

Análisis y Comentarios

TALLER DE EROSION DE SUELOS: RESULTADOS, COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES¹

*Wilhelm-Günthér Vahrson **

ABSTRACT

Soil erosion workshop: results, comments and recommendations. The results of the discussions of the soil erosion workshop, which was held in July 1991 in the Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica are documented. Many of the discussions focussed on the applicability of soil erosion models under tropical conditions. We concluded that the Universal Soil Loss Equation has to be replaced by physical and process oriented models, because it is out of its range of calibration and because it produces high overestimations of the soil loss. As possible physical models, OPUS and EPIC were mentioned, but emphasis was made on the more applied models of the WEPP family. The plant cover of the soil seems to be the most indicated measure of soil conservation because it is cheap and avoids the on site damages. The possible disadvantages of it have to be investigated. The idea of a tolerable soil erosion rate has to be abandoned, first, because it assumes a soil formation under agriculture whose existence has not been proved, and second, because it still permits the off site damages. The role of paved roads and agricultural unpaved roads has to be taken more into account, because there, the highest rates of surface run off can be observed.

INTRODUCCION

La erosión y la conservación de suelos son temas de primera importancia para los países en desarrollo que basan sus economías, normalmente, en el sector agrícola. Los daños y pérdidas por erosión son múltiples, y pueden diferenciarse en daños en el sitio (on site) y daños fuera del sitio (off site). Como daños más comunes pueden mencionarse:

- En el sitio:
 - pérdidas de nutrimentos y mayor necesidad de fertilizantes
 - pérdida de suelo, reducción y pérdida del horizonte A con su alto contenido de materia orgánica

- reducción del rendimiento de los cultivos a corto y a largo plazo
- pérdida del potencial agrícola y productivo de terrenos aislados y hasta de zonas enteras, muchas veces con el resultado de una emigración de la población.
- Fuera del sitio:
 - daños en la infraestructura, por ejemplo en represas hidroeléctricas, carreteras, sistemas de drenaje, etc.
 - daños ecológicos por ejemplo en ríos, lagos y litorales, por el aumento de la concentración de los sólidos en suspensión y de nutrimentos y plaguicidas
 - mayores problemas de inundaciones en las llanuras.

Al mismo tiempo, la erosión provoca una degradación general del ambiente.

Para conocer y analizar el estado del arte en cuanto erosión y conservación de suelos y para discutir los esfuerzos en este campo en Costa

1/ Recibido para publicación el 13 de agosto de 1991.

* Proyecto de Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógena, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Rica, se celebró los días 22, 23 y 24 de julio de 1991, en las instalaciones de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, el primer Taller de Erosión de Suelos, organizado por el proyecto Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógena de la Escuela de Ciencias Geográficas. Dicho evento fue patrocinado por la FAO, el PRODAF (Proyecto de Desarrollo Agrícola Forestal Puriscal-Acosta) y el IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia) y contó con la participación activa de más de 75 representantes de 21 organizaciones estatales, autónomas y privadas involucradas en este tema. Las siguientes páginas no pretenden resumir todos los trabajos del taller, sino que están enfocadas hacia los resultados de las discusiones, conclusiones y recomendaciones prácticas. La memoria del taller con todas las ponencias está a la venta en la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional.

RESULTADOS DEL TALLER

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

Como el logro tal vez más importante de este taller, debe mencionarse una discusión crítica y profunda de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) y su aplicación en un ambiente tropical. Varias ponencias del taller aplicaban y analizaban esta metodología o métodos derivados (Alfaro y Palacios, 1991; Bolaños y Fallas, 1991; Dercksen, 1991) o se basaban en resultados obtenidos con la EUPS (Echeverría, 1991).

Como virtudes de esta ecuación se puede mencionar que:

- para su cálculo, se necesitan pocos datos que son normalmente disponibles
 - produce información reproducible.
- Mientras que, como desventajas, se mencionaron los puntos siguientes:
- sólo calcula promedios anuales a largo plazo de la pérdida de suelo
 - no determina la pérdida de suelo provocada por eventos aislados, ni la escorrentía superficial o pérdida de nutrientes
 - es un modelo de la dimensión 0, o sea, un solo punto representa toda la pendiente, por lo tanto, no puede tomar en consideración cambios del cultivo, de la forma de la pendiente, del suelo, etc. que pueden observarse normalmente en una toposecuencia

