

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACION

**DETERMINACION DE LA HIDROEROSION LAMINAR,
UTILIZANDO
VARILLAS METALICAS ASOCIADAS A PARCELAS DE
ESCORRENTIA. LA SUIZA, CUENCA DEL
RIO TUIS. COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del
Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza,
para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Por

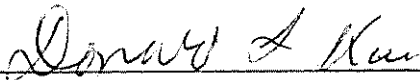
RONALD A. LEON TORRES

Turrialba, Costa Rica
1990

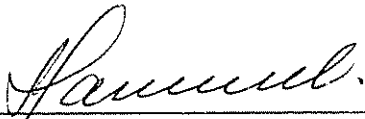
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE


COMITE ASESOR:



DONALD KASS, Ph.D.
Profesor Consejero



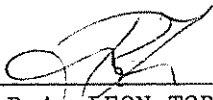
JORGE FAUSTINO M, M.Sc.
Miembro del Comité



ROBERTO DIAZ ROMEU, M.Sc.
Miembro del Comité

Miembro del Comité

RAMON LASTRA, Ph.D.
COORDINADOR PROGRAMA DE MAESTRIAS



RONALD A. LEON TORRES
Candidato

Heredarás tu santa tierra como su fiel sirviente, conservando de generación en generación sus recursos y productividad.

Salvaguardarás los campos de la erosión de los suelos; tus aguas vivientes de que se sequen; tus florestas de la desolación, y protegerás tus colinas del sobrepastoreo de tus rebaños, de modo que tus descendientes puedan disfrutar de eterna abundancia.

Si fallaras en este servicio a la tierra, tus campos fructíferos se convertirán en pedregosos y estériles, y en barrancos inaprovechables; y tus descendientes disminuirán y vivirán en la pobreza, y desaparecerán de la faz de la tierra.

Dr. Walter C. Lowdemilk

Con el más profundo respecto cívico hacia nuestros
campesinos y a Costa Rica

DEDICATORIA

A Cristo; el amigo que nunca falla

A Felicia, mi esposa
por su ejemplo y apoyo constante

A mis hijas, Cristina Mayela
y Silvia Eugenia por todo su
amor

A Luz Marina Torres, mi madre (Q.E.F.D.)
que me enseñó a luchar por la vida

A mi familia, amigos y compañeros

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento en forma especial: A Donald Kass, Ph.D.; Jorge Faustino, Mg.Sc.; Roberto Díaz-Romeu, Mg.Sc., Consejero principal y Miembros del Comité respectivamente, por su valiosa colaboración para el desarrollo y conclusión de este trabajo.

Al personal del Proyecto Regional de Cuencas, por la amistad y apoyo brindados durante su estadía en el CATIE. A Carlos Rodríguez, Etelberto Naranjo y Mario Solís; obreros de la finca donde se desarrolló el ensayo por su valiosa cooperación en la instalación del experimento, así como en la recolección ocasional de datos.

A los compañeros y amigos Gerardo "Taco" Cedeño, Carlos Fernández y Mario Jiménez en el Laboratorio de Suelos, por las ayudas y facilidades brindadas.

A Francisco Jiménez, Mg.Sc.; por sus atinadas sugerencias en el borrador final de esta tesis.

Deseo dejar constancia de mi reconocimiento también a la agencia AID/ROCAF, por la ayuda económica concedida para realizar los estudios y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por las facilidades brindadas durante su estadía en el Programa de Fosgrado, porque le permitieron ampliar su formación profesional.

BIBLIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Limón, Provincia de Limón, Costa Rica, el 10 de Noviembre de 1954; realizó sus estudios primarios en la Escuela Jenaro Bonilla y los secundarios en el Instituto de Educación Dr. Clodomiro Picado T.; ambos en la Ciudad de Turrialba, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias e Inglés en 1972.

En 1973 ingresó a la Sede Universitaria de la Región Atlántica (S.U.R.A.), de donde egresó en 1983.

Durante el período 73-74 ingresó al CATIE, como asistente en el Programa de Energía Nuclear (NEP).

