

S625-
V4M6

EVALUACION DE ALGUNAS PRACTICAS CULTURALES CONSERVACIONISTAS
EN TIERRAS AGRICOLAS DE LA REGION ANDINA VENEZOLANA

Por:

Oscar L. Montesdeoca U.

www.bdigital.ula.ve

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA - VENEZUELA

Marzo de 1989

SERBIULA - TULIO FEBRES CORDERO



S625 V4M6

Requiere por Signación
Fecha: 27 ABR. 1989

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

EVALUACION DE ALGUNAS PRACTICAS CULTURALES CONSERVACIONISTAS
EN TIERRAS AGRICOLAS DE LA REGION ANDINA VENEZOLANA

Por:

Oscar L. Montesdeoca U.

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención
del grado de Magister Scientiae, Opción Manejo de
Cuencas Hidrográficas

Aprobado:

Roberto López F.
Profesor Guía

Wilfredo Fruto

Edgar Hernández
Coordinador

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA - VENEZUELA

Marzo de 1989

I N D I C E

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	xv
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SIMBOLOS.....	xii
RESUMEN.....	xvi

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

1.1. Importancia.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Alcance.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivos Generales.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA.....	7
2.1. La Erosión Hidrica y la Degradación de los Suelos.....	7
2.2. Evaluación de la Degradación de los Suelos por Erosión Hidrica.....	10

2.3. Estudios y Evaluación de la Erosión Hídrica en Venezuela.....	11
2.4. Medición Directa de las Pérdidas de Suelo por Erosión Hídrica en el Campo.....	14
2.5. Métodos para la Predicción y/o Estimación de las Pérdidas de Suelo: La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.....	16
2.5.1. Las Prácticas Culturales Conservacionistas y su Relación con el Factor P de la EUPS.....	21
2.6. La Pérdida de Profundidad Efectiva y de Elementos que Caracterizan la Fertilidad del Suelo por Efecto de la Erosión.....	23
2.6.1. La Capa Superficial del Suelo y su Productividad.....	27
2.6.2. Pérdida de Materia Orgánica y Fitonutrientes en Sedimentos Producto de la Erosión.....	29

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización y Caracterización del Area Bajo Estudio.....	32
3.1.2. Clima.....	32
3.1.3. Suelo.....	34
3.1.4. Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso.....	35
3.1.5. Explotación Tradicional de las Tierras.....	35
3.2. Característica de los Cultivos incluidos en la Evaluación, Manejo y Prácticas de Común Aplicación en la Zona.....	36

	Pág.
3.3. Tratamientos, Materiales, Equipos y Métodos de Evaluación Utilizados en la Investigación.....	39
3.3.1 Instalación del Experimento.....	39
3.3.2. Materiales y Equipos.....	44
3.3.2.1. Materiales.....	45
3.3.2.2. Equipos.....	47
3.3.3. Descripción de los Tratamientos.....	49
3.3.4. Métodos de Evaluación.....	53
3.4. Estimación de las Pérdidas de Suelo y Caracterización de las Prácticas Conservacionistas a Través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.....	57
3.4.1. Factor Precipitación y Escorrentía "R".....	58
3.4.2. Factor de Erosionabilidad del Suelo "K".....	59
3.4.3. Factor Pendiente: Longitud e Inclinación "LS".....	62
3.4.4. Factores de Cobertura y Manejo de Cultivo "C" y de Prácticas de Medidas de Lucha Contra la Erosión "P".....	63
3.5. Evaluación de las Pérdidas de Nutrientes Arrastrados en los Sedimentos Bajo las Condiciones Consideradas de Uso de la Tierra.....	65
3.6. Evaluaciones Complementarias.....	66
3.6.1. Propiedades Físicas.....	66
3.6.2. Análisis Químicos.....	67
3.7. Análisis Estadísticos.....	67

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....	68
4.1.1. Evaluación de la Precipitación, en Base a su Erosividad (EI).....	69
4.1.2. Efecto de los Tratamientos Sobre las Variables Estudiadas. Análisis Estadísticos.....	75
4.1.2.1. Escurrimiento.....	79
4.1.2.2. Pérdida de Suelo.....	81
4.1.2.3. Pérdida de Nutrientes Arrastrados en los Sedimentos.....	88
4.1.2.4. Rendimiento de Papa y Pasto.....	93
4.1.3. Estimación de la Pérdida de Suelo a Través de la EUPS. Determinación de los Factores.....	97
4.1.3.1. Factor R.....	97
4.1.3.2. Factor K.....	97
4.1.3.3. Factor LS.....	98
4.1.3.4. Factor CF.....	98
4.1.4. Pérdida de Suelo Estimada Mediante el Uso de la EUPS y su Comparación con los Valores Medidos en el Campo.....	99
4.2. Discusión de Resultados.....	100

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	104
5.2. Recomendaciones.....	107
APENDICES.....	110

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFIA.....	125
----------------------	-----

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

Tablas		Pág.
1	Aplicación de Productos Químicos después de la Siembra en el Cultivo de Papas.....	64
2	Erosividad de los Eventos de Precipitación Importantes ocurridos por Etapas durante el Período de Investigación.....	72
3	Volumen Total de Escorrimento en L/parcela por Etapa, para cada Tratamiento considerado en la Investigación.....	75
4	Pérdida de Suelo en Kg/parcela, por Tratamientos y Etapas en las Parcelas Investigadas.....	76
5	Pérdida de Elementos Nutritivos en kg/ha por Tratamientos y Etapas durante el Período de Investigación.....	76
6	Valores de F Calculada para los Análisis de Variancia, en relación a los Tratamientos practicados, de las Variables Escorrimento, Pérdida de Suelo y Nutrientes en Sedimentos por Etapas.....	79
7	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escorrimento.....	81
8	Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Suelo.....	83
9	Valores de los Coeficientes de Determinación, Correlación y Error Estandar de los Análisis de Regresión por Tratamiento, para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Escorrimento.....	87
10	Valores de los Coeficientes de Determinación, Correlación y Error Estandar de los Análisis de Regresión por Tratamiento, para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Índice de Erosividad de la Lluvia.....	88

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tablas	Pág.
11 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Nutrientes en Sedimentos.....	93
12 Producción de Papas y Pasto en kg/parcela por Tratamientos y Repeticiones.....	94
13 Rendimiento Total de Papa y Pasto (material verde) en t/ha por Tratamientos.....	95
14 Comparación de los Valores de Pérdida de, Suelo Estimados a través de EUPS y aquellos medidos en el Campo.....	100

LISTA DE TABLAS DEL APENDICE

A1 Análisis Químicos realizados para la determinación del Factor K y los Niveles de Fertilidad de los Suelos.	112
A1.1. Resultados de los Análisis Químicos de diferentes muestras de 1 kg de Suelo, con el fin de determinar la Pérdida de Nutrientes por Etapas para cada Tratamiento considerado.....	113
A2 Análisis Físico para determinar el Factor K de la EUPS.....	115
A3 Descripción del Perfil Típico.	117
A4 Descripción del Perfil Típico.	118
A5 Prueba de Estabilidad Estructural.....	121
A6 Densidad Aparente.....	125
B1 Distribución Mensual de Precipitación, Promedio de 22 años (1967-1988) y Período de Observación (1988). Estación Experimental Santa Rosa.....	127

LISTA DE TABLAS DEL APENDICE (continuación)

Tablas		Pág.
C1	Análisis de Variancia, Pruebas de Ran- go Múltiple de Duncan y Análisis de Regresión para las Variables Pérdida de Suelo, Escurrimiento y Pérdida de Nutrientes por Etapas para cada Trata- miento Considerado.....	129 139
C5.3		
D1	Distribución de las Parcelas de Escu- rrimiento en el Campo por Tratamiento y Repeticiones.....	141
D1.1	Datos Tomados del Campo que sirven de base para la Determinación de Pérdida de Suelo, Escurrimiento y Pérdida de Nutrientes, en cada parcela, por Eta- pas, por Eventos de Precipitación y por Tratamiento considerado.....	141 159
D1.37		
D2	Determinación del Factor K	160
D3	Determinación del Factor Topográfico LS.....	161
D4	Determinación de los Factores CP para para las Prácticas Cultivos en Contor- no y en Franjas.....	162
D5	Determinación de los Factores CP en base a la Distribución del Índice de Erosividad de la Lluvia.....	163
D6	Estimación de la Pérdida de Suelo me- diante la utilización de la EUPS.....	164

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ubicación Relativa del Area de Ensayo	33
2	Aspecto General de la Ubicación de las Parcelas objeto de Estudio.....	40
3	Ilustración de la Parcela de Escorrentía utilizada para Evaluar la Erosión.	42
4	Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escorrentía con los Tratamientos Cultivo en Contorno y Cultivo en Franjas.	49
5	Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escorrentía con los Tratamientos Testigo y Cultivo en Contorno.	50
6	Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escurrimiento con los Tratamientos Cultivo en Franjas y Testigo.	51
7	Nomograma para la determinación del Factor Erodabilidad del Suelo "K". (Troeh et al., 1980; en base a Wischmeier et al., 1971; citado por López, 1988).....	61
8	Valores del Factor LS en Función del Grado y Longitud de la Pendiente (Goujon et al., 1977).	64
9	Distribución Mensual de la Precipitación en mm año 1988, comparada con el promedio de 22 años (1967-1988) Estación Sta. Rosa...	70
10	Distribución Acumulada del Índice de Erosividad de la Precipitación Durante el Periodo de Investigación (Agosto-Noviembre 1988).....	74
11	Volumen de Escurrimiento en Litros, por Parcela, por Tratamientos y por Etapas.....	82

LISTA DE FIGURAS (continuaci3n)

Figuras		Pág.
12	Pérdida de Suelo en kg/Parcela, por Tratamientos y por Etapas	84
13	Pérdida Total de Suelo Medido en el Campo en t/ha durante el Ciclo de Estudio.....	85
14	Pérdida de Suelo en kg/parcela en Funci3n de la Erosividad de la Precipitaci3n (EI).....	87
15	Pérdida de Nitr3geno y Materia Orgánica en kg/ha por Tratamiento.....	91
16	Pérdida de F3sforo en kg/ha, por Tratamiento	92
17	Productividad de Papas y Pasto en t/ha.....	96
18	Curvas Características de Infiltraci3n.....	103

LISTA DE SIMBOLOS

Simbolo	Definición
A	Arcilla
A	Pérdida de Suelo Estimada Mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.
a	Arena
C	Factor de Cobertura y Manejo del Cultivo en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.
°C	Grados Centígrados.
Cc	Cultivo en Contorno.
Cf	Cultivo en Franjas.
C.V.	Coeficiente de Variación.
C.O.	Carbono Orgánico.
cm	Centímetros.
da	Densidad Aparente.
E	Energía Cinética.
EUPS	Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.
g	Gramos.
h	Hora.
ha	Hectárea.
I	Intensidad de lluvia.
I ₃₀	Intensidad máxima de lluvia en 30 minutos.
I	Infiltración.
Ii	Infiltración instantánea.

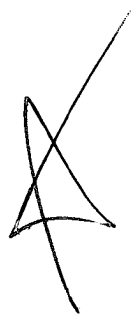
LISTA DE SIMBOLOS (continuaci3n)

Símbolos	Definici3n
I _b	Infiltraci3n b3sica.
I _m	Infiltraci3n media.
J	Joules.
J.mm	Joules por milímetro
K	Factor de Erodabilidad del Suelo en la Ecuaci3n Universal de P3rdida de Suelo.
kg	Kilogramos.
K _i	Intercepto de la Infiltraci3n Instant3nea.
K _m	Intercepto de la Infiltraci3n Media.
L	Litros.
LS	Factor Topografico: Longitud e Inclinaci3n de la Ecuaci3n Universal de P3rdida de Suelo.
M _G	Media Geom3trica.
M.O	Materia Org3nica.
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar.
N _t	Nitr3geno total.
P	Factor Pr3cticas de Manejo de Lucha contra la Erosi3n, en la Ecuaci3n Universal de P3rdida de Suelo.
P	F3sforo.
PH	Peso H3medo.
PS	Peso Seco.
P _w	Porcentaje de humedad en base a peso seco.