- pretende analizar solamente la erosión del suelo, dejando afuera una área supuestamente sin erosión (belt of no erosion) y no tomando en consideración la sedimentación en zonas más planas
- es un modelo estadístico (regresión múltiple) calibrado para las condiciones de los Estados Unidos, con una dominancia clara del medio oeste de dicho país, o sea, está calibrado para condiciones diferentes a las de países tropicales.
- no analiza los procesos físicos sino trabaja como "caja negra" (black box)
- los diferentes factores de la ecuación están calibrados en conjunto y están interactuando. Así, no permiten la recalibración de uno de los factores en manera aislada
- los factores de la ecuación encontrados en el trópico están muchas veces fuera del rango de la calibración de la ecuación
- no sirve para el análisis de los efectos de obras de conservación
- sobrestima, por órdenes de magnitud, la erosión (en las condiciones de Costa Rica) (Cuadro 1)

Como resumen, puede decirse que la EUPS a veces puede servir para determinar en forma cualitativa y aproximada áreas críticas, pero que una cuantificación de las pérdidas por erosión no es posible en el ambiente del trópico por estar totalmente fuera del ámbito de la calibración. Incluso en el área de calibración, en los Estados Unidos, la EUPS ya no satisface las necesidades, por lo tanto el mismo Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos está desarrollando dentro del proyecto WEPP (Water Erosion Predicting Project) modelos físicos para el análisis de la erosión y aplicaciones prácticas.

Parámetros morfométricos

Intentos de una zonificación preliminar del problema de erosión en áreas grandes, basada en la combinación de parámetros morfométricos, geológicos y geomorfológicos, se presentaron en dos estudios (Hernández, 1991; Mora, 1991), cuyos resultados enfocan, en primer lugar, la erosión geológica.

Esta metodología tiene la gran ventaja de que la información necesaria puede extraerse de los mapas topográficos y fotos aéreas existentes, y permite cubrir grandes áreas. Al mismo tiempo, por razones de escala, no toma en consideración

Cuadro 1. Valores de pérdida de suelo calculados con la EUPS para Costa Rica (erosión laminar).

Autor	Uso del suelo	Zona	% área	Valor (t/ha/año)
Hartshorn <i>et al.</i> , 1982	pasto	Río Pejibaye Costa Rica		400-800
Mora, 1987	diferentes			hasta 1575
Dercksen, 1991	diferentes		75%	0-10
			22 %	10-50
			2 %	51-200
			1 %	200 -
Alfaro	diferentes	Puriscal	4 %	0-10
y Palacios,			2 %	10-20
1991			9 %	20-50
			16 %	50-100
			22 %	100-200
			28 %	200-400
			17 %	400-800
			2 %	800-
Vahrson y	café	Puriscal		49,1-55,4
Cervantes, 1991	pasto	Puriscal		12,3-

los cambios edáficos y climáticos a muy poca distancia (Mata, 1991; Vahrson, 1991) y no permite ninguna cuantificación de los procesos actuales.

Modelos físicos

Existen varios modelos físicos para el análisis de la erosión, la escorrentía superficial y la pérdida de nutrientes. Estos modelos están en realidad simulando ya procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos complejos en una (perfil), dos (toposecuencia) o tres (área de captación entera) dimensiones.

Como uno de los primeros, debe mencionarse el CREAMS (a field scale model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems) (Knisel, 1980) en el cual, tres módulos (hidrología, erosión/sedimentación, nutrientes/pesticidas) actúan en forma independiente para el cálculo de los diferentes parámetros.

Este modelo es relativamente exigente en cuanto a la información requerida y puede aplicarse para fines de investigación, sin embargo, no es aconsejable para trabajos prácticos y ya está superado.

El modelo EPIC, (Erosion Productivity Impact Calculator), posee las mismas necesidades en cuanto a la información.

El modelo tal vez más avanzado actualmente, es el OPUS (Smith, 1988), que posee una estructura interactiva y calcula:

- escorrentía superficial
- infiltración

- flujo de agua en la zona de las raíces
- drenaje
- fusión de nieve
- evapotranspiración
- dinámica de nutrientes en suelo (N, P, C)
- transporte de pesticidas en el suelo
- erosión, transporte y sedimentación de suelo, nutrientes y pesticidas
- formación de costras
- descomposición de residuos
- crecimiento del cultivo.

En cuanto a la información requerida es más un modelo para fines de investigación y menos para aplicaciones prácticas.

Para fines más prácticos y una aplicación más amplia, el USDA está actualmente desarrollando en el proyecto de predicción de erosión hídrica (Water Erosion Prediction Project, WEPP) una generación de modelos físicos, que incluso en los Estados Unidos pretenden reemplazar la EUPS (Foster y Lane, 1987). De estos modelos está en este momento disponible la versión 91.5 (octubre 1991, 2 dimensiones) para toposecuencias (hillslope profile version).

