

ESTUDIO SOBRE MANEJO DE SUELOS Y CALIDAD DE AGUAS EN LA ZONA SUR DE SAN BOSCO-SANTA BARBARA, HEREDIA

Cecilia Villalobos, J. Danilo Hernández y Fernando Mojica¹

Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

(Recibido: 24 octubre 1994/Aceptado: 8 mayo 1995)

RESUMEN

Actualmente la erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos por manejo inadecuado, son un problema social y ambiental que está afectando a nuestro país.

El uso inapropiado del suelo sin tomar en cuenta su potencial productivo y el desconocimiento o desinterés de los productores por implementar prácticas de manejo y conservación de suelos, están provocando serios problemas de degradación en los terrenos de uso agrícola.

Considerando que en la Universidad Nacional se desarrolla un Programa tendiente a la recuperación de la Cuenca del Río Segundo, se decidió realizar un diagnóstico que reflejara la problemática relacionada con el uso y manejo de los suelos y aguas en 17 fincas de pequeños productores de la zona de San Bosco de Santa Bárbara de Heredia.

Se encontró que los suelos de la zona presentan características físicas y químicas adecuadas para la producción agropecuaria. Sin embargo, se presentan deficiencias en el manejo, las cuales unidas a factores de relieve y pendiente están provocando pérdidas de suelo.

Se determinó, además, que la calidad química del agua de riego es aceptable, no así la biológica. También se concluye en este trabajo que las características de los suelos, unidas a la topografía irregular de estos terrenos, sugieren la necesidad de establecer sistemas de manejo que conserven su potencial agrícola, sobre todo cuando se integre esta zona al proyecto de riego que está por inaugurar el SENARA.

ABSTRACT

Undue soil use without considering its productive potential and the ignorance or lack of interest of producers to implant soil conservation and management practices, are causing serious degradation problems on agricultural land.

Considering that the Universidad Nacional develops a program to recover the Río Segundo basin, it was decided to carry out a diagnostic that shows the problems related with the soil and water use and management, in 17 small farms in San Bosco of Santa Bárbara, Heredia.

It was found that soils of the zone present suitable physical and chemical characteristics for agricultural production. However its present management system as well as relief and slope factors are causing soil losses.

It was determined that the chemical water quality is acceptable but it is biologically unacceptable. The soil characteristics and the irregular topography determine the need to establish soil management systems which protect its agricultural potential, especially when an irrigation project begins in this zone.

INTRODUCCION

Se estima que en el mundo se pierden anualmente entre 5 y 7 millones de hectáreas de buenos suelos debido a un manejo inadecuado, cantidad que se supone debería ser incorporada a la producción en el mismo período, para satisfacer las necesidades alimentarias de la población (FAO 1984).

Según esta misma organización, para fines de siglo se requerirá extender las medidas de conservación de suelos al 25% de la totalidad de las *tierras de labranza* (FAO 1984).

Según ALVARADO *et al.* (1993), alrededor de 1950 la erosión sufrida en Costa Rica se consideró de moderada a ligera, pero a partir de

1. Proyecto Agricultura Sostenible. Programa Recuperación Cuenca Río Segundo.

1980 pasa de moderada a extrema, lo que revela el deterioro creciente a que están sometidos los suelos del país. RODRIGUEZ (1993) reporta en la zona Norte (entre los meses de octubre y enero), pérdidas de suelo de hasta 1823,8 kg/ha.

Por otra parte BRONZONI (1989) y VAHRSON (1980) señalaron que en los últimos años se han presentado serios problemas de degradación de suelos, grandes acúmulos de sedimentos en caminos, desarrollo de cárcavas y erosión en surcos y laminar en diferentes partes del país. Por otro lado VAHRSON (1989) informa sobre fuerte degradación de suelos por problemas de erosión en la zona de Puriscal.

Considerando que en la mayoría de cuencas hidrográficas del país se está dando un proceso acelerado de degradación de suelos, principalmente en zonas donde predominan los monocultivos y en especial los de ciclo corto, y que en la Cuenca Río Segundo se desarrolla un programa académico de la UNA tendiente a la recuperación de ésta, se decidió realizar este estudio, con el fin de determinar el manejo de los suelos y la calidad de las aguas en la zona de San Bosco de Santa Bárbara, que pertenece al área de interés del programa. Además, se tomó en consideración que en esa zona se está implementando un proyecto de riego, impulsado por la comunidad, con el apoyo del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), lo que probablemente conduzca a un uso más intensivo del suelo y a la introducción de prácticas agrícolas no tradicionales en la zona. Estos dos factores podrían agravar el proceso de degradación de los suelos.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en la zona de San Bosco de Santa Bárbara, la cual se encuentra ubicada a una altura media de 1250 m.s.n.m., entre las coordenadas 10°01 Norte y 84°09 Oeste, con una precipitación media anual de 2769,3 mm, distribuidas heterogéneamente a través de todo el año, temperatura media anual de 24,8°C, mínima de 15,2°C y media anual de 19,2°C, humedad relativa media de 75%, una evaporación de 3,43 mm promedio y 6,3 horas de brillo solar como promedio anual (Cuadro 1).