LISTA DE SIMBOLOS (continuación)

Símbolos	Definición
ppm	Partes por millón.
R	Factor Precipitación y Escorrentía, en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.
S	Seco.
T	Testigo.
V	Volumen

www.bdigital.ula.ve



AGRADECIMIENTO

Al Centro de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, al Centro Interamericano de Desarrollo

los Andes, por haberme brindado la oportunidad de ampliar mis conocimientos y mejorar mi capacidad profesional; al Instituto de Investigaciones Agropecuarias "INIA" de la ULA, por su contribución en el establecimiento de las Parcelas Experimentales; a la Organización de Los Estados Americanos "OEA", quién financió para que fuera posible la realización de los Estudios de Postgrado.

Al Dr. Roberto López F. Profesor Guía, bajo cuya dirección se realizó este trabajo, al Ing. M.Sc. Edgar Hernández Coordinador de la Opción Manejo de Cuencas Hidrográficas, a los Asesores Ing. M.Sc. Rafael Useche y Dr. Hervé Jegat, quienes durante la planificación y desarrollo de la investigación aportaron sus valiosos conocimientos. Al Ing. M.Sc. Edgar Romero por su aporte técnico y contribución en los trabajos de campo, al Ing. Jorge Pereira, por su colaboración en la realización de los análisis químicos de muestras de suelo, al Ing. M.Sc. Ciro Avila por sus importantes sugerencias en los Análisis Estadísticos; y a todos los que de una u otra forma contribuyeron en la ejecución del presente Trabajo.

RESUMEN

El objeto fundamental de este trabajo, fue evaluar el efecto de algunas prácticas culturales conservacionistas como medidas de control de la pérdida de suelo ocasionada por erosión hídrica, en terrenos de zonas montañosas bajo explotación agrícola. Paralelamente a la medición directa en el campo, se estimaron las pérdidas de suelo a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978). Dichos valores medidos y estimados fueron contrastados, obteniendo además una caracterización tentativa de la efectividad de las prácticas evaluadas a través de los Factores CP de la mencionada ecuación.

Los Experimentos se realizaron en un suelo clasificado como Humitropépt Típico, esquelético franco, mixto e isotérmico, en terrenos de la Estación Experimental Santa Rosa del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP) de la Universidad de los Andes (ULA), ubicado en el Distrito Libertador, Estado Mérida, a una altura de 1950 m.s.n.m., entre los $8^{\circ} 38' 21''$ de latitud norte y los $71^{\circ} 08' 48''$ de longitud oeste; precipitación promedio de 22 años 2.036 mm, temperatura media anual 17°C .

Se establecieron 9 parcelas de erosión de 20 m^2 , 10 m de largo y 2 m de ancho, en sentido de la pendiente principal

(9 %) del terreno y aislados mediante láminas de metálicas. Las prácticas evaluadas fueron cultivo en contorno y cultivo en franjas, en esta última se alternaron bandas de cultivo de papas con bandas de pasto (kikuyo). El trazado fue perpendicular a la pendiente con un ancho de franjas de 2,5 m. Las prácticas de labranza y de siembra para el desarrollo de los cultivos fueron las convencionales de la zona. Se consideraron parcelas testigo, en las cuales el laboreo se realizó en sentido de la pendiente y se mantuvo el suelo desnudo. De esta manera se estudiaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno. El Diseño Experimental utilizado fue el Completamente al Azar.

Se realizaron observaciones para cada evento de precipitación ocurrido en el período entre la siembra y 10 días después de la cosecha; midiéndose pérdidas de suelo y escurrimiento. Los sedimentos fueron analizados para determinar arrastre de nutrientes y materia orgánica.

Los análisis estadísticos de los resultados obtenidos reflejan diferencias significativas en pérdida de suelo, escurrimiento y pérdida de nutrientes por arrastre de sedimentos, entre el testigo y los tratamientos cultivo en franjas y cultivo en contorno. Al comparar los resultados de las 2 últimas prácticas se observa que su comportamiento es similar, es decir no difieren estadísticamente, debido a

la acción positiva de las mismas. En cuanto al rendimiento del cultivo de papa, el tratamiento cultivo en franjas fue el que mayor productividad reportó, por cuanto las fajas de pasto facilitaron el drenaje superficial de los excedentes de agua, permitiendo el normal desarrollo de los cultivos, lo cual no ocurrió en el otro tratamiento, debido a que se almacenó el agua en los surcos por los fuertes y constantes aguaceros, dañándose un 6.5 % del total de tubérculos cosechados.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

1.1. Importancia

Entre los principales problemas ambientales de Venezuela, destacan los relacionados con la degradación y pérdida del recurso suelo. En base a evaluaciones hechas por el Ministerio del Ambiente (MARNR, 1977), se estima que un gran porcentaje de los suelos de la Región Andina del país, se encuentran afectados por diferentes grados de erosión, lo cual ocasiona una disminución en la productividad de las tierras, un aumento en el deterioro ecológico y empobrecimiento de las condiciones económicas del medio rural. Las causas de este deterioro afectan tanto a los recursos en si como a la población que los utiliza.

Los problemas de erosión han sido identificados como de mayor gravedad, presentándose en algunos casos en niveles críticos. La deforestación no planificada, las prácticas agrícolas inapropiadas, la creciente presión demográfica y proyectos agrícolas mal planificados o mal ejecutados, se señalan como las causas principales de los daños.

Dentro del proceso de erosión - sedimentación, otro de los problemas que tiene presencia real, y es de preverse se

incremente sus efectos adversos, es el originado por el transporte de sólidos, los cuales afectan las obras de infraestructura, cuerpos de agua natural y embalses.

Desde que la erosión se ha reconocido como un serio problema agrícola, tanto en predio como fuera de el, y en respuesta a esta condición de deterioro de la ecología y la disminución creciente de la productividad, varias instituciones gubernamentales han iniciado una serie de acciones tendientes a la conservación y manejo del suelo y el agua, siendo muy variados el enfoque, los criterios y las metodologías de acción en el control de la erosión, debido a los objetivos particulares de cada dependencia. Ello ha dificultado presentar un frente común para detener el proceso erosivo, cuya velocidad de avance es mayor que la velocidad de aplicación de tecnologías para prevenir y corregir los problemas de la degradación de las tierras.

Con este antecedente, se propuso la investigación del efecto de algunas prácticas culturales conservacionistas que por su acción sobre la infiltración y el escurrimiento se recomiendan para controlar las tasas de pérdida de suelo.

1.2. Justificación

Actualmente, dada el acelerado crecimiento demográfico que genera mayores demandas alimenticias y la urgente necesidad del desarrollo agrícola, se han generado mayores presiones por aumentar la producción agrícola. Es así que a la par del esfuerzo por incrementar los rendimientos se han invadido tierras marginales que fueron bien pastizales o bosques, generándose graves problemas de degradación de los suelos; particularmente, en el caso de suelos de laderas, debido a la erosión hídrica.

En las tierras agrícolas de zonas montañosas, una cuota importante de la degradación de los suelos es debido al uso de técnicas inadecuadas del manejo de los cultivos, tales como el sobrelaboreo para producir cultivos anuales, la falta de rotación, y muy particularmente la siembra en dirección de pendientes pronunciadas sin considerar ninguna práctica cultural conservacionista.

Ante tal situación, antes de sugerir o tomar medidas, es preciso investigar para conocer localmente el comportamiento de ciertas prácticas conservacionistas que han demostrado efectividad en otras latitudes. De modo que la información generada por la investigación pueda orientar la planificación y la toma de decisiones en lo referente al tipo de

prácticas requeridas para un determinado nivel de intensidad de utilización de las tierras que pueda ser soportado sin erosión. De esta manera, se busca determinar:

1.3. Alcance

A través de esta investigación se ha buscado la obtención de datos que permitan la evaluación del efecto de las prácticas culturales conservacionistas en condiciones locales, en relación a la protección ofrecida al suelo, expresado en la reducción de pérdidas por erosión.

Los resultados de las mediciones en el campo, producto de estos experimentos, son contrastados con valores estimados a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978). También se busca una aproximación a los valores de los Factores CP de dicha ecuación para caracterizar las prácticas evaluadas.

Se tomó un tamaño de parcela pequeña (20 m^2) debido a la facilidad de instalación, control manejo y bajo requerimiento presupuestario, lo cual repercute en un doble propósito de uso investigativo y demostrativo, en cuanto a posibles labores de extensión a agricultores de las localidades donde pudieran montarse este tipo de experimentos. De cualquier manera los valores obtenidos para los factores de la EUPS a través de esta investigación

pueden ser tomados como referencia en posteriores investigaciones locales y en comparación con aquellos realizados en otras latitudes bajo condiciones similares a las de esta zona.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

1. Medir en el campo las pérdidas de suelo y el escurrimiento producido bajo condiciones específicas de uso y manejo.
2. Estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica, mediante la utilización de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo "EUPS", y comparar con los valores producto de la medición en el campo.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar los efectos de las prácticas culturales cultivo en contorno y cultivo en franjas aplicados al cultivo de papa (Solanum tuberosum L).
2. Evaluar la variación en las pérdidas de suelo y escurrimiento en función de las prácticas conservacionistas investigadas.

3. Determinar las cantidades de elementos nutritivos y materia orgánica que son arrastrados en los sedimentos producto de la erosión.
4. Hacer una caracterización preliminar de las prácticas conservacionistas evaluadas, a través de los Factores CP de la EUPS.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. La Erosión Hídrica y la Degradación de los Suelos

Según la FAO (1980), el 89 por ciento de las tierras del planeta padecen de problemas tales como: sequías, toxicidades, poca profundidad, mal drenaje y climas severos. El 11 por ciento restante, excluyendo el Antártico constituyen las mejores tierras, pero lamentablemente de este porcentaje un buen lote se pierde continuamente debido al avance de procesos tales como la degradación y la utilización de las tierras agrícolas en construcción, minería etc.

El término degradación de suelos ha sido definido como el desmejoramiento en la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativamente y/o cualitativamente, bienes o servicios (FAO/PNUMA/UNESCO, 1980; citado por López, 1988).

Los procesos de degradación, fenómenos causantes de los cambios que resultan en la disminución en la calidad y productividad de los suelos, pueden ser agrupados en 6 categorías (FAO, 1980).

1. Erosión hídrica
2. Erosión eólica

3. Degradación física
4. Degradación química
5. Degradación biológica
6. Salinización y alcalinización.

Considerando las seis categorías anteriores, es probablemente la erosión hídrica la forma más común de degradación que causa daños masivos en casi todos los países y muy particularmente en aquellos en desarrollo.

La erosión hídrica es definida como el desprendimiento y arrastre de suelo y/o fragmentos de roca por acción del agua y la gravedad. Las gotas de lluvia al caer sobre terrenos de vegetación rala, desprenden el suelo no protegido y lo arrastran junto con las aguas de escorrentía, siendo depositados los sedimentos en los terrenos bajos donde las corrientes se debilitan.

Son variados los tipos y grados de expresión de la erosión hídrica, los cuales se desarrollan de acuerdo como el agua actúa en el suelo, dependiendo del grado de erosionabilidad del mismo, del tipo y estado de vegetación y de las condiciones de manejo a que las tierras son sometidas (López, 1988).

Gómez y Alarcón (1975), Señalan que de acuerdo a la forma como el agua actúa en el suelo, existen 3 clases de erosión

hídrica: pluvial, por escurrimiento y remoción en masa.

La erosión pluvial, consiste en el desprendimiento y dispersión de los agregados del suelo, como resultado del impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno. La energía con que éstas chocan el suelo desmenuado, provoca desplazamientos de las partículas del suelo que alcanzan alturas hasta de 61 cm y distancias laterales de 152 cm en terrenos planos (Schwab et al., 1971).

Petezval y Lutz (1957), Rose (1962), al estudiar el fenómeno de encostramiento superficial de los suelos, coinciden en señalar que éste es causado fundamentalmente por el impacto directo de las gotas sobre la superficie del terreno; y lo señalan como el principal factor promotor de la escorrentia.