Este modelo pretende diferenciar entre los efectos en el sitio y fuera del sitio.

Algunas ventajas del WEPP son:

- es un modelo físico
- analiza toposecuencias, tomando en consideración cambios de la pendiente, suelo, cultivo, manejo, etc.
- analiza efectos en el sitio y fuera del sitio
- analiza efectos de obras de conservación

- analiza escorrentía superficial, erosión y sedimentación
- tratándose de un modelo físico, los componentes del modelo pueden adaptarse a ambientes diferentes a los de Estados Unidos necesita poca información.
- Y algunas desventajas del WEPP son:
- no analiza el transporte de nutrimentos y pesticidas
- trabaja con un generador del clima adaptado a las condiciones de los Estados Unidos, dejando afuera eventos muy extremos
- todavía no existen los parámetros de los cultivos y su manejo para la agricultura del trópico

De estas desventajas, las que se refieren al clima y a los cultivos y su manejo, requieren todavía de una investigación exhaustiva para su adaptación. El primer paso para eso debe ser la medición de la escorrentía y de la erosión bajo diferentes cultivos en el campo.

Parcelas de medición de escorrentía superficial y de erosión

Varias contribuciones trataron el análisis de la escorrentía superficial, la erosión y la pérdida de nutrimentos por medio de parcelas (Cervantes y Vahrson, 1991; Forsythe, 1991; Sancho, 1991; Vahrson y Cervantes, 1991). Aunque los valores obtenidos por las parcelas sólo representan la erosión en las mismas parcelas, o sea, que no son transferibles a otras zonas por cambios de las condiciones (suelo, manejo, uso, pendiente, etc.), estas parcelas son una de las pocas posibilidades para analizar directamente en el campo los procesos y las pérdidas, y sirven para la adaptación y validación de los modelos físicos.

Los resultados de las mediciones de las parcelas mostraron pérdidas, por varios órdenes de magnitud, inferiores a los resultados obtenidos con la EUPS (Cuadros 1 y 2).

Para el diseño y la instalación de estas parcelas deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Se debe evitar una interferencia de las parcelas y sus límites con las mediciones mismas. Por lo tanto, se utiliza muchas veces como parcela áreas de captación naturales y se instala bordes sólo en la parte inferior de la parcela para la captación de las aguas. La instalación de bordes siempre significa cambios en las situaciones naturales, por ejemplo la concentración del flujo por el borde, escorrentía artificial por las lluvias que chocan con el borde, perturbación del suelo mismo por los bordes y, finalmente, una medición de la tasa de la erosión provocada por los bordes y no la erosión natural.
- En el caso de una instalación de parcelas con bordes, debe utilizarse como borde un material como lámina de zinc, que puede ser introducido en el suelo sin mayores perturbaciones.
- El tamaño de las parcelas debe reflejar las condiciones naturales existentes en la zona de estudio; como relación entre largo y ancho de las parcelas se recomienda un valor menor de 4/1.
- El equipo de recolección debe estar diseñado para captar los eventos raros y extremos con períodos de retorno superiores a 500 años, para evitar que se pierdan las mediciones más importantes.
- Se deben monitorear cuidadosamente las condiciones climáticas; por lo menos debe existir un pluviógrafo cercano.
- Es aconsejable enfocar las mediciones directamente hacia la adaptación y validación de un modelo físico y levantar al mismo tiempo toda la información necesaria para este modelo.

Cuadro 2. Valores de pérdida de suelos obtenidos por medio de mediciones en parcelas (erosión laminar).

Autor	Lugar	Uso y manejo del suelo		Pérdida (t/ha/año)
Forsythe, 1991	Turrialba	maíz/frijol limpio		1,72
		maíz/frijol mulch		0,22 - 0,27
Sancho, 1991	Naranjo	maíz	cero labranza	0,4
		maíz	labranza	1,8 - 4,1
Vahrson	Puriscal	café	barreras vivas	0,18 - 1,5
y Cervantes, 1991		pasto	pasto	0,37



Obras de conservación

Los análisis históricos de la erosión (Bork, 1991b) muestran claramente la importancia de eventos extremos y muy extremos; sin embargo, las obras físicas de conservación están muchas veces diseñadas para períodos de retorno de sólo 10 años (Vahrson, 1991). Esto permite deducir que, teóricamente, la capacidad de estas obras puede ser sobrepasada por lo menos 10 veces en 100 años, y que las obras en estas situaciones de lluvias muy severas, más bien sirven para concentrar las aguas y causar pérdidas eventualmente mayores por el flujo concentrado.