Se seleccionaron 17 fincas en la zona, tomando en cuenta los diagnósticos efectuados, tanto por el Programa de Recuperación de la Cuenca del Río Segundo-UNA como por el realizado por el

SENARA, así como información ofrecida por miembros de la Junta de Usuarios de Agua de la zona.

Para realizar el trabajo de análisis de suelo y agua se contó con la colaboración de estudiantes de la Escuela de Ciencias Agrarias de la UNA.

En cada finca seleccionada se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm, para realizar los siguientes análisis de laboratorio:

1. Análisis físicos

Textura, densidad aparente y de partículas, porosidad, retención de humedad e infiltración básica, siguiendo las metodologías usuales (FORSYTHE 1985).

2. Análisis químicos

Reacción del suelo (pH), materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, Fósforo, Calcio, Magnesio, Potasio, Cobre, Hierro y Manganeso y Acidez de intercambio, utilizando las metodologías usadas en el Laboratorio de Suelos del MAG para su determinación (BERTSCH 1986).

3. Agua de riego

Análisis químico, contenido de Calcio (CaO), Magnesio (MgO), Potasio (K₂O), Sodio (Na), carbonatos (CO₃) y bicarbonatos (HCO₃), acidez (pH) y conductividad eléctrica (CE).

4. Análisis biológico

La determinación del contenido de bacterias de vida libre y fecales mediante el método NMP (de tubos múltiples), fue realizada por el Laboratorio de Análisis de Agua, del Departamento de Química, UNA.

5. Descripción de perfil

Se realizaron las descripciones de los perfiles utilizando calicatas de dimensiones de 1 m de lado por 1 m de fondo y se tomaron muestras para determinar la fertilidad y la capacidad de uso del suelo usando la Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica (CUBERO 1994).

Cuadro 1.

Datos meteorológicos registrados en las estaciones de Santo Domingo del Roble, Heredia (1982-1992) y Santa Lucía de Barva, Heredia (1983-1990).

Detalle	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Precipitación total (mm)	120,7	183,4	487,5	1149,9	4012,3	4518,3	3030,9	3498,1	5360,5	5507,4	648,5	648,5	30462,6 EST
X	11,0	16,7	44,3	104,5	364,7	410,7	275,5	318,0	487,3	500,3	177,1	58,9	2769,3 (1)
MAXIMA	24,2	25,4	26,0	27,5	26,5	25,5	24,9	24,3	24,4	24,4	24,4	23,7	24,8 EST.
MINIMA	14,9	14,9	14,8	15,9	15,7	15,9	14,4	15,3	14,4	15,3	15,8	15,5	15,2 (2)
°C MEDIA	19,9	19,6	19,9	21,1	20,7	20,3	19,7	19,4	18,6	18,5	19,1	18,9	19,2
Brillo solar: Horas y 1/10	9,2	9,1	8,9	8,2	5,4	3,9	4,1	4,4	4,3	4,6	5,5	7,7	6,3 EST (2)
Humedad relativa	71	70	69	69	76	81	75	79	80	83	77	70	75 (2)
Evaporación	143,3	134,0	146,4	100,2	70,8	84,6	80,6	66,6	70,5	89,4	103,9	103,9	103,3 EST (2)

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, San José-Costa Rica.

EST (1) = Estación Meteorológica, Santo Domingo del Roble, Heredia. (Promedios de 1982-1992).

EST (2) = Estación Meteorológica, Santa Lucía, Barva, Heredia. (Promedio 1983-1990).

Cuadro 2.
Características físicas de los suelos de la zona de San Bosco de Santa Bárbara de Heredia.

