

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

EROSION DE SUELOS DE PENDIENTES CULTIVADAS CON
MAIZ Y FRIJOL CON DIFERENTES GRADOS DE COBERTURA
VIVA DENTRO DE UNA PLANTACION FORESTAL

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR — CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiarum

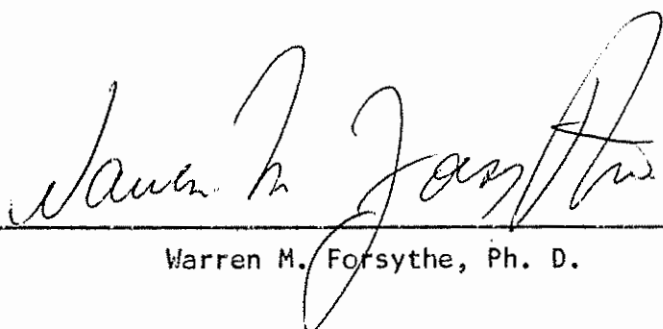
JOSE ALFREDO NOIA ROCHA

Turrialba, Costa Rica
1977

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Postgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de


Magister Scientiae

JURADO:



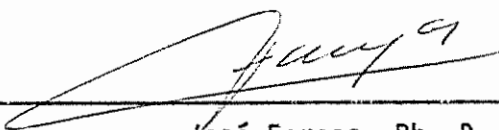
Warren M. Forsythe, Ph. D.

Consejero



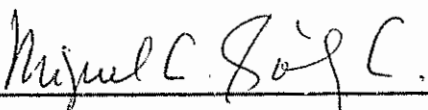
Elemer Bornemisza, Ph. D.

Comité



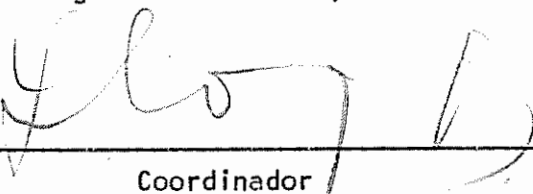
José Fargas, Ph. D.

Comité



Miguel A. González, M. S.

Comité



Coordinador

Sistema de Estudios de Postgrado de la
Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A la memoria de:

Severino Jardelino da Costa
mi suegro

Agilson Queiroz
mi amigo

Victoria, mi esposa
con amor y cariño, por
su participación, estímulo
y comprensión

João de Aquino

y

Dinamerica
mis padres

Agnelina
mi suegra

Severino Jardelino
mi hijo

A mis hermanos,
sobrinos, cuñados
y amigos

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento:

Al Dr. Warren M. Forsythe, Consejero Principal, por su colaboración invaluable, por sus enseñanzas y por su permanente interés en la formación del graduado.

A los miembros del Comité Consejero, Doctores Elemer Bornemisza, José Fargas e Ing. Miguel González por sus enseñanzas, valiosas sugerencias y revisión del manuscrito de la presente investigación.

A la Agencia Norteamericana para el Desarrollo Internacional USAID/BRASILIA, por el apoyo para la realización de los estudios de postgrado, en especial al Dr. Paulo Alberto Sá Ribeiro Campos, USAID/RECIFE.

Al Dr. José E. Araujo, Director General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA).

Al Dr. Santiago Fonseca Martínez, Director del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Al Dr. Jorge Soria V., Jefe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE.

Al Dr. Pedro Oñoro por su interés y orientación en el análisis de resultados.

Al Dr. Eduardo Locatelli y al Ing. Humberto Jiménez Saa por su valiosa cooperación y amistad.

Al Dr. James L. Walker y al Ing. Roberto Díaz-Romeu por su ayuda en los Trabajos químicos.

A los compañeros de estudio Ings. Rafael Alberty y Jean André Víctor por su cooperación.

A la Secretaría de Agricultura do Estado Da Paraiba, Universidade Federal de Paraiba, Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por las facilidades brindadas para efectuar los estudios de postgrado.

A la Sra. Ligia G. de Jiménez por su gentileza y eficiencia en el trabajo de mecanografía.

A los Sres. Alfredo Picado y Eduardo Tencio por su ayuda en los trabajos de campo y laboratorio.

Al personal del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales; del Departamento de Ciencias Forestales; al Ing. Víctor Quiroga, Sr. Manuel Zamora y demás personal de la Unidad de Estadística y Computación del IICA, al personal de la Biblioteca del IICA-CIDIA, y a todas las personas que contribuyeron a la feliz realización de sus estudios y permanencia en este Centro.