Otra dificultad de las obras físicas es la necesidad de una inversión muy alta, que aparentemente sólo puede financiarse con fondos externos adicionales o con un sistema de créditos blandos (Fernández, 1991).

Una solución a este problema podría ser una cobertura vegetal completa del suelo en el mismo lugar, que además de mejorar las condiciones edáficas resulta más barata. Existen en Costa Rica algunos sistemas tradicionales que trabajan con coberturas completas, como el sistema de la siembra tapada (frijol tapado) que mantienen una cobertura adecuada del suelo. Además, las fuentes históricas indican claramente que durante eventos muy extremos los sitios con una cobertura completa muestran los menores problemas de erosión.

Algunas ventajas de las coberturas son:

- constituyen una medida poco costosa
- mejoran las características físicas del suelo y evitan la formación de costras
- pueden aumentar el contenido de materia orgánica y de nutrimentos (leguminosa-nitrógeno)
- evitan o por lo menos reducen la erosión directamente en el sitio.

Algunas desventajas de las coberturas son:

- pueden competir con los cultivos por nutrimentos, agua y luz
- pueden disturbar el manejo del cultivo y la cosecha
- pueden ser hospederos de enfermedades o plagas.

A pesar de ello, estas desventajas no necesariamente se presentan siempre. Se pueden escoger coberturas que no compitan con los cultivos, e investigar si realmente causan una mayor incidencia de enfermedades.

Los problemas de la cosecha muchas veces no se dan en un grado importante; por ejemplo, en

el caso del café, uno de los clásicos cultivos en limpio, la práctica de recoger el café del suelo se vuelve, con los mayores precios de la mano de obra y los bajos precios del café, cada vez menos rentable. Entonces, una cobertura baja no disturba la cosecha.

El problema mayor es aparentemente que por razones estéticas, culturales, etc., los agricultores (y extensionistas?) prefieren un cultivo "limpio".

Erosión tolerable

Como erosión tolerable se entiende una tasa de erosión que está en un equilibrio con la supuesta tasa de formación del suelo.

En cuanto a los procesos en el sitio, el estudio de alrededor de 800 perfiles de suelo (Bork, 1991c) indica que para condiciones templadas no existe una formación de suelos en terrenos bajo agricultura. Estos resultados, aunque tal vez no sean directamente transferibles a las diferentes condiciones del trópico, muestran claramente que el concepto de una erosión tolerable es cuestionable. Eso quiere decir que, mientras no se pueda comprobar claramente una formación de suelos en terrenos con agricultura en el trópico, la única tasa de erosión tolerable debería ser la tasa de erosión natural.

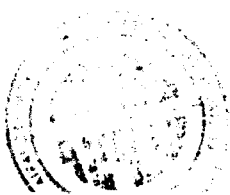
Otra deficiencia de este concepto es que no aprecia los daños fuera del sitio ocasionados por la erosión, porque está únicamente basado en una supuesta y quizá no existente tasa de formación de suelos en el sitio. Eso lleva de nuevo a la conclusión: Erosión tolerable = 0 t/ha.

Caminos y carreteras

Un aspecto importante en cuanto a la escorrentía superficial y la erosión es el papel que juegan las carreteras pavimentadas, no pavimentadas y los caminos agrícolas. Aquí, por la pavimentación y por la compactación del suelo se produce rápidamente una tasa de escorrentía superficial importante, que normalmente supera la tasa observada en los cultivos. Se debe buscar formas adecuadas de manejar este problema, no sólo en las carreteras principales, sino también en los caminos dentro de las fincas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- No se debe seguir con la aplicación de la EUPS en condiciones tropicales.



- Para reemplazar la EUPS, deben investigarse los modelos físicos como OPUS y EPIC, pero en primer lugar los modelos del WEPP para poder adaptarlos en forma rápida a las condiciones diferentes en el trópico. Esto debe ser un foco de las investigaciones futuras en el campo de la erosión y conservación de suelos.
- Las mediciones en parcelas de escorrentía y erosión son vitales para conocer tasas reales de erosión y pérdida de suelos, y para la adaptación de modelos. Estas mediciones deben enfocarse de una vez hacia la adaptación y validación de los modelos mencionados.
- Las parcelas deben instalarse sin perturbaciones del ambiente natural. Preferiblemente parcelas sin bordes, que correspondan a pequeñas áreas de captación. El equipo de medición debe tener una capacidad suficientemente alta para los eventos más extremos.
- La mejor protección del suelo es una cobertura completa del mismo. Se debe investigar las posibilidades, ventajas y desventajas de estas coberturas, en primer lugar, en los cultivos en limpio.
- La única tasa de erosión tolerable es de 0 t/ha.
- Se debe profundizar más el análisis de los problemas causados por las carreteras y por los caminos agrícolas.