Finca	Textura	% arena	% limo	% arcilla	K	Da g/cm ³	Dp g/cm ³
Miguel González	Franco	51,44	32,30	18,56	10,18	0,80	2,32
Emérita Herrera	Franco-arcilloso	35,44	30	34,56	10,1	0,62	2,39
Alfonso Ramírez	Franco	51,54	30,5	17,96	12,33	0,67	2,08
Eduardo Sánchez	Franco	53,24	32,82	13,94	21,02	0,62	2,12
Adrián Cortés	Franco-arcillo-arenoso	52,64	25,4	21,96	19,32	0,44	2,27
José Vargas	Franco-arenoso	51,74	20,5	27,8	26,90	0,56	2,17
Irma Vega	Franco-arcillo-arenoso	60,64	23,40	15,96	22,10	0,73	1,79
Ma. del Carmen Vega	Franco	56,04	23,70	20,26	11,82	0,60	2,56
Walter Cordero	Franco-arenoso	48,04	36,00	15,96	9,57	0,67	1,95
Juan Ramos	Franco-arenoso	65,24	18,76	16,0	27,0	0,51	2,32
Asdrúbal Ramírez	Franco-arenoso	68,64	15,96	15,40	19,68	0,58	2,13
Ovidio Vargas	Franco-arenoso	58,64	15,96	25,4	9,53	0,60	2,21
Manuel Vargas	Franco-arenoso	58,64	18	23,36	12,67	0,70	2,07
Luis Ramírez	Franco-arenoso	56,64	17,96	25,4	15,84	0,57	2,12
Benedicto Ramírez	Franco-arenoso	45,24	28,8	25,96	14,89	0,75	2,12
Mario Vega	Franco-arenoso	64,64	20,0	15,36	3,42	0,54	1,93
Ma. de los Angeles Vega	Franco	47,24	32,80	19,96	7,27	0,62	1,89

K = Conductividad hidráulica.

Da = Densidad aparente.

Dp = Densidad de partículas.

Cuadro 3.

Análisis químico del suelo de fincas en la zona de San Bosco, 1994.

Fincas	pH	KCL	Al int.	P	% M.O.	Ca	M	K	Mn	Fe	Cu	CICE	% Sat. Al	Ca/Mg	K		Mg/K	
															meq/100g	Ca+Mg		
															meq/100g		ppm	
M. González	5,8	4,5	0,51	93,04	8,04	12,5	3,21	3,91	2,2	75,9	2,6	20,12	2,48	3,89	4,02	3,20	10,82	
E. Herrera	4,4	4,2	1,9	41,74	8,84	4,5	4,17	3,90	2,4	56,5	1,8	14,47	13,13	1,07	2,22	1,15	1,07	
Alfonso Ramírez	5,8	4,6	0,4	46,96	12,33	11	4,0	3,92	0,7	12,1	1,2	19,32	2,0	2,75	3,82	2,81	1,02	
E. Sánchez	6,4	4,7	0,3	40,87	29,08	9,5	2,3	1,55	Tr	10	0,8	13,65	2,2	4,13	7,61	6,13	1,48	
A. Cortés	5,9	5,1	0,3	120,0	14,74	22,5	3,58	2,98	1,1	1,1	0,17	29,33	1,02	6,28	8,84	7,63	1,2	
J. Vargas	6,2	4,7	0,5	92,17	23,65	18	3,75	2,34	0,2	14,7	1,4	24,59	2,0	4,80	9,29	7,69	1,6	
Irma de Vega	6,3	4,7	0,2	60,87	15,95	11	2,42	2,29	Tr	2,1	1,0	15,91	1,26	4,55	5,86	4,80	1,06	
Ma. del Carmen Vega	6,4	4,7	0,2	27,73	21,17	11,5	3,25	2,87	Tr	13,1	1,2	17,82	1,12	3,54	5,14	4,0	1,13	
Walter Cordero	5,7	4,5	0,4	19,1	48,78	10	3,67	3,23	Tr	19,0	Tr	17,3	2,31	2,42	4,2	3,08	1,13	
Juan Ramos	5,4	4,3	1,2	59,1	6,7	8,0	2,75	3,75	Tr	30,3	0,9	15,7	7,64	2,9	2,87	3,12	0,13	
Asdrúbal Ramírez	5,8	4,7	0,4	48	8,31	7,5	1,17	3,17	Tr	18,1	0,4	12,24	3,27	6,41	2,74	2,37	0,37	
Ovidio Vargas	5,8	4,7	0,3	47,5	21,98	7,5	1,92	2,05	Tr	16,1	0,4	11,77	2,55	3,91	4,6	3,66	0,94	
Mel Vargas	5,3	4,7	0,5	95,8	4,69	14	3,5	3,6	0,4	75,4	0,6	21,6	2,31	4,0	4,86	3,89	0,98	
Luis Ramírez	5,3	4,3	0,8	76,67	12,73	12,0	2,50	3,05	0,2	23,6	0,3	15,3	5,23	4,30	7,07	5,80	1,24	
B. Ramírez	5,8	4,5	0,6	42,0	10,58	7,0	1,5	3,92	Tr	35,2	0,3	13,02	4,6	4,66	2,17	1,78	0,38	
Mano Vega	6,0	4,7	0,2	41,67	18,76	8,3	2,0	1,49	Tr	16,2	0,2	11,99	1,67	4,15	6,90	5,56	1,34	
Ma. de los Angeles Vega	5,9	4,8	0,2	55	10,45	12,5	4,0	2,05	Tr	10,8	0,1	18,75	1,07	3,13	8,05	6,10	1,95	