Durante 1976-1978 retornó al CATIE como asistente del Laboratorio de Entomología, a la vez daba lecciones en el Laboratorio de Entomología del SURA.

Laboró para la Dirección General Forestal durante 1978-1983 como responsable de los Cantones de Fococi y Guácimo, Zona Atlántica.

Entre 1983 y 1984 laboró como encargado de la Planta de Tratamiento Químico y plantaciones forestales en el Programa Forestal de Diversificación Agrícola en Turrialba.

A finales de 1984 hasta 1989 laboró para el Programa Regional de Manejo de Cuencas, cooperando en todas las actividades en la cuenca hidrográfica del Río Tuis, Turrialba. En este período; 87-89 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE dentro del Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales con énfasis en Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

CONTENIDO

RESUMEN	xi
SUMMARY	xiii
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvii
I. INTRODUCCION	1
1.1 Definición del problema.	1
1.1.1 Antecedentes.	2
1.1.2 Características del problema.	6
1.2 Objetivos.	7
1.3 Alcances del trabajo.	8
II. REVISION DE LITERATURA	9
2.1 El impacto de la erosión del suelo en la degradación de las cuencas hidrográficas.	9
2.2 Problemas del uso de la tierra.	14
2.2.1 La problemática del uso de la tierra y la erosión en Costa Rica.	16
2.3 Consecuencias de la erosión.	18
2.4 La erosión en los trópicos húmedos.	20
2.5 Factores que intervienen en la erosión y la escorrentía.	21
2.5.1 El factor lluvia.	23
2.5.2 El factor suelo.	27
2.5.3 El factor topografía.	29
2.5.4 La cobertura vegetal.	32
2.5.5 La actividad humana.	36
2.6 Cuantificación de la erosión de los suelos.	37
2.6.1 Métodos directos.	40
2.6.2 Métodos indirectos.	49
2.7 Tolerancia a la pérdida de suelo	51

III. MATERIALES Y METODOS	54
3.1 MATERIALES	54
3.1.1 La cuenca como unidad de planificación y desarrollo	54
3.1.2 Ubicación del area de estudio	55
3.1.3 Parcelas de escorrentia	61
3.1.3.1 Mapa de localización y características del sitio donde se ubicó el ensayo.	61
3.1.3.2 Preparación del sitio.	64
3.1.3.3 Dimensiones y límites.	65
3.1.3.4 Sistema colector de aguas y sedimentos.	69
3.1.3.5 Materiales y equipo utilizados para la construcción.	69
3.1.3.6 Costos totales de instalación por parcela.	72
3.1.4 Caracterización de perfiles y muestreo de suelos	73
3.1.4.1 Características físicas.	73
3.1.4.2 Características químicas.	74
3.1.5 Medición de la precipitación.	75
3.1.6 Instalación de los clavos o "varillas de erosión".	75
3.2 METODOLOGIA.	79
3.2.1 Flujograma de actividades.	79
3.2.2 Selección del método para medir la erosión.	79
3.2.3 Descripción de las parcelas instaladas.	85
3.2.4 Operación y funcionamiento de los sistemas instalados para evaluar las pérdidas de suelo.	90

3.2.4.1	Funcionamiento del sistema co-lector de la erosión y la escorrentia	90
3.2.4.2	Funcionamiento de las "varillas de erosión".	91
3.2.5	Determinación de la escorrentia.	94
3.2.6	Determinación de los sedimentos	94
3.2.7	Interpretación de datos.	95
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	96
4.1	Análisis de suelo a 0 cm de profundidad	96
4.2	Análisis de suelo a 20 cm de profundidad	100
4.3	Caracterización de los suelos basado en los perfiles	103
4.3.1	Características morfológicas	103
4.3.1.1	Color	104
4.3.1.2	Estructura	105
4.3.1.3	Consistencia	105
4.3.2	Características físicas	106
4.3.2.1	Textura	106
4.3.2.2	Densidad aparente	108
4.3.2.3	Densidad de partículas	108
4.3.2.4	Porosidad total	108
4.3.2.5	Conductividad hidráulica (K)	109
4.3.2.6	Retención de humedad a 0.33 y 15 bares	109
4.3.3	Características químicas	110
4.3.3.1	Reacción del suelo	110
4.3.3.2	Materia orgánica	110
4.3.3.3	Bases cambiables	111
4.4	Clasificación de suelos	113
4.5	Precipitación	114

