STOCKING, M. 1987. Measuring land degradation. *In* Land degradation and society. London, Blaikie and Brookfield Editors. 296 p.
- USDA. 1975. Soil Taxonomy. Washington, D.C., Agriculture Handbook no. 436.
- WILDING, L.; DREES, L. 1978. Spatial variability: A pedologist's viewpoint. *In* Diversity of soils in the tropics. Ed. by M. Stelly. Madison, Wis., ASA. 119 p. (Special publication no. 34)