En relación a la erosión por escurrimiento, Gómez y Alarcón (1975) indican que se produce cuando la intensidad de las lluvias es mayor a la tasa de infiltración del suelo, entonces gran parte del agua fluye por la pendiente, llevando consigo la masa de suelo desprendido. Dentro de esta clase de erosión, dependiendo de las características del suelo, pendiente y del escurrimiento, se alcanzan diferentes formas y grados de expresión de la erosión tales como: el escurrimiento difuso, la erosión laminar, en

surcos y en estados más avanzados del proceso se forman cárcavas que pueden presentar crecimiento regresivo. Los mismos autores señalan que las remosiones en masa se refiere a volúmenes de suelo removidos por acción del agua y la gravedad, los cuales pueden ser de flujo lento como la solifluxión o de flujo rápido como los deslizamientos o derrumbes. Dado que esta investigación está orientada a la evaluación de las formas de erosión que ocurren comúnmente en tierras agrícolas durante el desarrollo del ciclo de un cultivo hortícola, no se hace una descripción detallada de las formas de erosión indicadas anteriormente.

2.2. Evaluación de la Degradación de los Suelos por Erosión Hídrica.

Existen varios métodos para la identificación y evaluación de los diferentes tipos de degradación incluyendo la erosión hídrica, ellos pueden ser agrupados en las siguientes categorías (FAO, 1980).

1. Observaciones visuales sencillas
2. Inferencias a partir de factores ambientales:
 - a. Clima.- Agresividad de las precipitaciones
 - b. Suelo.- Erodabilidad del suelo (granulometría, estructura, permeabilidad y materia orgánica).
 - c. Topografía.- Considera las pendientes y la longitud de

los declives.

d. Factores humanos.- Cobertura y prácticas de uso y manejo del suelo.

3. Modelos Paramétricos: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo "USLE". $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$

4. Determinaciones de campo y de laboratorio: Parcelas y bandejas de erosión, copas de salpicadura, con ayuda de simuladores de lluvia.

Hudson (1976), divide las observaciones de campo en varias categorías: evaluaciones del cambio en el nivel superficial y evaluaciones de la evolución de la erosión en cárcavas, y las parcelas de escorrentía propiamente dichas; finalmente se refiere a una tercera categoría que son los experimentos que se realizan usando simuladores de lluvia, los cuales en condiciones apropiadas reportan resultados confiables.

2.3. Estudios y Evaluación de la Erosión Hidrica en Venezuela

En Venezuela, aún cuando se han estado realizando trabajos en este campo la información existente al respecto es limitada y en muchos casos los datos disponibles son observaciones cualitativas y de carácter descriptivo lo cual hace necesario disponer de un instrumento confiable dentro

de ciertos límites, que permita predecir y evaluar el fenómeno erosivo, bajo los sistemas de manejo y prácticas de conservación más comunes en el país.

Sin pretender lograr un resumen completo de lo producido en el país en este campo, se presentan a continuación citas recientes de algunos investigadores que han desarrollado sus trabajos en diferentes regiones de Venezuela.

En zonas áridas del Estado Lara (Depresión de Quibor), se ha reportado la incidencia del encostramiento y sellado superficial de los suelos asociados a problemas serios de erosión y atribuyendo fundamentalmente al impacto directo de las gotas de lluvia sobre suelo descubierto (Blavia y Florido, 1973).

Gàsperi (1975), describe la evolución del proceso erosivo en la localidad arriba mencionada, señalando que las cárcavas formadas actúan como un nivel de base y a partir de ellas se produce una serie de fenómenos de remoción de material como la erosión lateral, erosión regresiva, sufusión o erosión subterránea y deslizamientos, lo cual da mayor agresividad y dinamismo al proceso. El mismo autor (Gàsperi, 1976), señala entre otras causas de la evolución del proceso erosivo, la homogeneidad granulométrica, baja infiltración y permeabilidad, estabilidad

estructural pobre, predominio de illita y materiales interestratificados, elementos dispersantes, precipitaciones temporales y por último cobertura natural escasa.

Pla (1980), trabajó por cinco años con las características físicas y mineralógicas de los suelos en las zonas agrícolas de secano en este país, (Pla y Campero, 1971; Pla et al., 1974; Pla, 1975; Pla, 1977; Pla et al., 1977), comparan los resultados obtenidos en el campo bajo lluvias naturales con los resultados obtenidos bajo condiciones controladas y busca sus relaciones con los riesgos de erosión. Reporta que encontró alta correlación entre los valores suministrados por esas dos condiciones y recomienda seguir realizando este tipo de investigaciones.

Vásquez (1979), establece un modelo de predicción de pérdidas de suelo por cada hora de lluvia, utilizando un simulador, las variables objeto de estudio fueron: suelos, niveles de cobertura y grados de pendiente. Sostiene que los valores de los resultados obtenidos se aproximan a los reportados por otros investigadores. Recomienda la necesidad de seguir investigando sobre este particular pero incluyendo pruebas de campo.

Lizaso (1980), en una localidad representativa de la cuenca alta del Río Guanare, estudió como el proceso erosivo

afecta las coberturas: bosque, rastrojo, yuca, café, comparativamente con la condición de suelo desnudo, considerando dos tipos de pendientes diferentes, en relación con las propiedades físicas del suelo. Igualmente determina que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo sobreestima el efecto del factor pendiente.

Páez (1980), realiza estudios valiosos sobre la erosividad de la lluvia en diferentes sitios del país midiendo la energía cinética de aguaceros con diferentes intensidades y establece una ecuación para su cálculo. Recomendando su aplicación en zonas tropicales.

2.4. Medición Directa de las Pérdidas de Suelo por Erosión Hídrica en el Campo.

Existen varios métodos para cuantificar la capa de suelo perdida por erosión, particularmente el CP-SARH (1977), cita los siguientes: "transecto de cárcavas", "clavos con rondanas", "tapas de botella" y "parcelas de escurrimiento". La selección del método más conveniente va a depender de los objetivos planteados en la investigación. A los fines de medición de las pérdidas de suelo por erosión hídrica, cuando se trata de tierras bajo explotación agrícola, las parcelas de escurrimiento resultan ser la metodología más adecuada y real hasta ahora conocida, resaltando su facilidad de manejo (CP - SARH, 1977).

El método consiste en el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar el escurrimiento y pérdida de suelo que se generan por acción de la precipitación y demás factores actuantes bajo las condiciones locales.

Las parcelas estandar utilizadas por Wisnemeier (1965) para la determinación de los factores de la EUPS, son lotes de 22.1 m de largo por 4 de ancho y 9 % de pendiente. Parcelas de diferentes dimensiones han sido utilizadas en distintas localidades, el Manual de Conservación de Suelos de la Escuela de Graduados de Chapingo México reporta dimensiones de 2 m de ancho por 10 m de largo (CP - SARH, 1977).

Otras experiencias al respecto se citan a continuación:

- Goujon, et al (1977), en experimentos realizados en el Africa, utilizó parcelas de 50 y 500 metros cuadrados.

- Djorovic (1977), en investigaciones realizadas en Yugoslavia, utilizó parcelas con dimensiones de 20 m de largo por 2,50 de ancho, obteniendo resultados satisfactorios.

- Useche (1987), con fines de investigación en zonas montañosas del Estado Tachira, implementó parcelas de 6 por 3 y 4 por 2 metros de largo y ancho respectivamente.

- Lizaso (1980), con el propósito de estudiar el proceso

erosivo en una localidad representativa de la cuenca alta del río Guanare, instaló 30 parcelas de escurrimiento de 4 m de largo por 3 m de ancho.

- Mutchler et al. (1988), recomienda para evaluar las prácticas cultivos en contorno, el uso de parcelas de 1 000 m², 22 m de longitud del declive por la cual se abre el surco a través del declive, dimensiones que consideren ser apropiadas para la investigación de esta práctica.

2.5. Métodos para la Predicción y/o Estimación de las Pérdidas de Suelo: La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

Durante muchos años, los especialistas en conservación de suelos han tratado de estimar las pérdidas de suelo en campos o lotes de terreno, para determinar las prácticas de uso de la tierra que asegurarían una productividad a largo plazo para el suelo (Kirkby y Morgan, 1984).

El interés y preocupación recientes sobre la calidad del medio ambiente exigen que se lleven a cabo predicciones sobre pérdida de suelo y producción de sedimentos para evaluar el grado de las fuentes de contaminación no puntuales.

Las técnicas de predicción de pérdidas de suelo se han desarrollado a lo largo de muchos años como resultado de la

progresiva comprensión del proceso de la erosión y se ha llevado a cabo una investigación cada vez mayor sobre la misma. Los primeros cálculos eran sobre todo de naturaleza cualitativa e ilustraban que algunas prácticas de cultivo diferían en cuanto a su capacidad para controlar la erosión de los suelos. Inicialmente se desarrollan ecuaciones para predecir la pérdida de suelos mediante una variable independiente única. Estas ecuaciones de factor único eran para situaciones locales donde otros factores contribuyentes son casi constantes. Posteriormente, y, a medida que habían más datos disponibles y los investigadores eran más capaces de describir los factores contribuyentes, se formularon ecuaciones de factores múltiples (Kirkby y Morgan, 1984).

En la actualidad el método de uso más común para la predicción de pérdida de suelo es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo "EUPS", que aparece a fines de la década de los años cincuenta, desarrollada en el Centro Nacional de Datos de Escorrentía y Pérdida de Suelo en cooperación con la Universidad de Purdue, EE.UU., en cuyo desarrollo juega un papel esencial el Dr. Walter Wischmeier. Dicha ecuación es el producto de observaciones de campo, es de naturaleza empírica y está constituida por los siguientes términos (Wischmeier y Smith, 1978):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

A = Pérdida computada de suelo por unidad de superficie, que se obtiene multiplicando los factores R , K , L y S .

R = Factor lluvia; número de unidades índice de erosión (unidades EI) en el periodo que se trata. El índice de erosión es la medida de la fuerza erosiva de una lluvia determinada.

K = Factor de erosionabilidad del suelo; velocidad de erosión por unidad de índice de erosión para un suelo determinado, en barbecho continuo cultivado, con un declive de 9 por ciento, y longitud de 22.1 m.

L = Factor longitud del declive; relación entre la pérdida de suelo correspondiente a la longitud del declive del terreno y la correspondiente a una longitud de 22.1 m en iguales tipo y pendiente del suelo.

S = Factor pendiente del declive; relación entre la pérdida de suelo correspondiente a la pendiente del terreno y la correspondiente a un declive de 9 por ciento, en iguales tipo del suelo y longitud del declive.

C = Factor cultivo-explotación; relación entre la pérdida de suelo de un terreno sometido a determinados cultivos y explotación y la que ocurre en las condiciones de barbe-

cho en que se evalúa el factor K.

P = Factor práctica de medidas de lucha contra la erosión; relación entre las pérdidas de suelo en un terreno en el cual se efectúan prácticas tales como el cultivo en contorno o en fajas y la de un terreno en que el cultivo se hace en surcos rectos en dirección de la pendiente.

Tal como se ha planteado, la definición de cada uno de los factores de la EUPS, pone en evidencia que particularmente dos de ellos, C y P son los que permiten al hombre de una manera más directa, e inmediata, controlar las pérdidas de suelo a través del manejo y disposición de los cultivos en las dimensiones de tiempo y espacio.

Debe tenerse claro que el factor C es afectado por la implementación de prácticas conservacionistas del tipo agronómico (Suarez, 1982) o agrovegetativo (Delgado, 1987), como también se las conoce, las cuales afectan particularmente debido a la protección ofrecida por la cobertura vegetal ante la agresividad de las lluvias. Ejemplo de tales prácticas agrovegetativas son el uso de abonos verdes, abonos orgánicos y los cultivos de cobertura.

Por otra parte se establece que son las prácticas culturales o agroestructurales (labranza y siembra en contorno, cultivo en franjas) las que influyen sobre el

reducir la pérdida de suelo al facilitar el control de la erosión y la sedimentación de las partículas de suelo desprendidas y arrastradas por la erosión y facilitar la infiltración del agua en el suelo (López, 1988).

Greenlandy y Lal (1977), señalan que la ecuación sirve como buen marco de referencia para el análisis cuantitativo del problema de la pérdida de suelo por erosión hídrica y recalcan que los factores que la conforman deben ser cuidadosamente definidos y determinados en los trópicos húmedos para ser utilizados con mayor eficacia.

Wischmeier y Smith (1978), advierten que la ecuación es un modelo diseñado para computar pérdidas de suelo promedio causadas por la erosión en capas y en surcos bajo condiciones específicas; no predice deposiciones ni estima producción de sedimentos procedentes de lechos de corrientes y cárcavas.