4.6	Relación entre los factores biofísicos y climáticos, con la erosión y la escorrentía	118
4.6.1	Relación entre la lluvia y la escorrentía	118
4.6.2	Relación entre la lluvia y la erosión.	118
4.6.3	Relación entre las características del evento y la erosión.	121
4.6.4	Relación entre la erosión y la escorrentía.	124
4.6.5	Relación entre erosión/escorrentía, la cobertura vegetal y la materia orgánica.	126
4.6.6	Relación entre la erosión/escorrentía y la pendiente y su longitud.	129
4.6.7	Relación entre las pérdidas de suelo y el uso de las "varillas de erosión".	131
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
VI.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	140
VII.	APENDICE	152

LEON TORRES, RONALD A. 1989. Determinación de la hidroerosión laminar, utilizando varillas asociadas a parcelas de escorrentía. La Suiza, cuenca del Río Tuis. Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 174 p.

RESUMEN

En Costa Rica, el principal problema que se presenta con el uso de la tierra, es el cambio de terrenos forestales a tierras agrícolas o ganaderas, con la consecuente pérdida de la capa fértil del suelo debido a la hidroerosión laminar causada por la escorrentía superficial.

En este trabajo, se presenta una comparación de dos métodos directos para evaluar la hidroerosión laminar, mediante el uso de parcelas de escorrentía recomendadas por Wischmeier y el método de las "varillas de erosión" usado en varias partes de mundo por diferentes investigadores como Dunne (1977), Llerena (1987) y otros. El ensayo se llevó a cabo en finca "La Selva" (Convenio CATIE/NMSU), ubicada en la cuenca del Río Tuis; uno de los tributarios del Río Reventazón.

Debido a problemas en su geología tales como deslizamientos, fallas y otros, así como problemas con precipitaciones de hasta 5000 mm por año, la cuenca es propensa en alto grado a la erosión hídrica laminar provocada por fuertes precipitaciones asociadas a pendientes que van desde un 12% hasta 100% o más en las partes altas, donde nacen la mayoría de quebradas y ríos afluentes del Río Tuis.

Para hacer esta comparación, se contó con 8 parcelas de escorrentía instaladas en 1986 por el P.R.M.C., de 24 m² y con 3 parcelas construidas al inicio del ensayo (1989), de 40 m², en las que se instalaron las "varillas o postes de erosión"; un total de 94 varillas en 11 parcelas, de la

cuales 4 están ubicadas en café asociado con prácticas conservacionistas, 3 con frijol, 2 con cero cobertura (desnudas), una en charral y una en café sembrado a favor de la pendiente con cero cobertura herbácea al suelo.

Los sedimentos arrastrados por escorrentia superficial se colectan en recipientes calibrados para medir la escorrentia, luego secados y pesados en kg/m^2 , a la vez que la lámina erosionada se midió por medio de las varillas en milímetros, los que al usar la densidad aparente de los suelos nos dará la lámina de suelo perdido en tn/ha .

Con base en los resultados observados no se puede afirmar que el método de las varillas es funcional o no, pero se puede decir con cierta certeza que para nuestras condiciones tropicales y con algunas recomendaciones en el campo; el método es tan efectivo como las parcelas de escorrentia, a un costo bastante bajo y cuyos datos se podrán extrapolar con mayor facilidad dada su magnitud de aplicación en el campo, contrario a las limitantes en cuanto a espacio y costo de las parcelas de escorrentia.

Palabras claves: hidroerosión laminar, escorrentia superficial, parcelas de escorrentia, "varillas de erosión", sedimentos.

LEON TORRES, RONALD A. 1989. Laminar Hydro-erosion Measurement using gauges along with runoff parcels. La Suiza, Watershed of Rio Tuis. Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 174 p.

SUMMARY

In Costa Rica, the main problem with the use of land, is the change of forest ground into agricultural or cattle-raising regions with the lose of fertile land due to the laminar pluvial flow caused by the superficial runoff.