BIOGRAFIA

El autor nació en Santana do Ipanema, Estado de Alagoas, Brasil.

Realizó sus estudios universitarios en la Escola de Agronomía do Nordeste de la Universidade Federal de Paraíba en la ciudad de Areia, graduándose de Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1968.

En 1969 trabajó como Director Técnico de Fertilnorte S/A - Indústria & Comercio, en Maceió, Estado de Alagoas.

En 1973 ingresó en el Centro de Estudios de Solos da Paraíba, Secretaría de Agricultura da Paraíba.

En 1977 reingresó a la Escola de Agronomía da Universidade Federal da Paraíba.

En marzo de 1975 ingresó al Programa Conjunto de Estudios de Postgrado de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR/CATIE) para realizar estudios de postgrado en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, donde cursó estudios en la especialidad de Manejo de Suelo y Agua y recibió el grado de *Magister Scientiae* en agosto de 1977.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Sistemas agrícolas tradicionales.....	3
2.2 Factor de cobertura del suelo.....	5
2.2.1 Sistemas de manejo de la cobertura de suelo no labrado.....	5
2.2.2 Sistemas de manejo en la cobertura del suelo labrado.....	8
2.2.3 Influencia del manejo de cobertura del suelo y el efecto de la lluvia.....	8
2.3 Manejo de la cobertura y su efecto en los nutrimentos del suelo.....	10
2.3.1 Pérdidas de materia orgánica.....	11
2.3.2 Pérdidas de nitrógeno.....	12
2.3.3 Pérdidas de fósforo.....	13
2.3.4 Pérdidas de potasio.....	14
2.3.5 Pérdidas de calcio.....	15
2.3.6 Pérdidas de magnesio, sodio y azufre.....	15
2.4 Influencia de la lluvia en la erosión.....	17
2.5 Ecuación universal de pérdidas de suelo.....	18
2.5.1 Factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo.....	21
2.5.1.1 Pérdidas de suelo por unidad área ton/ha (A)..	21
2.5.1.2 Factor lluvia (R).....	21
2.5.1.3 Factor erodabilidad (K).....	23
2.5.1.4 Factor longitud de la pendiente (L).....	25
2.5.1.5 Factor pendiente (S).....	26
2.5.1.6 Factor cultivo (C).....	27
2.5.1.7 Factor prácticas de conservación (P).....	28
3. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1 Descripción general de la zona.....	30
3.1.1 Localización del área experimental.....	30
3.1.2 Clima.....	30
3.1.3 Suelo.....	31
3.1.4 Topografía del suelo.....	31
3.2 Condiciones del trabajo.....	32
3.2.1 Cronología de las labores.....	32
3.2.2 Tratamientos en prueba.....	32

3.3	Prácticas agronómicas.....	32
3.3.1	Preparación del suelo y formas de las parcelas de erosión.....	32
3.3.2	Determinación de las pendientes.....	34
3.3.3	Siembra.....	38
3.3.4	Variedades de maíz y frijol.....	38
3.3.5	Espaciamiento de siembra.....	38
3.3.6	Medidas fitosanitarias.....	38
3.3.7	Cantidad y aplicación de fertilizantes.....	39
3.3.8	Prácticas culturales.....	40
3.3.9	Evaluación del rendimiento.....	40
3.4	Diseño experimental.....	41
3.5	Caracterización física de perfiles del área experimental.....	41
3.5.1	Unidad de muestreo.....	41
3.5.2	Características físicas estudiadas.....	42
3.5.2.1	Color del suelo.....	42
3.5.2.2	Humedad gravimétrica.....	42
3.5.2.3	Humedad volumétrica.....	42
3.5.2.4	Densidad de las partículas del suelo.....	43
3.5.2.5	Densidad aparente.....	43
3.5.2.6	Porosidad y espacio aéreo.....	43
3.5.2.7	Análisis de la distribución del tamaño de las partículas.....	43
3.5.2.8	Consistencia del suelo.....	44
3.5.2.9	La penetrabilidad del suelo.....	44
3.5.2.10	Resistencia al corte.....	44
3.5.2.11	Curva de desabsorción de muestras no alteradas.....	44
3.5.2.12	La conductividad hidráulica del suelo en muestras no alteradas.....	45
3.6	Balance hídrico atmosférico.....	45
3.7	Determinación de las pérdidas de suelo por medio de estaciones colectores.....	45
3.7.1	Muestreo del suelo erosionado.....	46
3.7.2	Fechas de los muestreos del suelo erosionado..	46
3.7.3	Separación del agua en el suelo erosionado....	46
3.7.4	Cálculo del peso seco del suelo erosionado....	48
3.8	Análisis químico del suelo erosionado.....	48
3.8.1	Reacción del suelo (pH).....	48
3.8.2	Materia orgánica.....	49
3.8.3	Nitrógeno total.....	49
3.8.4	Fósforo disponible.....	49
3.8.5	Cationes cambiables (Ca, Mg, Na, K).....	49