Hudson (1976) al predecir erosión de áreas agrícolas y al seleccionar prácticas de manejo de cultivo para su control, señala la eficiencia de la mencionada ecuación.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo no tiene límites geográficos, pero su aplicabilidad en muchos países está limitada en el presente por falta de datos (Robinson, 1979). El mismo autor sostiene, la probable falta de exacti-

tud cuando se estudian pendientes y texturas extremas y, además en regiones donde las fuerzas erosivas sean principalmente por el flujo procedente de aguas arriba y no por la energía cinética dispersiva de las gotas de lluvia.

Foster (1979), señala que la ecuación ha sido de gran acogida, por ser la única disponible para estimar la pérdida de suelo en los campos agrícolas, pero que tiene sus limitaciones tal como se señala arriba en la cita de Wischmeier y Smith (1978).

Browning (1979), enfatiza que la EUPS, seguirá siendo por mucho tiempo una de las guías de mayor importancia para la evaluación de los riesgos de erosión y la implementación de medidas eficientes de control.

2.5.1. Las Prácticas Culturales Conservacionistas y su Relación con el Factor P de la EUPS.

Wischmeier y Smith (1978), indican que el factor P de la EUPS se evalúa haciendo una relación de pérdida de suelo que se produce en una parcela en condiciones estandar, en la cual las medidas conservacionistas no se aplican y el laboreo se realiza en sentido de la pendiente y pérdidas de suelo en una parcela donde se han aplicado prácticas específicas de conservación como cultivo en franjas y siembra en contorno. Es importante destacar que mientras más

cercano a cero sea el valor de P , más efectiva es la práctica que genera dicho valor.

Entre las prácticas culturales conservacionistas tenemos: el laboreo y siembra en contorno que consiste en efectuar las prácticas de labranza del suelo y de siembra de los cultivos siguiendo las curvas de nivel, de esta manera se van formando pequeñas terrazas las que ofrecen resistencia al escurrimiento superficial del agua. El cultivo en franjas consiste en un arreglo sistemático de franjas de cultivo que alternan la siembra a la siembra en contorno. En esta práctica se alternan bandas de un cultivo comercial con otras de cobertura más densa. El trazo de estas bandas debe ser perpendicular a la pendiente o siguiendo las curvas de nivel (Foster, 1967).

El cultivo en franjas es una práctica conservacionista que ha sido implementada mayormente en terrenos mecanizables, procurándose en tales condiciones que el ancho de la faja sea un múltiplo del ancho de la maquinaria e implementos agrícolas a utilizar. Se adapta bien a pendientes entre 2 y 15 %, protegiéndolos contra la erosión, ya que las fajas donde se desarrollan los cultivos densos disminuyen el impacto de las gotas de lluvia, aumentando la infiltración y reduciendo la escorrentía que de otra manera afectaría la faja de cultivo limpio ubicada inmediatamente abajo.

Cuando se trata del establecimiento de fajas para el control de la erosión hídrica, el ancho de las mismas varía en función de (Delgado, 1987):

1. La pendiente del terreno: A mayor pendiente, disminuye el ancho de las fajas.
2. La textura de los suelos: En suelos livianos (arenosos, franco-arenosos, etc.) el ancho de las franjas aumenta. En suelos pesados (arcillosos, arcillo-limosos, etc.) el ancho disminuye.
3. La precipitación: A mayor precipitación el ancho disminuye.

2.6. La Pérdida de Profundidad Efectiva y de Elementos que Caracterizan la Fertilidad del Suelo por Efecto de la Erosión.

2.6.1. La Capa Superficial del Suelo y su Productividad

El espesor de la capa arable ha sido largamente reconocido por los agricultores y otros, como el mejor criterio usado para juzgar la habilidad de un suelo para producir cultivos con buenos rendimientos. De la misma manera ha sido siempre reconocido que tanto la erosión hídrica como eólica reduce el espesor de la capa arable y hasta cierto punto son los causantes de la reducción de la productividad de los suelos. En la mayoría de los suelos el

espesor de la capa arable influencia en el desarrollo del sistema radicular de las plantas y en la cantidad de agua del suelo disponible para el buen crecimiento de los cultivos por lo que afecta el desarrollo potencial de los mismos. Esta relación es extremadamente importante cuando los horizontes inferiores poseen un material pobre como medio para la actividad radicular de las plantas.

La productividad del suelo en términos de crecimiento de cultivos se la determina por medio de varias propiedades del suelo que están íntimamente relacionadas entre sí, las mismas que influyen en la productividad porque controlan la humedad y la aereación del suelo, y el abastecimiento de los diferentes nutrientes para las plantas. Estas propiedades del suelo incluyen: contenido de materia orgánica, estructura, pH, porcentaje de saturación de bases, capacidad de intercambio de cationes, capacidad de retención de agua y densidad aparente (Rhoton, 1981).

2.6.2. Pérdida de Materia Orgánica y Fitonutrientes en Sedimentos producto de la Erosión.

La agricultura moderna, depende grandemente del mantenimiento de un equilibrio favorable entre pérdidas y ganancias de los elementos nutritivos disponibles en el suelo para las plantas. La erosión, la producción de cultivos, la lixiviación y la volatilización son los cuatro

principales caminos por los cuales estos elementos nutritivos pueden ser removidos del suelo.

Los cultivos durante la cosecha remueven solamente aquellos elementos que son asimilables por las plantas durante su ciclo de crecimiento, pero la pérdida por lixiviación en regiones húmedas tiende a ser gobernada por el grado de movilidad de los elementos nutritivos en el suelo (Barrows y Kilmer, 1963).

Los elementos derivados del suelo son generalmente agrupados en dos categorías, elementos mayores y elementos menores.

El nitrógeno, el fósforo, y el potasio son comúnmente suplidos a las plantas a través de la aplicación de fertilizantes comerciales y abonos orgánicos.

La materia orgánica es uno de los primeros componentes en ser removidos por la erosión. La cantidad de materia orgánica está en función de la pérdida de suelo, pero el porcentaje presente en el material erosionado decrece a medida que las pérdidas de suelo por erosión se incrementan, debido a que por su baja densidad es acarreada por el agua de escurrimiento más allá de los depósitos de partículas minerales del suelo, y el proceso de mineralización se acelera y tiende a descomponerse en un tiempo más corto (Slater, 1942).

Aún bajo condiciones ideales, sería mucho más difícil el reemplazar la materia orgánica perdida, debido a la menor producción de residuos vegetales en los suelos que por efecto de erosión han perdido su productividad.

La remoción de los elementos por efecto de la erosión no es selectiva, en el sentido de que éstos pueden ser removidos en todas las formas en que se encuentren, por el proceso erosivo. El proceso tiende a ser selectivo ya que la materia orgánica y las partículas más finas del suelo con contenidos relativamente más altos en nutrientes de las plantas son más vulnerables a la erosión que las fracciones más gruesas del suelo. La remoción de nutrientes, ya sea en solución o en suspensión coloidal, por el agua que se escurre sobre la superficie del suelo, ha sido denominado o catalogado por Barrows y Kilmer (1973), como escurrimiento químico.

Knoblauch et al. (1942), reportó una pérdida de 337 kg/ha/año de materia orgánica, en tierras con pendiente de 3.5 %, suelos franco-limosos, protegidos con una cubierta de estiércol de ganado, mientras que en parcelas no cubiertas la pérdida ascendió a 1.149 kg/ha/año.

Hayes et al. (1948), sostiene que las pérdidas de nitrógeno son probablemente más serias que las pérdidas de

cualquier otro elemento nutricional. Esto resulta del hecho que la mayor parte del nitrógeno que se pierde está en combinación con la materia orgánica del suelo, la cual es muy susceptible al arrastre.

Pérdidas de nitrógeno de hasta 42 kg/ha/año, han sido reportadas por Hayes et al. (1948) de un suelo franco-limoso sembrado con avena. El mismo suelo sembrado con maíz perdió apenas 2 kg/ha/año.

Bajo condiciones ordinarias de campo, el fósforo es uno de los elementos menos móvil en el suelo. El movimiento vertical de este elemento en el suelo es extremadamente lento (Broadbent y Chapman, 1949). El fósforo aplicado al suelo permanece en los estratos superiores del perfil a menos que se le incorpore mecánicamente a profundidades inferiores (Buckman y Brady, 1960).

Rogers (1941), sostiene que la concentración de fósforo en el escurrimiento superficial tiende a ser considerablemente más alta que la concentración en el suelo inicialmente.

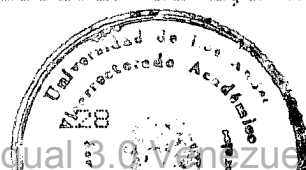
Ensminger (1952), quien trabajó con un suelo de textura franco arenosa fina, con una pendiente de 2 a 4 % encontró que el fósforo presente en los 35 cms de la capa superficial más aquel que fue removido por el cultivo, se perdió a

través del proceso de erosión.

En lugares donde tanto las pérdidas de potasio en forma total y disponible son reportadas, la cantidad de potasio disponible es mucho menor que el potasio total removido. En estas circunstancias se puede apreciar claramente que del 90 al 98 % de todo el potasio del suelo está en forma que no es inmediatamente disponible para las plantas. Las cantidades de potasio removido en solución son generalmente muy pequeñas. Buckman (1960) y Duley (1926) al realizar trabajos sobre pérdida de elementos nutritivos como consecuencia de la erosión, reportaron que la remoción total de potasio en solución de un suelo franco, oscilaba entre un kg/ha/año bajo el cultivo de trigo y 9 kg/ha/año en un suelo bajo césped.

Trabajos realizados por Duley y Miller (1923) demostraron que la pérdida de calcio fue virtualmente muy baja como calcio total en un suelo franco bajo césped, pero las pérdidas ascendieron a 379. kg/ha cuando el suelo estuvo desprotegido y sin cultivo alguno.

Las pérdidas de magnesio por efectos de la erosión han sido escasamente reportadas, de allí que se considera que la remoción de este elemento en forma soluble del suelo es insignificante. Algunos autores han reportado pérdidas máximas de magnesio en solución de 2,6 kg/ha.



Duley (1926), Bryant y Slater (1948) reportaron pérdidas de este elemento en un suelo franco de 1,36 kg/ha y de 3,6 kg/ha en un suelo limo-arcilloso cultivado con maíz.

A continuación se presenta citas de algunos investigadores que han desarrollado trabajos sobre pérdida de nutrientes de las plantas en sedimentos erosionados, que Casanova et al. (1987), reporta:

- Thomas et al. (1968) indica que, en investigaciones realizadas en Georgia utilizando 80 parcelas, en suelos con pendiente de 3 por ciento, encontró que la cantidad de pérdida de P, K y Ca fue de 0,03, 0,13, y 1,5 kg/ha respectivamente, en pérdidas de suelo en t/acre/mes.

- Romkens et al. (1973), al estudiar el efecto de los métodos de labranza sobre la composición de N y P en el agua y sedimentos del escurrimiento en parcelas de cereales y aplicando tormentas simuladas, encontraron que la labranza convencional, en la cual el fertilizante fue colocado bajo el surco, tubo mayor pérdida de suelo y agua, pero menor pérdida de N y P. Sin embargo altos porcentajes de nutrientes totales removidos por el escurrimiento fueron componentes de los sedimentos de todos los tratamientos.

- Monke et al. (1977), analizaron el escurrimiento, erosión y movimiento de nutrientes en determinadas áreas y

encontraron que aunque la concentración de N y P en los suelos con excelente labranza era alta, la pérdida de estos nutrientes en los sedimentos del escurrimiento fue baja, debido a la infiltración incrementada por acción del laboreo.

- En Nigeria, Lal (1976 a, 1976 b) reporta pérdida de elementos nutritivos en sedimentos erosionados en diferentes suelos, condiciones de pendiente y tratamientos de manejo de cosechas. Encontró que, la pérdida de nutrientes en materiales de suelos erosionados con "mulch" y tratamientos sin cultivos fue sin importancia. Para los tratamientos labrados la pérdida más grande fue de materia orgánica y nitrógeno total.

- En Bélgica, Honotiaux (1980) determinó en los sedimentos erosionados del escurrimiento, arrastre de nutrientes. Sus datos mostraron pérdida de casi una t/ha de materia orgánica y la proporción promedio de C/N fue de 8.4, lo cual permitió concluir que la materia móvil estuvo bien humificada y de excelente calidad.