Tr = Trazas.

M.O. = Materia orgánica.

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva.

% Sat. Al = Porcentaje de saturación de aluminio.

Cuadro 4.

Clasificación de los suelos de fincas de la zona de San Bosco. 1994.

Finca	Clase agrológica	Clasificación fertilidad	Clasificación taxonómica
M. González	IV	LL	Haplustand
E. Herrera	IV	L	Entisol
E. Sánchez	III	LC	Haplustand
A. Cortés	III	LL	Haplustand
J. Vargas	III	LL	Haplustand
Irma Vega	IV	LC	Haplustand
Ma. del Carmen Vega	II	LC	Haplustand
W. Cordero	III	LC	Haplustand
J. Ramos	IV	LRX	Lithic Haplustand
A. Ramírez	V	LX	Haplustand
O. Vargas	II	LL	Haplustand
M. Vargas	V	LC	Haplustand
Luis Ramírez	III	LLX	Haplustand
Mario Vega	II	LCD	Haplustand
Alfonso Ramírez	IV	LLX	Haplustand

Clasificación de acuerdo con el Sistema FCC, de Buol y Sánchez (Cubero 1994).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se puede observar en el Cuadro 2 que los suelos de la región estudiada presentan texturas que van de medianas a moderadamente finas, clasificándose la mayoría como franco arenosos.

Presentan una densidad aparente muy baja que oscila entre 0,80 y 0,40 g/cm³. La densidad de partículas también es bastante baja, entre 1,79 y 2,56 g/cm³, estando la mayoría de los valores muy cercanos a 2 g/cm³. Esta situación se debe principalmente al origen volcánico de estos suelos.

El porcentaje de arena unido a la alta porosidad produce suelos con un drenaje bueno; la conductividad hidráulica está entre rápida y moderadamente rápida y los valores de infiltración son altos, lo que disminuye el riesgo de escorrentía.

Las características físicas de estos suelos y el alto contenido de materia orgánica en ellos, ofrecen condiciones de alta porosidad, excelente permeabilidad, buena consistencia, agregación de partículas y buena retención de humedad.

En el Cuadro 3 se muestran las características químicas de los suelos. Estos presentan un pH en agua que va de bajo a medio, con valores que

oscilan entre 4,9 y 6,4, mientras que en KCl 1N los valores son bajos, entre 4,2 y 5,1.

Los contenidos de aluminio de intercambio se encuentran entre 0,2 a 1,9 meq/100 g, siendo bajos en la mayoría de las fincas. Sin embargo, algunas tienen problemas por contenidos medios o altos de acidez de intercambio y los valores bajos de pH que presentan.

El contenido de calcio y magnesio es medio en todas las parcelas, no así el de potasio que presenta valores altos. Este exceso de potasio ocasiona desbalances con el magnesio principalmente y con el calcio, situación que se puede observar en especial en las relaciones Mg/K y Ca+Mg/K.

El contenido de fósforo es muy elevado en estos terrenos. El manganeso y el cobre presentan niveles bajos en todas las parcelas, mientras que el hierro varía en su contenido de medio a alto.

Tanto el potasio como el fósforo son abundantes, debido a la composición mineralógica de estos terrenos por su origen volcánico y a la gran cantidad de fertilizantes químicos que aplican los agricultores de la zona.

En su mayoría, los suelos de la región presen-

Cuadro 5.

Análisis químico del agua de riego por finca en la zona de San Bosco, de Santa Bárbara de Heredia. 1994.