	Página	
3.9	Análisis de lluvia.....	49
3.9.1	Análisis de la energía, intensidad y el índice de erosión.....	49
3.9.2	Determinación del escurrimiento de agua.....	50
3.9.3	Infiltración de agua.....	50
3.10	Análisis químico del agua de escorrentía.....	51
3.11	Estudio de la aplicación de la ecuación universal de pérdidas de suelo.....	51
3.11.1	Determinación del factor lluvia (R).....	51
3.11.2	Definición de las lluvias.....	51
3.11.3	Cálculo de la energía de caída de las lluvias.....	51
3.11.4	Suma de los valores de energía, correspondientes a intervalos de cinco minutos.....	52
3.11.5	Obtención del factor lluvia (EI_{30}).....	52
3.11.6	Obtención de valores del factor R diario.....	52
3.12	Determinación del factor erodabilidad del suelo (K).....	52
3.13	Determinación de los factores Longitud-Pendiente (LS).....	54
3.14	Determinación del factor cultivo (C).....	56
3.14.1	Tipos de cobertura del suelo.....	56
3.14.2	Números de muestras.....	56
3.14.3	Instrumentos de medición.....	58
3.14.4	Metodología de la medición.....	58
3.15.5	Determinación de la cobertura del suelo por los árboles.....	58
4.	RESULTADOS.....	59
4.1	Condiciones climáticas.....	59
4.2	Aspectos generales de los cultivos.....	59
4.3	Rendimientos de los cultivos.....	62
4.3.1	Frijol.....	62
4.3.2	Maíz.....	62
4.3.3	Maíz - segunda cosecha.....	63
4.4	Análisis físicos para descripción general del área experimental.....	63
4.4.1	Relación entre las variables físicas estudiadas.....	68
4.5	VARIABLES ESTUDIADAS EN EL CAMPO.....	68
4.5.1	Balace hídrico atmosférico.....	74
4.5.2	Pérdidas de suelo.....	74
4.5.2.1	Relación entre las variables estudiadas.....	74
4.5.2.2	Primer período.....	78
4.5.2.3	Segundo período.....	78

	Página	
4.6	Pérdidas de nutrimentos en el suelo erosionado.....	80
4.6.1	Pérdidas en el primer, segundo y total de los períodos.....	80
4.6.1.1	Pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio y magnesio.....	81
4.6.1.2	Pérdidas de potasio, sodio, fósforo y azufre.....	81
4.7	Pérdidas de agua de escorrentía.....	81a
4.8	Pérdidas de nutrimentos en el agua de escurrimiento.....	87
4.9	Agua de infiltración.....	88
4.10	Estudio de los factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo.....	91
4.10.1	Pérdidas de suelo (A).....	91
4.10.2	Factor lluvia (R).....	93
4.10.3	Factor erodabilidad (K).....	96
4.10.4	Factor longitud-pendiente (LS).....	98
4.10.5	Factor cultivo (C).....	99
5.	DISCUSION.....	101
5.1	Condiciones climáticas y agronómicas.....	101
5.2	Rendimientos y tratamientos.....	101
5.3	Características físicas del suelo.....	102
5.4	Pérdidas de suelo.....	103
5.4.1	Pérdidas de nutrimentos en el suelo erosionado.....	104
5.5	Pérdidas de agua por escorrentía.....	105
5.5.1	Pérdidas de nutrimentos en el agua de escorrentía.....	105
5.6	Infiltración de agua.....	106
5.7	Factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo.....	106
5.7.1	Pérdidas de suelo (A).....	106
5.7.2	Factor lluvia (R).....	107
5.7.3	Factor erodabilidad (K).....	107
5.7.4	Factor longitud-pendiente (LS).....	107
5.7.5	Factor cultivo (C).....	108
6.	CONCLUSIONES.....	109
7a.	RESUMEN.....	111
7b.	RESUMO.....	113
7c.	SUMMARY.....	115
8.	LITERATURA CITADA.....	117
9.	APENDICE.....	128