- En Venezuela, Gasperi (1982), ha sido el único autor que reportó valores estimados de pérdida de nutrientes y materia orgánica, en sedimentos erosionados en Quibor, Estado Lara. Concluye, que una erosión alta arrastra 700 t/ha de

suelo con 17.500, 13, 105 y 55 kg/ha de materia orgánica, N, P y K respectivamente. Cuando la erosión fue severa la cantidad de suelo erosionado fue de 2.100 t/ha y la pérdida de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio incrementada a 52.500, 39, 365 y 164 kg/ha respectivamente.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización y Características del Area Bajo Estudio

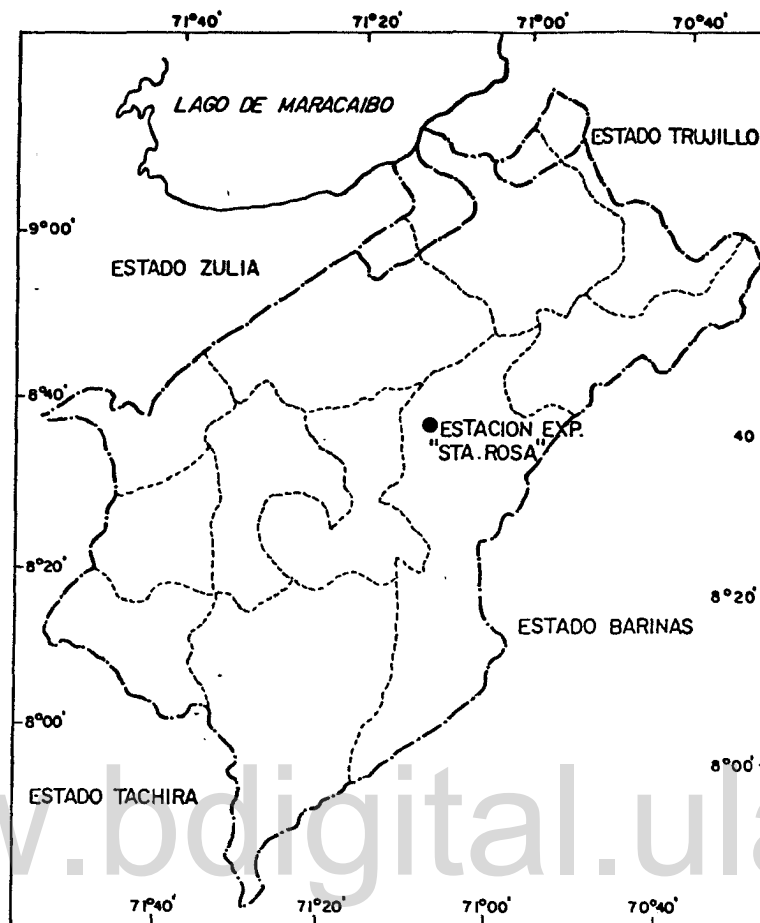
3.1.1. Ubicación.

Los ensayos de investigación se instalaron en un terreno de la Estación Experimental "Santa Rosa" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "IIAP" de la Universidad de los Andes "ULA", ubicado en el Distrito Libertador, Estado Mérida, entre los $8^{\circ}38'21''$ de latitud norte y los $71^{\circ}08'48''$ de longitud oeste, a una altura de 1.950 msnm. (Figura 1).

3.1.2. Clima.

Según Pérez et al. (1979); citado por Romero (1980), el área de estudio, está ubicada entre las isotermas 15°C y 17°C y las isoyetas de 1700 mm a 1800 mm; sin embargo los registros de la estación meteorológica local indican una precipitación promedio anual de 2036 mm y una temperatura promedio de 17°C . Tabla B1 del Apéndice.

El clima es subtropical con dos estaciones marcadas invierno y verano, la corriente de viento dominante es de norte a sur. La precipitación de la zona está caracterizada por un régimen bimodal, es decir se presenta en 2 épocas del año, febrero y septiembre, registrándose en éste último las



ESCALA 1: 20.000



Figura 1 Ubicación del Area del Ensayo.

máximas precipitaciones, de acuerdo con información tomada de la estación meteorológica del IIAP.

Según la Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo (Holdrige, 1978), el área corresponde a Bosque Húmedo Premontano. La vegetación natural es selva montana, pero fuertemente intervenida por el uso agrícola durante muchos años (Sarmiento et al., 1971; citado por Romero, 1980).

3.1.3. Suelo.

El suelo donde se realizó el experimento es un Humitro - pept típico familia esquelética franca, mixta e isotérmica, (Romero, 1980). El régimen de humedad del suelo es el Udico, permaneciendo seco menos de 90 días acumulativos. Geomorfológicamente se ubica en un cono terraza "T₂ con relieve ligeramente inclinado y una pendiente general del terreno de 11 % en sentido N - W. Superficialmente se observan materiales de origen coluvial, depositados durante el Pleistoceno. Su petrografía es variada, con bloques de areniscas, gnéis y granito, algunos de ellos de gran tamaño, guijarros fundamentalmente cristalinos, areniscosos y material fino como arena, limo y arcilla. En las Tablas A2, A3 y A4 del Apéndice, se presenta la descripción del perfil y el análisis de calicata.

La interpretación de los análisis químicos de las muestras de suelo que se presenta en la Tabla A1 del Apéndice indican que el suelo es de pH moderadamente ácido, porcentaje de materia orgánica alto, nitrógeno total alto, fósforo asimilable muy alto y potasio intercambiable alto.

3.1.4. Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso.

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso propuesto para Venezuela por Comerma y Arias (1971), basado en el Sistema Americano de las "Ocho Clases" (Klingebiel y Montgomery, 1961) se ubican las tierras de la localidad dentro de la subclase IV_{ph}, además de la pedregosidad y profundidad efectiva del suelo, se presentan limitaciones topográficas por pendiente. Se trata de suelos superficiales y susceptibles a la erosión.

3.1.5. Explotación tradicional de las Tierras.

Los suelos del área de estudio han sido fuertemente intervenidos durante muchos años atrás, fundamentalmente con fines de investigación agropecuaria, como ensayos experimentales de verificación de variedades de cultivos hortícolas y frutales, ensayos de fertilización básica, dosificación de fertilizantes, insecticidas y fungicidas, así como la adaptación de algunas variedades de pasto; explotación que se viene realizando, previo una planificación adecuada y de

acuerdo a las prioridades y requerimientos de la zona, cuyos resultados han contribuido al incremento de la productividad agrícola de esta Región. Las labores de preparación del suelo se realizan mecánicamente y las demás actividades en forma tecnificada.

3.2. Característica de los Cultivos Incluidos en la Evaluación, Manejo y Prácticas de Común Aplicación en la Zona.

Cultivo: Papa (Solanum tuberosum L.), familia Solanacea, tipo Spermatofita, variedad Granola.

La papa es originaria de los Andes, ha sido cultivada desde hace mucho tiempo y sigue siendo fuente principal de empleo y subsistencia de la población rural, en la localidad su cultivo se hace comúnmente en suelos de ladera y sin ninguna práctica conservacionista, lo cual da lugar a la generación de procesos erosivos que degradan los suelos y consecuentemente disminuyen la productividad.

Características Morfológicas y Morfogénicas:

- a) Altura que fluctúa entre 60 y 80 cm
- b) El desarrollo de los tubérculos comienza 5 ó 7 semanas después de la siembra.
- c) La floración ocurre aproximadamente 45 días después de la siembra.
- d) Su ciclo vegetativo oscila entre 90 y 110 días

En muchas ocasiones la tuberización no depende de la floración, pero las condiciones climáticas que afectan ésta pueden también inhibir y retardar la formación de los tubérculos, (Cedeño, 1981).

Los suelos ideales para este cultivo son los de textura media, bien drenados, sueltos de modo que se facilite la aereación; características que son importantes porque debemos considerar que la papa va engrosando lentamente, caso contrario, se producen deformaciones que afectan el producto y reducen su valor comercial, (Pereira, 1988).

La papa se desarrolla bien en suelos cuyo pH se sitúa entre 5.2 y 6.4 prefiriendo valores bajos en suelos donde abunda la "Sarna de la Papa".

En relación a los niveles de fertilidad, es un cultivo de altos requerimientos especialmente el elemento potasio.

En términos generales los agricultores de la región, realizan aplicaciones de fertilizantes en cantidades elevadas sin previo análisis de suelo, lo que da lugar a que los nutrientes se encuentren en grandes cantidades pero muchos de ellos en condiciones no disponible, por lo cual no benefician al cultivo, pero si perjudican económicamente al agricultor (Pereira, 1988). Otra práctica común en los Andes es la aplicación de estiércol, lo cual ha demostrado ser

efectivo para aumentar los rendimientos de los cultivos. Las dosis de aplicación, alrededor de los 20 m³/ha., es complementada con fertilización química en base a un fertilizante compuesto más la aplicación de calcio y magnesio que son generalmente, nutrientes deficientes en los suelos Andinos. La siembra la realizan "a golpe", con separación de planta a planta de 30 cm y de surco a surco 80 cm.

Según información de funcionarios del IIAP, especialistas en este cultivo, otra labor que es común en la zona, es la eliminación del follaje 15 días antes de la cosecha, con el fin de dar mayor consistencia a la concha del tubérculo para que resista al manipuleo y transporte del producto en la fase de comercialización.

Pasto. - Kikuyo. (Pennisetum clandestinum).

El kikuyo es un pasto naturalizado en los Andes Venezolanos, fue introducido al país posiblemente desde Colombia por ganaderos que de visita en el vecino país observaron sus buenas características como pasto, trayendo pequeñas cantidades de material vegetativo que posteriormente sembraron y propagaron en Venezuela (IIAP - ULA, 1974). El rango de adaptabilidad de esta gramínea está entre los 1600 y 3200 msnm., cuando los suelos y la humedad son favorables. El método tradicional de siembra es por estolones o por cepas, pudiendo propagarse también por semillas. El kikuyo responde

bien a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Esta gramínea no solamente sirve como pasto para alimentar el ganado, sino que además en pastizales bien manejados ejerce una efectiva protección al suelo, de aquí el interés de experimentar localmente con franjas de kikuyo alternadas con cultivos limpios, como una medida de conservación de suelos.

En los Andes Venezolanos, no se acostumbra la aplicación de abonos y fertilizantes a los pastizales, siendo el sobrepastoreo una práctica común que conlleva a la degradación del suelo y la vegetación.

3.3. Tratamientos, Materiales, Equipos y Métodos de Evaluación utilizados en la Investigación.

3.3.1. Instalación del Experimento.

En esta investigación se estudiaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno. El Diseño Experimental utilizado fue Completamente al Azar con múltiples observaciones en cada lote. De tal manera que, en una área aproximada de 1500 m² se instalaron 9 parcelas de escurrimiento de 20 m² cada una, 10 m de largo por 2 m de ancho. (Figura 2). Los lotes se establecieron en el sentido de la pendiente principal del terreno, la cual se determinó en 9 %. Las parcelas se delimitaron mediante láminas de cinc de 0.28 m de altura,



Figura 2. Aspecto General de la Ubicación de las Parcelas
Objeto de Estudio.

de la cual se enterró 0.10 m, quedando 0.10 m sobre la superficie del terreno. Al pie de cada parcela se colocó una bandeja receptora de sedimentos de forma triangular, cubierta de plástico con el fin de evitar la recepción de lluvia caída fuera de los límites del lote. Cada una de las parcelas se conectó con un tanque de 210 litros de capacidad a través de un conducto de PVC de 7,62 cm de diámetro y 1,50 m de longitud; dicho tanque cubierto con material plástico fue graduado para medir directamente el volumen de escurrimiento recibido después de cada evento de precipitación. (Figura 3). El cálculo de la capacidad del recipiente recolector, se realizó por el método racional modificado para estimar escurrimientos con lluvia máxima en 24 horas (CP - SARH, 1977).

Con el fin de determinar los niveles de fertilidad de los suelos de cada lote, se realizaron análisis químicos, de cuya interpretación y de acuerdo a los requerimientos de cada cultivo, se efectuaron las recomendaciones de fertilización. De igual manera para el control de malas hierbas y la prevención de plagas y enfermedades se utilizaron herbicidas y pesticidas respectivamente, conforme se detalla a continuación:

Antes del establecimiento de las parcelas, se preparó el suelo mecánicamente mediante la utilización de un arado de



Figura 3. Ilustración de la Parcela de Escorrentia Utilizada para Evaluar la Erosión.

discos. Establecido los lotes, en los tratamientos antes mencionados se procedió a la desinfección del suelo, mediante la utilización de Furadan a razón de 50 kg/ha.