Finca	pH	CE umhos/cm	Cu meq/l	Ma meq/l	K Mg/l	Na meq/l	RAS meq/l	HC0 ₃	Clasificación
M. González	6,0	237,98	0,60	0,70	0,18	1,08	1,34	0,21	CISI
E. Herrera	6,6	126,39	0,44	0,69	0,069	0,13	0,17	0,83	CISI
Alfonso Ramírez	6,1	319,44	0,68	0,67	0,18	1,84	2,23	0,54	C2SI
E. Sánchez	6,2	134,99	0,21	0,67	0,07	0,47	0,71	0,85	CISI
A. Cortés	6,3	138,0	0,17	0,62	0,15	0,59	0,94	1,3	CISI
J. Vargas	6,5	208,0	0,36	0,70	0,17	1,02	1,40	0,41	CISI
Irma Vega	5,2	138,6	0,61	0,69	0,2	0,086	0,107	0,4	CISI
María del Carmen Vega	6,5	286	0,16	0,62	0,06	0,78	1,2	0,1	CISI
W. Cordero	4,5	388,74	0,52	0,70	0,19	2,67	3,42	0,06	C2SI
J. Ramos	5,5	260	0,56	0,70	0,16	1,34	1,68	0,5	C2SI
A. Ramírez	4,2	367,15	0,45	0,68	0,19	2,54	3,38	0,05	CISI
O. Vargas	6,3	190,4	0,48	0,69	0,18	0,73	0,98	0,18	CISI
Mel Vargas	6,0	103,51	0,75	0,55	0,07	0,41	0,73	0,99	CISI
L. Ramírez	6,2	117	-	-	-	-	-	0,17	CISI
B. Ramírez	6,2	baja	0,42	0,69	-	0,29	0,38	1,07	CISI
Mario Vega	6,3	235,7	0,52	0,69	0,16	1,15	1,48	0,19	C2SI
Ma. de los Angeles Vega	6,1	286,05	0,58	0,70	-	1,58	1,40	1,1	CISI

CE = Conductividad eléctrica.

RAS = Relación de Adsorción de Sodio.

Cuadro 6.

Análisis biológico del agua de riego en la zona de San Bosco, Santa Bárbara de Heredia durante el período de marzo a mayo de 1994.

Muestra	T° Incubación	22 de marzo	4 de abril	17 de abril	2 de mayo	16 de mayo	31 de mayo	Promedio del período
Río Ciruelas	*35°C	210	210	210	93	43	1100	311
	**44,5°C	150	150	7	23	-	43	62,17
Cementerio	*35°C	43	20	93	75			57,75
	**44,5°C	3	7	-	15			8
Parcela M. González	*35°C	23	23	210	15			67,75
	**44,5°C	-	-	3	-			0,75
Parcela José Cortés	*35°C	9	23	240	9			70,25
	**44,5°C	-	-	-	-			-
Cañería	*35°C	3	ND	20	-	-	23	9,2
	**44,5°C	-	ND	-	-	-	3	0,6

Fuente: Laboratorio de aguas, Depto. de Química. Universidad Nacional.

* Indica el número de bacterias de vida libre por 100 ml de agua.

** Indica el número de bacterias de origen fecal por cada 100 ml de agua.

Durante los muestreos del 16 y 31 de mayo, el canal principal de riego permaneció seco debido a obras, por lo que no se tomaron las muestras respectivas.

tan un subsuelo de textura fina a moderadamente fina, lo que los hace más susceptibles a la erosión. La pendiente y la erosión sufrida son los principales problemas que presentan estos suelos, los cuales se clasifican en su mayoría como de Clase Agrológica IV. Algunos se clasifican como Clase V principalmente por su poca profundidad efectiva.

Taxonómicamente los suelos analizados se clasifican como: Haplustands (Cuadro 4).

La región presenta vientos moderados y un régimen hídrico ústico, por lo que la humedad es limitante para los cultivos durante la época seca.

Como se muestra en el Cuadro 5 el análisis químico del agua de riego revela que ésta se clasifica en su mayoría como CISI, por lo que prácticamente no tiene restricciones para su uso. En algunos casos se presenta cierto grado de salinidad, sin embargo, el buen drenaje de estos terrenos posibilita su utilización dando el manejo adecuado y restringiendo su uso a cultivos moderadamente tolerantes a la salinidad.

En el Cuadro 6 el análisis biológico del agua evidencia contaminación por bacterias de vida libre y fecales, que podría traer algunos efectos negativos tanto sobre los cultivos hortícolas por problemas principalmente causados por bacterias, así como al consumidor en el caso de cultivos de consumo fresco.