LISTA DE CUADROS

TEXTO		Página
Cuadro No.		
1	Intensidad máxima de lluvia en mm/hora para diferentes duraciones e intervalos de retorno.....	31
2	Datos mensuales de lluvia durante el período experimental, datos promedio de precipitación de 33 años y lluvia confiable a 75% de probabilidad para Turrialba.....	60
3	Probabilidad de ocurrencia de lluvia observada en el período experimental y datos de balance hídrico atmosférico.....	61
4	Promedio para características físicas del suelo en los bloques 1, 2,3, 4 y 5 del área experimental.....	67
5	Desviación estandar de las características físicas de los bloques 1, 2, 3, 4, y 5 en el área experimental.....	67
6	Datos climáticos y duración en días de los períodos de muestreo durante los dos ciclos experimentales.....	75
7	Pérdidas de suelo (kg/ha) para cada período y total de los dos períodos.....	80
8	Pérdidas totales de materia orgánica, nitrógeno, calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y azufre (kg/ha).....	81
9	Pérdidas de agua de escorrentía (mm) en el primer, segundo y total del período.....	87
10	Pérdidas de nutrimentos en el agua de escorrentía (kg/ha) en todo el período.	88
11	Agua de infiltración (mm) en el primer y segundo período y total de período experimental.....	91
12	Valores mensuales, porciento del total y porciento acumulado para el índice de erosión.....	94

TEXTO

Cuadro No.

13	Valores para el cálculo del factor K, obtenidos del análisis de cinco perfiles distribuidos en las cinco repeticiones del experimento.....	98
14	Valores promedio del factor cultivo (C), obtenidos de las repeticiones en los dos períodos experimentales.....	100
APENDICE.....		128
A1	Orden cronológico de las principales labores de cultivo y actividades realizadas durante el experimento.....	129
A2	Cuadrados medios del análisis de variancia del rendimiento de frijol, primera siembra y maíz (kg/ha), segunda siembra.....	131
A3	Prueba de Duncan para comparaciones de medias de rendimiento de frijol y maíz (kg/ha) en la primera siembra y maíz segunda siembra.....	131
A4	Características físicas del área experimental.....	132
A5	Matriz de correlación para las propiedades físicas del suelo estudiadas en el experimento. (Promedio de 5 perfiles y 4 profundidades).....	134
A6	Matriz de correlación para algunas de las características estudiadas con las condiciones climáticas durante el experimento. Tratamiento 1.....	136
A7	Matriz de correlación para algunas de las características estudiadas, con las condiciones climáticas durante el experimento. Tratamiento 2.....	136
A8	Matriz de correlación para algunas de las características estudiadas con las condiciones climáticas durante el experimento. Tratamiento 3.....	137

Cuadro No.

A9	Cuadrados medios del análisis de variancia del suelo erosionado (kg/ha) en el primer, segundo y total de los dos muestreos del primer período.....	138
A10	Prueba de Duncan para comparaciones de medias de las pérdidas de suelo (kg/ha) en el primer, segundo y total de los dos muestreos del primer período.....	138
A11	Cuadrados medios del análisis de variancia del suelo erosionado (kg/ha), correspondientes a los dos primeros muestreos del segundo período.....	139
A12	Cuadrados medios del análisis de variancia del suelo erosionado (kg/ha) en el tercero y cuarto muestreo del segundo período.....	139
A13	Prueba de Duncan para comparación de medias de las pérdidas de suelo (kg/ha) en muestreos del segundo período.....	140
A14	Cuadrado medio correspondiente al total de los muestreos de suelo del segundo período.....	140
A15	Datos de pH en el suelo erosionado, en agua y solución de KCl en el primero y segundo período con promedio y desviación estandar.....	141
A16	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio, y magnesio en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado del primer período.....	143
A17	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio, y magnesio en kilogramo por hectárea en el suelo erosionado en el segundo período.....	143
A18	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio y magnesio en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado para el total de los dos períodos.....	144

Cuadro No.