In this document, a comparison of two direct methodologies to evaluate the laminar hydro-erosion through the use of runoff parcels recommended by Wischmeier and the method of "erosion gauges" used in various parts of the world by different investigators such as Dunne (1977), Llerena (1987) and others. The essay was carried out on the farm "La Selva" (CATIE/NMSU Agreement), located on the Watershed of the Rio Tuis; one of the tributaries of Rio Reventazon.

Due to the problems in its geology such as landslides, faults and others as rainfall problems of 5,000 mm. per year, the watershed is highly prone to the laminar hydric-erosion caused by heavy precipitation along with slopes, from 12% to 100%, or more in high parts where most of streams and river flows of Rio Tuis rise.

To make this comparison, there were eight parcels of runoff installed in 1986 by the F.R.M.C, of 24 m² and with three parcels built at the essay beginning (1989), of 40 m², in which the "erosion wands or rods" were installed in 11 parcels; four of these parcels are located with coffee with some conservation practices; three with beans, two with no covers (stripped), one in a scrub, and the other in coffee that has been planted according to the slope with no herbaceous cover on the ground.

The sediments carried away by the superficial runoff will be collected in a depth gauge bell glass to measure the runoff, then they will be dried and weighed in kg/m², as the same time as the eroded plate is measured through the sticks in millimeters which will use the apparent density of the ground to show the plate of land leak in tn/ha.

According to the results, we cannot confirm that the method of gauges is functional or not, but we can know for certain that because of our tropical conditions and with some recommendations on the field; the method is as effective as the runoff parcels; it has a low price and its data can be extrapolated easily for its magnitud application on the field, opposite to the space and cost restrictions of the runoff parcels.

CLUE WORDS: Laminar Hydro-erosion, superficial runoff, runoff parcels, "erosion gauges", sediments.

LISTA DE CUADROS

En el Texto

CUADRO 1.	Crecimiento de la población humana y la deforestación en Costa Rica.	17
CUADRO 2.	Intensidad de las lluvias y pérdidas de suelo, Chinchiná, Colombia.	23
CUADRO 3.	Pérdidas de suelo y agua con distintas frecuencias de aguaceros, en el Centro Nacional de Investigaciones de Chinchiná, Colombia.	27
CUADRO 4.	Pérdidas de suelo en parcelas con diferente grado y longitud de pendiente en una cuenca en España.	31
CUADRO 5.	Efecto de la eliminación de las piedras sobre las pérdidas de suelo y agua.	32
CUADRO 6.	Análisis químico de suelo a 0 cm de profundidad realizado a 11 parcelas de escorrentía. Abarcando un periodo de 7 meses de ensayo de campo	97
CUADRO 7.	Análisis químico de suelo a 20 cm de profundidad realizado a 11 parcelas de escorrentía. Abarcando un periodo de 7 meses de ensayo de campo	101
CUADRO 8.	Características físicas correspondientes a los tres perfiles de suelo ubicados en el área de estudio	107
CUADRO 9.	Características químicas correspondientes a los tres perfiles de suelos ubicados en el área estudio.	112
CUADRO 10.	Precipitación mensual en finca "La Selva", para un periodo de siete meses (En 11. -Ag. 18/89). La Suiza, Costa Rica.	116
CUADRO 11	Distribución de eventos agrupados de acuerdo a la lluvia precipitada en finca "La Selva". La Suiza, Costa Rica.	116
CUADRO 12	Precipitación total para siete meses de ensayo número de eventos mensuales, eventos que causaron escorrentía y erosión. Finca "La Selva", La Suiza. Costa Rica.	117