Dado que en la zona se piensa desarrollar un proyecto de riego será importante considerar que al habilitar la época de verano para la producción, el uso del suelo se hará más intensivo y si a esto unimos que el agricultor deberá incorporar a sus prácticas tradicionales la nueva tecnología del riego, el peligro de degradación de los terrenos en la zona aumentará, si no se toman las medidas adecuadas de capacitación en manejo y conservación de suelos y aguas.

Otro factor a considerar es la clase agrológica de un porcentaje importante de los suelos analizados, que restringe su uso a cultivos semipermanentes o permanentes. Al implementar el riego las hortalizas serían los cultivos que más se fomentarían, lo cual podría afectar la productividad de estos suelos.

La pendiente que presentan estos terrenos es bastante limitante para el riego por superficie, especialmente por surcos, que es el principal sistema utilizado en la zona. En general se observa que el desnivel que emplea el agricultor en el diseño de los surcos es bastante elevado, superior al 2%.

Sería importante en el futuro sustituir estos métodos tradicionales por sistemas más eficientes como el riego por aspersión, microaspersión y goteo, que ayudarían a mejorar la eficiencia de aplicación, y la economía de agua, lo mismo que a reducir las pérdidas de suelo por arrastre, cuando se aplican caudales superiores a los máximos permisibles por las condiciones propias de estas fincas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los suelos de la región presentan en su mayoría textura franco arenosa y altos contenidos de materia orgánica, que les confieren características físicas como alta permeabilidad, buena agregación y adecuada retención de humedad.

El porcentaje de saturación de aluminio es bajo en la mayoría de los suelos, sin embargo, en algunos casos se presentan problemas de acidez, situación que debe ser corregida para evitar problemas de deficiencias nutricionales.

La fertilidad de los suelos en esta zona va de media a alta. En general son suelos con contenido medio de cationes, excepto en el caso del potasio que se presenta en alta concentración, ocasionando desbalances principalmente con el magnesio y el calcio.

Los contenidos de fósforo y potasio son altos en estos suelos, debido a la composición mineralógica y a su origen volcánico, así como al uso excesivo de fertilizantes químicos altos en estos elementos utilizados por los agricultores.

En general los suelos analizados presentan problemas de erosión, debido a sus características físicas, pendiente y manejo.

Químicamente el agua utilizada para riego es adecuada, sin embargo, presenta contaminación biológica por bacterias de vida libre y fecales, que podrían tener efectos negativos sobre los cultivos hortícolas.

El sistema actual de riego en la zona presenta problemas de eficiencia y provoca erosión al utilizar caudales no adecuados, lo cual indica la necesidad de emplear otros métodos de riego más eficientes de acuerdo con las condiciones propias de las fincas.

Por otra parte considerando que en el futuro se desarrollará un Proyecto de Riego en la región, se hace necesaria la capacitación del agricultor en el manejo y la conservación adecuada de suelos y agua.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes de Ciencias Agrarias y a los profesores Ramón Corella y José Carballo del Laboratorio de Aguas del Departamento de Química, por la colaboración en el trabajo de campo y laboratorio, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., E. Gutiérrez, M. Baldores y L. Brenes. 1993. Indicadores de sostenibilidad para los sectores agrícolas y de recursos naturales de Costa Rica. IX Congreso Agronómico Nacional. Vol. I: 1-17.
- Bertsch, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Programa de Comunicación Agrícola. Escuela de Fitotecnia. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. San José, C.R. 76 pp.
- Bronzoni, G. y F. Villalobos. 1989. Cambios en el uso de la tierra y su relación con los fenómenos no erosivos: análisis de un caso en Tierra Blanca, Cartago. Investigación agrícola. 3(2): 19-29.
- Cubero, D. ed. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. 2 ed. MAG; FAO; UNED. San José, Costa Rica. EUNED. 300 pp.
- FAO, 1984. Conservación del suelo para el desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. 40 pp.
- Forsythe, W. 1985. Física de Suelos: Manual de Laboratorio. San José, Costa Rica. IICA. 212 pp.
- Rodríguez, N. y M. Cartín. 1993. Determinación de la erosión hídrica y las pérdidas de K, Ca, Mg en bosque secundario y suelo desnudo de la Región Huetar Norte de Costa Rica. IX Congreso Agronómico Nacional. Vol. II (1).
- Vahrson, W. 1980. Potencial erosivo de la lluvia en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 14(1): 15-24.
- Vahrson, W. 1989. Aspectos agroclimáticos de la morfología externa en la zona de Puriscal. UNICIENCIA. 6(1-2): 47-56.