A19	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio y magnesio en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado del primer período.....	144
A20	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio y magnesio en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado en el segundo período.....	145
A21	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de materia orgánica, nitrógeno, calcio y magnesio en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado para el total de los dos períodos.....	145
A22	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de potasio, sodio, fósforo y azufre en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado en el primer período.....	146
A23	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de potasio, sodio, fósforo y azufre en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado del segundo período.....	146
A24	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de potasio, sodio, fósforo, y azufre en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado para el total de los dos períodos.....	147
A25	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de potasio, sodio, fósforo y azufre en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado del primer período.....	147
A26	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de potasio, sodio, fósforo, y azufre en kilogramo por hectárea en el suelo erosionado del segundo período.....	148

Cuadro No.

A27	Prueba de Duncan para comparación de medias de pérdidas de potasio, sodio, fósforo y azufre en kilogramos por hectárea en el suelo erosionado para el total de los dos períodos.....	148
A28	Cuadrados medios del análisis de variancia del agua de escorrentía (mm) correspondiente a los dos muestreos y el total de muestreo del primer período.....	149
A29	Prueba de Duncan para comparaciones de medias del agua de escorrentía (mm) en el primer, segundo y total de los muestreos del primer período.....	149
A30	Cuadrados medios del análisis de variancia del agua de escorrentía (mm) del primero y segundo muestreo del segundo período.....	150
A31	Cuadrado medio del análisis de variancia del agua de escorrentía (mm) del tercero y cuarto muestreo del segundo período.....	150
A32	Cuadrado medio del análisis de variancia del agua de escorrentía (mm) del total del segundo período.....	151
A33	Prueba de Duncan para comparaciones de medias del agua de escorrentía (mm) en el primero, segundo, tercero y cuarto muestreos del segundo período.....	152
A34	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía.....	152
A35	Prueba de Duncan para comparación de medias de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía en el primer período.	153
A36	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía en el segundo período..	153

Cuadro No.

A37	Prueba de Duncan para comparaciones de medias de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía en el segundo período.....	154
A38	Cuadrados medios del análisis de variancia de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía en el total de los dos períodos.....	154
A39	Prueba de Duncan para comparaciones de medias de las pérdidas de nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo en kilogramos por hectárea en el agua de escorrentía en el total de los dos períodos.....	155
A40	Cuadrados medios del análisis de variancia para el agua de infiltración (mm) en el primero, segundo y total de los dos muestreos del primer período.....	156
A41	Prueba de Duncan para comparación de medias del agua de infiltración (mm) en el primero, segundo y total de los dos muestreos del primer período.....	156
A42	Cuadrados medios del análisis de variancia para el agua de infiltración (mm) en el primero y segundo muestreos del segundo período...	157
A43	Cuadrados medios del análisis de variancia para el agua de infiltración (mm) en el tercero y cuarto muestreos del segundo período....	157
A44	Prueba de Duncan para comparación de medias del agua de infiltración (mm) en el primero, segundo, tercero y cuarto muestreo del segundo y el total del período.....	158
A45	Cuadrado medio del análisis de variancia del agua de infiltración (mm), total de segundo período.....	158

Cuadro No.

A46	Resultados de los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, sus promedios y desviación estandar, obtenidos de los muestreos de los dos períodos experimentales...	159
A47	Datos utilizados en el cálculo del factor cultivo (C) en base a cobertura dada al suelo por los cultivos en las repeticiones y tratamientos respectivos, primer y segundo muestreos del primer período.....	164
A48	Datos utilizados en el cálculo del factor cultivo (C), en base a cobertura dada al suelo por los cultivos en las repeticiones y tratamientos respectivos. Primero y segundo muestreos, segundo período.....	166
A49	Porcentaje de pendiente, promedio y desviación estandar del área experimental.....	168
A50	Análisis de correlación entre pendiente y pérdidas de suelo.....	169
A51	Matriz de correlación para algunas de las características estudiadas con las condiciones climáticas entre los tratamientos.....	170
A52	Datos para el cálculo del análisis de correlación de pérdidas de suelo vs. agua de escorrentía y agua de infiltración; trabajo hecho con base en los datos de Suárez de Castro y Rodríguez Grandas.....	172
A53	Datos de pérdidas de suelo por muestreo durante los dos períodos experimentales.....	174
A54	Evaluación de las intensidades de lluvia.....	176
A55	Datos de pérdidas de nutrimentos en el agua de escorrentía. Primer período.....	177
A56	Datos de pérdidas de nutrimentos en el agua de escorrentía. Segundo período.....	178
A57	Datos de pérdidas de nutrimentos en el suelo erosionado. Primer período.....	179
A58	Datos de pérdidas de nutrimentos en el suelo erosionado. Segundo período.....	181