La semilla de papa (variedad granola) se desinfectó utilizando una mezcla de insecticida más fungicida:

Insecticida: Malathión al 0.5 % + Fyrimor al 0.8 %

Fungicida: Dithane M-45 al 2.5 % + Benlate al 0.1 %

Interpretados los análisis del suelo y de acuerdo al requerimiento de la papa se aplicó 2400 g de fertilizante compuesto Triple 15-15-15 por parcela, el momento de la siembra y después de 25 días se aplicó urea como fertilización complementaria en cobertera, aprovechando las labores culturales de aporque y deshierbe.

Posterior a la siembra se realizaron otras aplicaciones que se resume en la Tabla 1.

En relación a la fertilización del cultivo de pasto, se aplicó el mismo fertilizante que se suministró a la papa, de acuerdo al requerimiento del pasto; de igual manera se realizó una fertilización complementaria con abono nitrogenado (urea), de conformidad a recomendaciones proporcionadas por los técnicos del IIAP., especialistas en cada cultivo.

Tabla 1. Aplicación de Productos Químicos después de la Siembra, en el Cultivo de Papa.

<u>Días</u>	<u>Productos</u>
25	Adh. + Fung. + Insect. + Abono Foliar
32	Adh. + Fung.
46	Adh. + Insect. + Fung. + Abono Foliar
54	Adh. + Fung. + Abono Foliar
67	Adh. + Fung. + Insect.
75	Adh. + Fung.
79	Adh. + Fung.
83	Adh. + Fung.

A más de los productos indicados anteriormente y en razón de que se presentó un ataque de la lancha de la papa, se utilizó otros fungicidas tales como: Bayletón, Ridomil y Manzate.

3.3.2. Materiales y Equipos.

Para el establecimiento e instalación de las parcelas de escurrimiento con sus respectivos tratamientos y repeticiones, así como para la toma de muestras y análisis físico-químico de los suelos fue necesario la adquisición de los siguientes materiales y equipos:

3.3.2.1. Materiales.

Establecimiento de las Parcelas:

- 21 Láminas de cinc de 244 * 85 cm
- 1 Rollo de alambre galvanizado
- 5 Tubos de PVC de 7,62 cm
- 1 Rollo de cuerda plástica
- 9 Tanques metálicos de 210 litros de capacidad para la recolección del volumen de escurrimiento.
- 1 Tanque plástico de 210 litros de capacidad
- 1 Rollo de Plástico para cubrir las bandejas receptoras de sedimentos y los tanques.
- 50 Estacas de madera para delimitar las parcelas

Insumos para Instalar los Tratamientos y Repeticiones.

- 25 kg de Semilla de Papa (Variedad Granola)
- 30 kg de Rizomas de Pasto (Kikuyo)
- Fertilizantes:
- 10 kg de Fertilizante Compuesto Triple 15 - 15 - 15 y
- 5 kg de Urea

Fungicidas:

- 1 kg de Bayletón
- 1 kg de Ridomil
- 1 kg de Manzate

- 1 kg de Dithane M 45

- 1 kg de Benlate

Insecticidas:

- 1 kg de Malathion al 0.5 %

- 1 kg de Pyrimor al 0.5 %

- 1 kg de Furadan

Adherente

Herbicidas:

- 1 kg de Gramoxone

Materiales para la Toma de Muestras y Análisis

- 36 Bolsas de Polietileno de 2 kg

- 12 Bolsas Plásticas de 10 kg

- 1 Balde plástico de 10 lts

- 36 frascos de plástico de 1 litro de capacidad

- 36 Vasos de Precipitación de 700 cc

- 2 Marcadores de diferente color

- 6 Rollos Fotográficos

- Papel Bond

- Reactivos para los Análisis Químicos de las muestras

3.3.2.2. Equipos.

Establecimiento de las Parcelas.

- Tractor
- Arado de discos
- Rastra
- Altimetro
- Clinómetro
- Cinta métrica
- Machete
- Azadas
- Picos
- Barra
- Barreno
- Pala
- Espátula

Registro de datos e información en el campo y laboratorio

- Balanza
- Regadera
- Pluviómetro
- Pluviógrafo
- Equipos de laboratorio para análisis físico y químico de suelos.
- Estufa
- Cámara Fotográfica

3.3.3. Descripción de los Tratamientos.

Los tratamientos estudiados fueron tres: Cultivo en Franjas, Cultivo en Contorno y Testigo, con tres Repeticiones cada uno, dando un total de 9 parcelas. (Fig. 4, 5, 6.)

a) Cultivo en Franjas.

Tal como aplicada en la evaluación, la práctica cultivo en franjas consistió en un arreglo sistemático de cultivo en franjas estrechas y regulares alternandose bandas de cultivo de papas en contorno con bandas de pasto (kikuyo), cultivos tradicionales de la zona. El trazo de éstas fué perpendicular a la pendiente y de un ancho de 2.50 m, muy inferior al máximo permisible bajo las condiciones en que se desarrolló la investigación. Se consideró dicha anchura de faja teniendo en cuenta las condiciones de pendiente pronunciada en que se desarrollan los cultivos hortícolas en la región andina, condiciones bajo las cuales, el cultivo en fajas tal como tradicionalmente descrito no sería aplicable para un control efectivo de la erosión.

La papa se sembró a una distancia de 0.30 m de planta a planta y de 0.80 m de surco a surco, y, el pasto por rizomas, separado por 0.15 m cada hilera; prácticas convencionales de la zona, según información de funcionarios del "IIAP".



Figura 4. Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escorrentía con los Tratamientos: Cultivo en Contorno y Cultivo en Franjas.

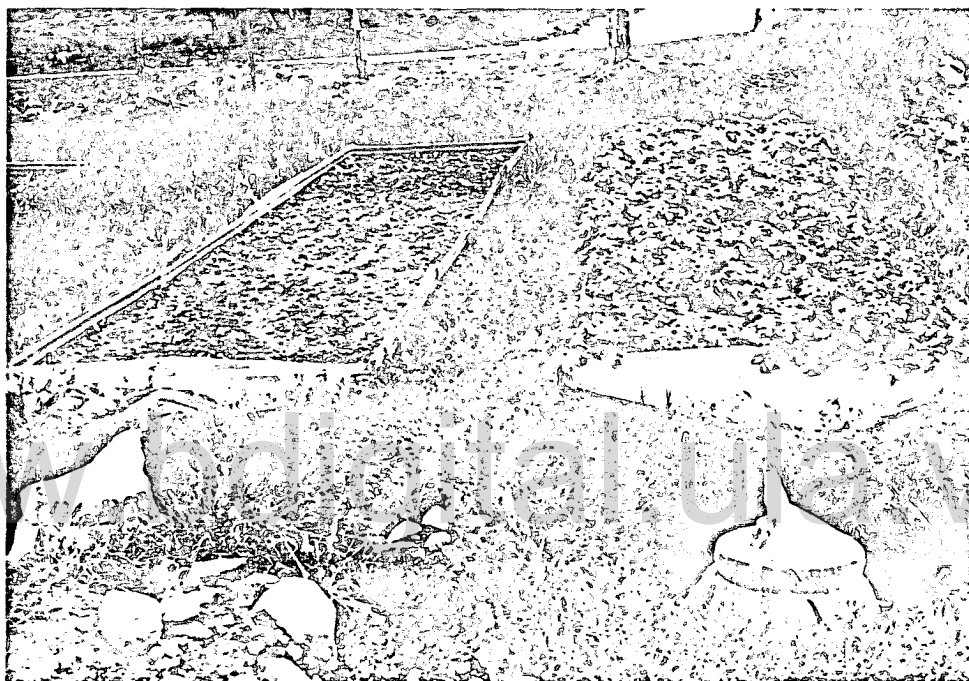


Figura 5. Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escorrentía con los Tratamientos: Testigo y Cultivo en Contorno.



Figura 6. Aspecto Ilustrativo de las Parcelas de Escombreo
con los Tratamientos: Cultivo en Franjas y Tostigo

b) Cultivo en Contorno.

Las prácticas de labranza y de siembra en contorno del cultivo, se realizó en sentido perpendicular a la pendiente del terreno, tratando que el trazado de camellones y surcos actuara contrarrestando el escurrimiento superficial del agua, favoreciendo su infiltración en el suelo. Es de hacer notar que dada la mínima extensión de las parcelas, los surcos actuaron como estructuras de bloqueo y almacenamiento del escurrimiento, sin posibilidad de drenar excedentes a través de los mismos. Tal limitación fue prevista al inicio de la investigación, y constituye uno de los puntos de interés de ésta. Este tipo de parcela presenta mayores facilidades de manejo, menor inversión y posibilidades de aplicación en extensión agrícola, en la evaluación y demostración de prácticas especiales de conservación. Una de las mayores limitaciones es que no permite el drenaje lateral de los excedentes, a través de los surcos en contorno, lo cual reduce su aplicación bajo determinadas condiciones. Un punto a favor que presenta la localidad, para el desarrollo del experimento tal como se llevó a cabo, es que el drenaje y la permeabilidad de los suelos no son una limitante

c) Testigo.

El testigo, como su nombre lo indica no llevó ninguna de las dos prácticas de conservación mencionadas, la labranza y deshierbe se realizó en el sentido de la pendiente y se mantuvo durante toda la fase de estudio sin cobertura vegetal.

3.3.4. Métodos de Evaluación.

Ello se hizo en tres etapas comprendidas en el periodo entre la siembra y 10 días después de la cosecha de los cultivos mencionados. Una vez instaladas las parcelas, se procedió a la determinación de las pérdidas de suelo y de los volúmenes de escurrimiento para cada evento de precipitación tomando como referencia los cinco periodos de crecimiento descritos por Wischmeier (1960); citado por López (1980). Se hizo de esta manera, por considerar que cuando se están evaluando prácticas culturales conservacionistas se tiene un efecto de la cobertura por parte de los cultivos, por lo cual se involucra no sólo el factor P sino también el factor C de la EUPS.

Dado que las tierras donde se estableció el experimento son utilizadas todo el año en actividades agrícolas, no se cubrió la primera etapa considerada por Wischmeier (1960) el cual es un periodo de barbecho que va desde la labranza

hasta la siembra, práctica usual en climas templados. En el experimento realizado la siembra se efectuó seguido a las labores de preparación del suelo.

Etapa 1. (Desde la Siembra hasta el Aporque).

Periodo que incluye 25 días después de la siembra, es decir hasta la realización del deshierbe y aporque. Con esta labor se dió la forma definitiva de los surcos, especialmente en el cultivo de papas, y a su vez se efectuó la fertilización complementaria, mediante la aplicación de urea en cobertera. En esta etapa se evaluaron 9 eventos de precipitación y consecuentemente la recolección de sedimentos.

Etapa 2. (Desde el Aporque hasta la 1ª cosecha del Pasto.

Periodo considerado hasta el segundo mes después de la siembra, fecha en la cual se realizó la primera cosecha del pasto. En esta etapa se realizó 9 recolecciones de los sedimentos y escurrimiento.

Etapa 3. (Desde la 1ª cosecha del Pasto hasta la cosecha de la papa).

Comprende desde el final del periodo 2 hasta la cosecha de los cultivos, que fue después de 90 días. En esta etapa, 8 días antes de la cosecha se eliminó el follaje

de la papa, labor que realizan los agricultores de esta zona con el propósito de dar mayor consistencia a la concha del tubérculo y de esta manera resista el manipuleo y transporte en el proceso de comercialización. De igual forma en esta etapa se registró 19 eventos de precipitación y consecuentemente pérdidas de suelo las que fueron analizadas.

Etapa 4.

Wischmeier considera un quinto y último período para la evaluación de la protección al suelo por el cultivo, el cual es una etapa de rastreo que va desde la cosecha a la labranza para la nueva siembra. En esta investigación se consideró una cuarta y última etapa que abarcó desde la cosecha hasta la labranza para la nueva siembra, que fue de 10 días, durante los cuales no se presentó ninguna precipitación importante, razón por la cual no se hicieron mediciones en el campo. La medición y evaluación de las pérdidas de suelo y el escurrimiento bajo los diferentes tratamientos y repeticiones, se realizó de la siguiente manera:

1. Después de cada día de lluvia superior a los 10 mm de precipitación, se procedió a la recolección de los sedimentos que quedaron retenidos en el colector, los

cuales se secaron para luego pesarlos.