RESUMEN

Se presentan los resultados de las discusiones sostenidas durante el Taller de Erosión de Suelos, celebrado en el mes de julio de 1991 en la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Una gran parte de la discusión se centró en la aplicabilidad de modelos para el análisis de la erosión en condiciones tropicales. En este campo, se debe cambiar de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, que está fuera de su rango de calibración y que produce valores no confiables, a modelos físicos como OPUS, EPIC o con más aplicabilidad, los modelos del WEPP.

Las coberturas parecen ser la mejor y más barata protección del suelo contra la erosión y daños en el sitio; sus supuestas desventajas deben analizarse con más detalle.

El concepto de una tasa de erosión tolerable es cuestionable, porque supone una formación de suelos bajo agricultura, que debe comprobarse primero. Además, no toma en consideración los daños fuera del sitio causados por la erosión.

Deben analizarse y protegerse los caminos y carreteras en una manera más amplia, porque, muchas veces, son las fuentes principales de la escorrentía superficial.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. H.R. Bork de la Universidad Técnica de Berlín, Alemania, por su participación como expositor principal, a todos los expositores y participantes del taller y al personal de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional, especialmente a los señores Lic. M. Alfaro, R. Méndez, Lic. G. Palacios, y Lic. L. Soto por la cooperación en la organización de este taller.

LITERATURA CITADA

- ALFARO, M.; PALACIOS, G. 1991. Aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo a nivel de una microcuenca, el caso de la quebrada Pital, Puriscal. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 144-163.
- BOLAÑOS, A.; FALLAS, J. 1991. Evaluación del riesgo de erosión potencial de la cuenca del río Blanco, Guanacaste, utilizando IDRISI y el sistema IUM. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 85-101.
- BORK, H.R. 1991a. Soil erosion during the past millenium in Central Europe and its significance within the geomorphodynamics of the holocene. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 1-6.
- BORK, H.R. 1991b. Does soil formation compensate soil erosion? *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 7-10.
- BORK, H.R. 1991c. The estimation of soil erosion and deposition processes using simulation models. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 11-15.

- Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 11-27.
- CERVANTES, C.; VAHRSON, W-G. 1991. Características de los suelos y pérdidas de nutrientes en Cerbatana de Puriscal, Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 131-143.
- DERCKSEN, P. 1991. A soil erosion mapping exercise in Costa Rica: Purposes, methodology and results. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 164-170.
- ECHEVERRIA, J. 1991. Implicaciones económicas de la erosión en Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 230-236.
- FERNANDEZ, F. 1991. Experiencia desarrollada en conservación y mejoramiento de suelos en la región de Puriscal. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 180-186.
- FORSYTHE, W.M. 1991. Algunas prácticas culturales y la erosión en Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 171-179.
- FOSTER, G.R.; LANE, L.J. 1987. User requirements. Water Erosion Prediction Project (WEPP). W. Lafayette, Indiana, USDA-Agricultural Research Service. 43 p. (Draft 6.3, NSLR Report no. 1)
- HARTSHORN, G.S. *et al.* 1982. Costa Rica: perfil ambiental; estudio de campo. San José, Centro Científico Tropical. 151 p.
- HERNANDEZ, G. 1991. Métodos morfométricos en la identificación de áreas críticas en procesos erosivos. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 48-67.
- KNISEL, W.G. (ed). 1980. CREAMS-A field scale model for chemicals, run off and erosion from agricultural management systems. Washington D.C., Conservation research report no. 26. 640 p.
- MATA, R. 1991. Los órdenes de suelos en Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 28-32.
- MORA, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, vertiente Atlántica, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 104 p.
- MORA, S. 1991. Análisis de la susceptibilidad geológica-geomorfológica a la erosión de la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 68-84.
- SANCHO, F. 1991. Medición de pérdidas de suelo a través del empleo de parcelas de escurrimiento. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 102-115.
- SMITH, R.E. 1988. OPUS-an advanced simulation model for non point source pollution transport at field scale. Ft. Collins, USDA-Agricultural Research Service. (mimeografiado)
- VAHRSON, W-G. 1991. Aspectos climáticos de la erosión hídrica en Costa Rica, América Central. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 33-47.
- VAHRSON, W-G.; CERVANTES, C. 1991. Escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. *In* Taller de Erosión de Suelos (1., 1991, Heredia, Costa Rica). Memoria. Ed. por W-G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. p. 116-130.