LISTA DE FIGURAS

TEXTO

Figura No.		Página
1	Factores que afectan la erosión del suelo por la lluvia.....	
2	Parcela experimental.....	33
3	Tabla de separación de la parcela de erosión.	35
4	Lámina de metal usada como embudo.....	35
5	Instalación del embudo de hierro galvanizado.	36
6	Detalles de la instalación para recoger el suelo erosionado y la escorrentía.....	37
7	Muestreador de agua de los recipientes colectores de agua y suelo erosionado.....	47
8	Nomograma para la determinación de la erodabilidad de los suelos expresados por el valor del factor K.....	53
9	Relación de pérdidas de suelo debido a la longitud e inclinación de la pendiente.....	55
10	Gráficos usados para la determinación del factor cultivo.....	57
11	Rendimiento (kg/ha) de los cultivos.....	64
12	Comportamiento del espacio aéreo y de la humedad volumétrica en relación a la succión. Repetición 1. Tratamiento limpio.....	69
13	Comportamiento del espacio aéreo y de la humedad volumétrica en relación a la succión. Repetición 2. Tratamiento chapeado más raspado.....	70
14	Comportamiento del espacio aéreo y de la humedad volumétrica en relación a la succión. Repetición 3. Tratamiento chapeado más raspado.....	71

Figura No.		Página
15	Comportamiento del Espacio aéreo y de la humedad volumétrica, en relación a la succión. Repetición 4. Tratamiento chapeado más raspado.....	72
16	Comportamiento del espacio aéreo y de la humedad volumétrica en relación a la succión. Repetición 5. Tratamiento limpio.....	73
17	Relación entre el balance hídrico y pérdidas de suelo, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en los dos períodos experimentales...	76
18	Relación entre la precipitación y las pérdidas de suelo, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en los dos períodos experimentales...	77
19	Pérdidas de suelo por erosión, agua de escorrentía y agua de infiltración, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo durante los períodos primero, segundo y total.....	79
20	Pérdidas de materia orgánica en el suelo erosionado, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, durante el primer, segundo y total de los períodos experimentales.....	82
21	Pérdidas de nitrógeno y calcio en el suelo erosionado, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en el primer, segundo y total de los períodos experimentales.....	83
22	Pérdidas de magnesio, potasio y sodio, en el suelo erosionado, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en el primero, segundo y total de los períodos experimentales.....	84
23	Pérdidas de fósforo y azufre en el suelo erosionado, bajo tres tipos de cobertura de suelo en el primero, segundo y total de los períodos experimentales.....	85
24	Relación entre agua de escorrentía y pérdidas de suelo bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en los dos períodos experimentales.....	86

Figura No.		Página
25	Pérdidas de nitrógeno, calcio, potasio (kg/ha) en el agua de escorrentía, bajo tres tipos de cobertura, en el primer, segundo y total del período experimental.....	89
26	Pérdidas de magnesio y fósforo, en el agua de escorrentía, bajo tres tipos de cobertura, en el primer, segundo y total de los períodos experimentales.....	90
27	Relación entre agua de infiltración y pérdidas de suelo bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en los dos períodos experimentales.....	92
28	Índices de erosión (R) y muestreos (1m...2m) en relación con las fechas y los períodos de muestreos.....	95
29	Relación entre el índice de erosión y pérdida de suelo, bajo tres tipos de cobertura dada al suelo, en los períodos experimentales.....	97

APENDICE

Figura No.		
A1	Materiales y métodos empleados en las parcelas de erosión.....	128a
A1a	Malla para medir porcentaje de cobertura de follaje.....	128a
A1b y d	Construcción de los bordes y embudo colector en las parcelas de erosión.....	128a
A1c	Siembra de maíz y frijol con espeque.....	128a
A1e	Vista general de las parcelas de erosión destacándose los tres tratamientos, los embudos y la pendiente.....	128a