2. Se midió el volumen de escurrimiento captado en los tanques graduados.

3. Previo chequeo de la textura de los sedimentos arrastrados en el escurrimiento, se procedió a revolver de la mejor forma posible el agua dentro del recipiente y se tomó una muestra de un litro antes de que los sedimentos se asienten. No hubo dificultades en lograr la suspensión de las partículas de sedimento en el agua ya que se trataba de partículas finas.

4. Por medio del filtrado de la muestra, y una vez secada a 105°C en la estufa se determinó el peso de los sólidos, y éste se relacionó con el volumen total captado en el tanque, para determinar de esta manera los sólidos en suspensión que contenía el volumen de escurrimiento. La pérdida de suelo en el lote para las lluvias de ese día se calculó, sumando el peso de los sólidos en suspensión más el peso de los sedimentos recogidos en la bandeja.

5. La pérdida de suelo para el tiempo considerado (24 - VIII al 4 - XII - 88), fue igual a la suma de las pérdidas parciales, expresado en $\text{kg}/20 \text{ m}^2$, que luego se transformó a t/ha .

De esta manera se llevó un registro de los volúmenes de escurrimiento y de las pérdidas de suelo ocasionadas después de cada evento de precipitación en cada una de las parcelas objeto de estudio.

En razón de que en ciertas lluvias, específicamente cuando eran de gran intensidad, algunos sedimentos gruesos fueron arrastrados hacia los tanques conjuntamente con el escurrimiento, fue necesario realizar lo siguiente:

Cada volumen de agua y de sólidos recogido en los tanques de sedimentación, después de cada evento de precipitación se pasó individualmente a otro tanque de plástico de la misma capacidad que el anterior donde se midió el volumen de escurrimiento, luego se dejó en reposo hasta que se sedimentaran los sólidos. Seguidamente se eliminó el agua se recogieron los sedimentos y se secó en la estufa a 105°C para pesar y determinar la pérdida de suelo.

3.4. Estimación de las Pérdidas de Suelo y Caracterización de las Prácticas Conservacionistas a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

En base a la metodología presentada por Wischmeier (1978) se determinó cada uno de los factores componentes de la EUPS conforme se detalla a continuación:

3.4.1. Factor Precipitación y Escorrentía "R".

De acuerdo con Wischmeier (1959); citado por López (1988), las características medibles de la precipitación más cercanamente relacionadas a la cantidad de pérdida de suelo por erosión son: la energía total (E) y la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}) de duración de la lluvia. En base a esto se define al Factor R como la suma del producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en 30 minutos ($E \cdot I_{30}$) para todos los eventos importantes de precipitación en un área durante un periodo de tiempo dado, generalmente un año. Matemáticamente, R puede ser expresado de la siguiente forma:

$$R = \sum_{j=1}^n (EI)_j$$

donde:

E = Energía Total para un evento de precipitación

I = Intensidad Máxima de la Precipitación en 30 minutos

Para calcular el EI_{30} , se individualizaron en los pluviogramas los aguaceros con mayor erosividad potencial. Se tomaron en cuenta para la evaluación, aquellos eventos que durante el ciclo de estudio alcanzaron por lo menos 10 mm de lámina. Lluvias menores de 10 mm y separadas de otros eventos de precipitación por más de seis horas no fueron

incluidas en los cálculos. Es necesario aclarar que para efecto de estos cálculos Wischmeier y Smith (1978), consideran eventos importantes a partir de 12.5 mm de precipitación

Las unidades para E en el sistema métrico utilizados en este estudio son joules por hectarea (j/ha), mientras que I_{30} se expresa en milímetros por hora (mm/h). El producto $E \cdot I_{30}$ resulta en j.mm/ha.h.

3.4.2. Factor de Erosionabilidad del Suelo "K"

López (1988), de acuerdo a cita de Troeh et al. (1980), indica que el Factor K evalúa la erosionabilidad del suelo definida en este caso como la vulnerabilidad del mismo a la acción erosiva del agua.

Los cálculos del Factor K se basaron en medidas hechas en las parcelas testigo, mantenidas sin vegetación y con laboreo periódico en dirección de la pendiente. Bajo tales condiciones, donde "CP" toma un valor de 1 y conocidos los restantes factores y el valor de A, se tiene que:

$$A = R \cdot K \cdot LS$$

$$K = \frac{A}{R \cdot LS}$$

Este método es el más preciso y real para la determinación de K, sin embargo existen limitaciones, debido al costo de instalación de parcelas y al requerimiento de personal.

El Factor K también se determinó mediante la utilización de un Nomograma (Figura 7), que considera determinadas propiedades edáficas las cuales conforman 5 parámetros: porcentaje de limo más arena muy fina (0.002 a 0.1 mm), porcentaje de arena fina a muy gruesa (0.1 a 2.0 mm), contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo Wischmeier et al. (1971); citado por López (1988).

Quando el contenido de materia orgánica es superior al 4 % se hace necesario utilizar la ecuación desarrollada para tal efecto, que se presenta a continuación, (Wischmeier y Smith, 1978).

$$100K = [2,1 M^{1,14}(10^{-4})(12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3)] 1,317$$

Donde:

M = % de limo + % de arena muy fina x (100 - % de arcilla)

a = % de materia orgánica

b = Estructura del suelo codificada

c = Clase de permeabilidad en el perfil codificada.

El Factor 1,317 permite la expresión de "K" en el sistema métrico ($\frac{t}{ha} \cdot \frac{ha \cdot h}{10^7 j.mm}$)

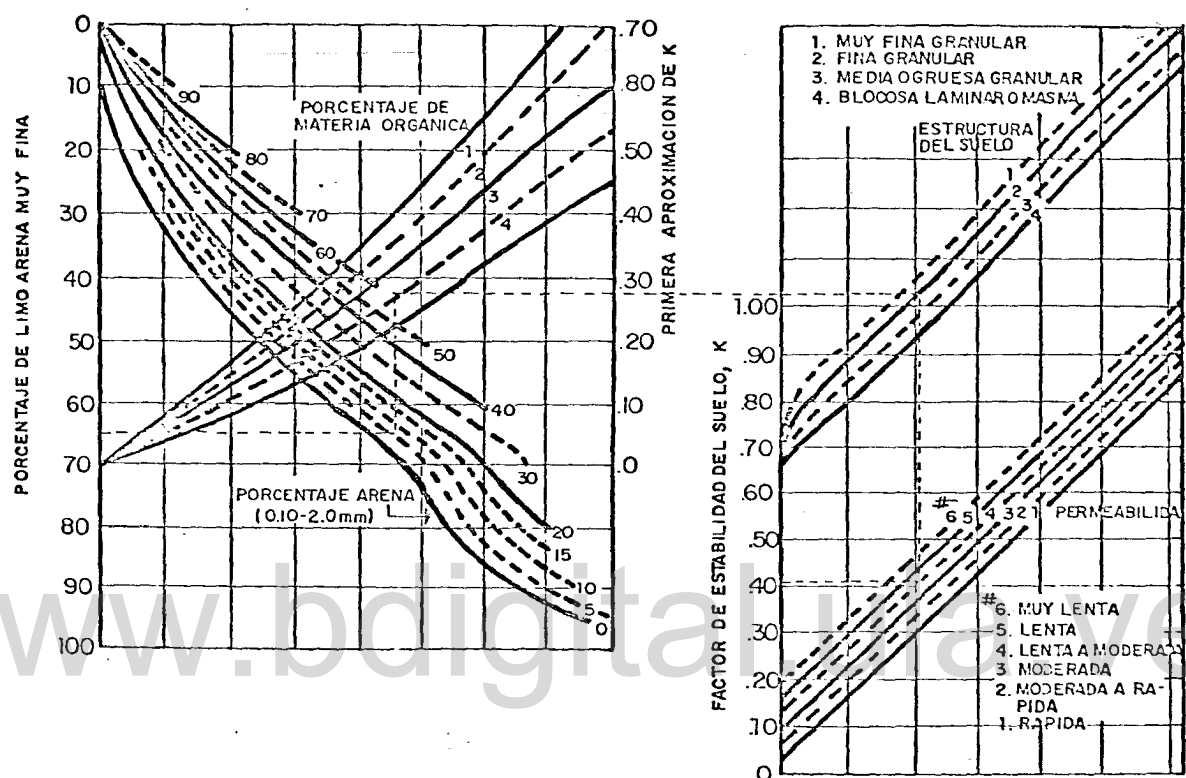


Fig. 7 Nomograma para la determinación del Factor de Erodibilidad del Suelo "K", expresado en unidades de $\frac{t}{ha} \cdot \frac{ha \cdot h}{10^7 J \cdot mm}$ (Troeh et al., 1980 ; en base a Wischmeier et al., 1971; citado por López, 1988)

3.4.3. Factor Pendiente: Longitud e Inclinación "LS".

El Valor LS es la relación entre la pérdida de suelo bajo la condición particular de pendiente y la pérdida de suelo bajo la condición de referencia, la cual como se ha señalado, corresponde a una longitud de pendiente de 22.1 m y una inclinación de 9 por ciento .

El Factor Longitud de pendiente (L) se calculó a partir de la fórmula siguiente (Wischmeier y Smith, 1978):

$$L = \left(\frac{X}{22,1} \right)^m$$

Donde:

L = Factor de Longitud de la Pendiente

X = Longitud de la Pendiente en el Campo, en metros y

m = Exponente que varía con la inclinación de la pendiente

En el caso bajo estudio, "m" toma un valor de 0.5, por cuanto la pendiente de las parcelas estudiadas es mayor a 5 % (Wischmeier y Smith 1978).

El Segundo componente del Factor LS o inclinación de la Pendiente (S) se calculó a través de la siguiente ecuación (Wischmeier y Smith, 1978):

$$S = 0.065 + 0.045 s + 0.0065 s^2$$

Donde

S = Factor de Inclinación de la Pendiente, y

s = Inclinación de la Pendiente en Porcentaje.

Para el cálculo del mencionado factor, las 2 ecuaciones se expresan en una sola.

$$LS = \left(\frac{x}{22,1} \right)^m (0,065 + 0,045 s + 0,0065 s^2)$$

Con fines de comprobación, También se realizó el cálculo del Factor pendiente a través de un ábaco que da los valores de LS a partir del porcentaje de inclinación y la longitud de la pendiente expresado en metros (Goujon et al., 1977).
Figura 8.