CUADRO 13	Valores de las variables que presentan una relación directa con la pérdida de suelo. Finca "La Selva", La Suiza, Turrialba.	122
CUADRO 14	Prueba de T para los parámetros	123
CUADRO 15	Resumen de número de eventos que causaron escorrentía superficial. Cálculo de la lámina de suelo erosionado (mm), comparando los datos obtenidos de las "varillas de erosión" la densidad aparente versus el peso de los sedimentos recolectados (Ton/ha); y la densidad aparente; para 11 parcelas de escorrentía. Finca "La Selva", La Suiza - Turrialba.	134
En el Apéndice		
CUADRO 1A	Guías para la interpretación de análisis de suelo.	153
CUADRO 2A	Descripción de perfiles. (Ver apéndices 3 y 4).	154
CUADRO 3A.	Total de eventos que causaron escorrentía superficial y erosión hídrica laminar en 11 parcelas. Finca "La Selva", La Suiza, Turrialba.	157
CUADRO 4A	Resumen de precipitaciones mensuales horarias diarias. Intensidades máximas y mínimas para 15 y 30 minutos y número total de eventos.	164
CUADRO 5A	Conductividades hidráulicas (K)*, para 11 parcelas de escorrentía, a diferentes niveles (arriba, al medio y abajo), en finca "La Selva", La Suiza, Turrialba.	165
CUADRO 6A	Cálculo del suelo perdido por erosión en ton/ha, al considerar el espesor de la lámina y la densidad aparente del suelo.	167
CUADRO 7A.	Comparación de cuatro parámetros o variables para establecer una relación múltiple.	169

LISTA DE FIGURAS

En el Texto

FIGURA 1.	Factores que afectan la erosión causada por el agua.	22
FIGURA 2.	El efecto de las gotas de lluvia sobre un suelo descubierto.	24
FIGURA 3.	Diagrama esquemático del mecanismo de salpicadura a diferente fuerza (A) alta, (B) baja.	26
FIGURA 4.	Diferentes tipos de cobertura sobre la pérdida de suelo en kg/ha.	33
FIGURA 5.	Medición entre la erosión laminar reciente y remanentes de vegetación en la superficie inicial del suelo.	42
FIGURA 6.	Medida de la erosión alrededor de las raíces de un árbol.	43
FIGURA 7.	Medida de la erosión y ubicación de los pines (a) instalación, (b) como se mide la pérdida de suelo mediante los pines.	46
FIGURA 8.	Corcholatas utilizadas para cuantificar las pérdidas de suelo.	47
FIGURA 9.	Localización del área de estudios, cuenca del Río Tuis.	56
FIGURA 10.	Mapa de ubicación de la finca "La Selva" en la cuenca del Río Tuis, Turrialba. Hojas cartográficas de Tucurrique 3445 I y Fejibaye 3445 II. (I.G.N.)	62
FIGURA 11.	Lámina de zing galvanizado usada como barrera para evitar la entrada de agua de escorrentía de afuera de la parcela.	67
FIGURA 12.	Instalación de la lámina de plástico dentro del suelo.	68
FIGURA 13a.	Parcelas de escorrentía ubicadas en la finca experimental "La Selva", cuenca del Río Tuis. Ubicación de las "varillas de erosión" cada 3.3 mts.	77

FIGURA 13b.	Diseño de las "parcelas de escorrentía" a construir en finca "La Selva", cuenca del río Tuis. Ubicación de las "varillas de erosión" cada 4.5 mts.	78
FIGURA 14.	Pin (clavo) distancia de pintura que se dejó fuera del suelo y rondana (a). Instalación en el terreno según pendiente (b).	92
FIGURA 15.	Método empleado para medir en milímetros (mm) la pérdida de suelo (lámina), usando nivel de precisión, estadía y escalímetro. La estadía se ubica sobre la arandela ya que esta forma parte del suelo.	93
 En el Apéndice		
FIGURA 1A.	Mapa detallado de suelos de la finca "La Selva"	170
FIGURA 2A.	Vista de planta del sistema colector de una parcela de escorrentía. (1) Vista de perfil del mismo sistema, con otros detalles (2).	171
FIGURA 3A.	Sistema colector de embudo y estañón contenedor en una vista de planta (1) y vista de perfil del sistema. Capacidad del estañón contenedor, 100 lts (2).	172
FIGURA 4A.	Relevantamiento topográfico de la finca "La Selva"	173
FIGURA 5A.	Distribución de las precipitaciones en finca "La Selva", La Suiza, Turrialba.	174