3.4.4. Factores de Cobertura y Manejo de Cultivo "C" y de Prácticas de Medidas de Lucha contra la Erosión "P".

El factor C en la metodología de la EUPS, representa la relación de pérdida del suelo a partir de una condición específica de cultivo o cobertura con la pérdida del suelo a partir de un estado de labranza y barbecho continuo para el mismo suelo, pendiente y precipitación pluvial. Este factor incluye los efectos interrelacionados de la cubierta, la secuencia de cultivos, el nivel de productividad, duración

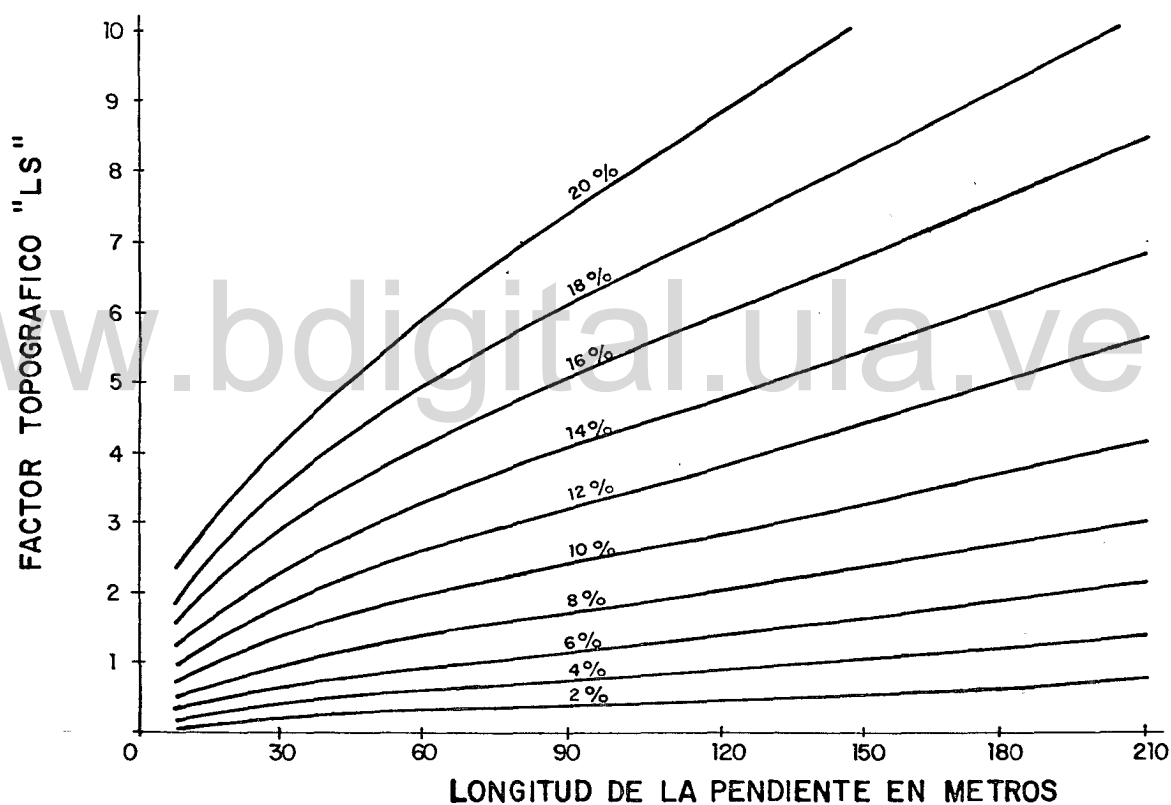


Fig. 8 Valores del factor LS en función del grado y longitud de la pendiente (Goujon et al., 1977 ; citado por López, 1988)

del periodo de crecimiento del cultivo, prácticas de cultivo, manejo de residuos y distribución de la precipitación pluvial.

El factor " P", por su parte resulta de la relación de la pérdida de suelo determinada en la parcela testigo, en la cual las medidas de conservación no se aplicaron, con las pérdidas de suelo determinadas en las parcelas con los tratamientos considerados. La aplicación de estas relaciones en el caso bajo estudio, lleva a la determinación de un factor CP que involucra tanto el efecto de la cobertura (papa - pasto) como el de las prácticas conservacionistas (cultivo en franjas - cultivo en contorno).

3.5. Evaluación de las Pérdidas de Nutrientes Arrastrados en los Sedimentos Bajo las Condiciones Consideradas de Uso de las Tierras .

Con el fin de determinar la pérdida de elementos nutritivos y de materia orgánica arrastrados en los sedimentos, se tomó muestras representativas del volumen de suelo erosionado de cada lote, después de cada evento de precipitación y se envió al laboratorio para hacer los análisis químicos correspondientes para la determinación de los elementos N, P y K. Los métodos utilizados fueron: Micro-Kjeldhal y Olsen para el Nitrógeno y Fósforo respectivamente y el Potasio extraído con Acetato de Amonio al 1N y pH 7 (IGAC, 1979).

3.6. Evaluaciones Complementarias.

3.6.1. Propiedades Físicas.

Se evaluaron las siguientes propiedades físicas en el horizonte superficial: estabilidad estructural, velocidad de infiltración y densidad aparente.

Los cálculos de la estabilidad estructural, se efectuaron al inicio de la investigación, de acuerdo a especificaciones del USDA (1970), en base a la metodología propuesta por Yoder (1936) modificado. Las evaluaciones se hicieron considerando agregados entre 6,3 y 4,76 mm de diámetro.

Para la evaluación de la densidad aparente del suelo se utilizaron muestreadores tipo Uhland que consiste en cilindros de 5 cm de diámetro por 5 cm de altura. Las muestras obtenidas en el campo fueron llevadas al laboratorio, secadas y pesadas. Conocidos el volumen y peso seco de dichas muestras se determinó la densidad aparente, (Millar et al., 1975).

Las pruebas de infiltración se realizaron por el método de los anillos infiltrómetros recomendado por Bodman y Coleman (1944), modificado. Para el análisis de las tasas de infiltración características se siguió la ecuación de flujo empírica propuesta por Kostiaikov (1932).

3.6.2. Análisis Químico.

En cada uno de los lotes investigados se tomaron muestras de suelo al inicio del experimento y al final de cada etapa considerada, con el fin de determinar cambios en los niveles de fertilidad, así como para comparar con las determinaciones de la pérdida de elementos nutritivos por arrastre en sedimentos. Dichos análisis se realizaron en el laboratorio de Geografía de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes, de acuerdo a la metodología recomendada por (IGAC, 1979).

3.7. Análisis Estadístico.

El análisis estadístico se efectuó a través de computadora, utilizando el Programa Statpack, con el cual se realizaron las siguientes pruebas:

1. Análisis de Varianza para cada una de las tres variables consideradas: escurrimiento, pérdida de suelo y nutrientes en sedimentos.
2. Análisis de Regresión para las pérdidas de suelo en función del escurrimiento y del $E \cdot I_{30}$, ajustado a los diferentes eventos de precipitación.
3. Prueba de rango múltiple de Duncan para las variables: escurrimiento, pérdida de suelo y nutrientes en sedimentos.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Resultados.

En razón de que esta investigación tiene como objetivo fundamental medir el efecto que ejercen ciertas prácticas conservacionistas sobre las pérdidas de suelo y el escurrimiento, los resultados se presentan en relación a cada una de dichas variables. Ello con miras a determinar el comportamiento de los diferentes tratamientos y su acción sobre cada variable, como también las correlaciones entre ellas y su significación.

Preliminarmente se hace una evaluación de la precipitación, componente climático de mayor influencia en la manifestación y desarrollo de la erosión hídrica.

4.1.1. Evaluación de la Precipitación, en base a su Erosividad (EI).

Las precipitaciones que se presentaron fueron de tipo convectiva, es decir consecuencia del enfriamiento, debido a la expansión de una masa de aire húmedo-caliente, cuando por influencia del viento ésta asciende en forma de corriente convectiva a una capa más alta y de menor presión. Estas lluvias fueron de diferentes intensidades y su efecto en el

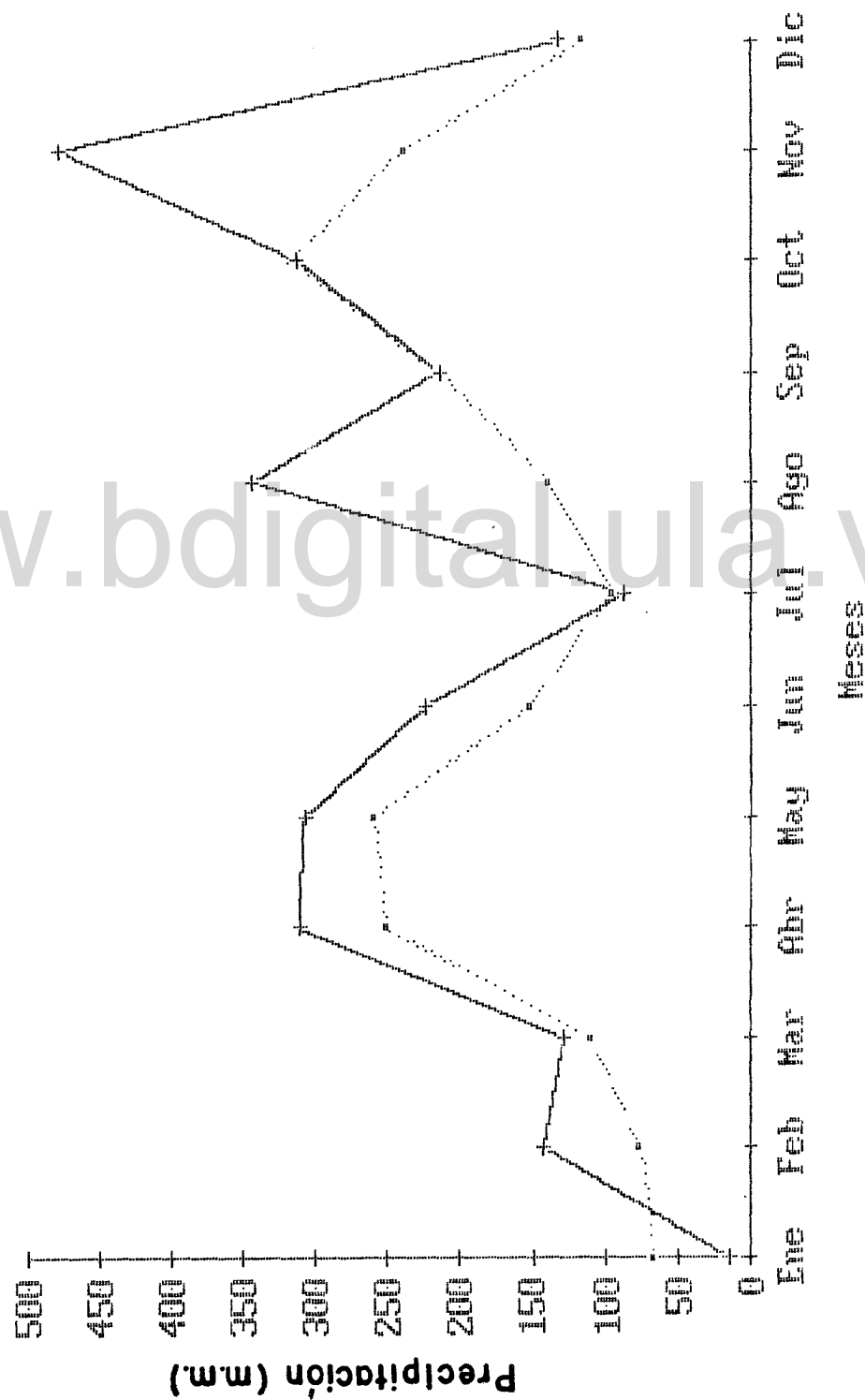
suelo de las parcelas estudiadas fue diferente, de acuerdo a las condiciones en que se encontraban las mismas.

Según los datos climáticos de la Estación Meteorológica "Santa Rosa" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "IIAP" de la Universidad de los Andes "ULA" (Tabla B1 del apéndice), en el segundo periodo bimodal se presentan precipitaciones más intensas, pero aquí en el cual realizaron los experimentos las lluvias fueron aún más, ya que en 22 años de registro no se habían presentado aguaceros como estos (Figura 9).

No fue posible hacer una evaluación de la erosividad de la lluvia a través del año, debido a la carencia de información; no se encontraron todos los pluviogramas y en muchos casos era imposible determinar intensidades de precipitación debido a defectos en el funcionamiento del pluviógrafo.

La investigación tal como señalada, se realizó en 4 etapas, con un total de 37 observaciones registradas, distribuidas de la siguiente manera: nueve observaciones en la primera etapa, nueve en la segunda y diecinueve observaciones en la tercera etapa. No se realizó ninguna observación en la cuarta y última etapa, dadas las condiciones de precipitación en ese lapso considerado.

Fig. 9
Distribución Mensual de Precipitación en mm
año 1988, comparada con el Promedio de 22 años
(1967-1988) Estación Santa Rosa



Analizados los 37 eventos de precipitación, se observó que las lluvias presentaron un poder erosivo variable (Tabla 2).

Los datos registrados muestran que en la tercera etapa se produjeron las más altas precipitaciones, la primera y segunda fueron menos lluviosas, es decir que en el mes de noviembre la precipitación fue más abundante que en agosto, septiembre y octubre, lo cual es también aplicable a la erosividad de la precipitación, que se refleja en las mayores pérdidas de suelo ocurridas en la tercera etapa en las parcelas desprovistas de protección.

Particularmente en la primera etapa, el tres de septiembre de 1988, ocurrió un aguacero que registró 11.4 mm de precipitación, determinándose un EI_{30} de 30.53, tormenta de gran magnitud con una acción erosiva muy fuerte, la cual se vio favorecida dadas las condiciones imperantes en las parcelas para ese momento.

En la Figura 10 se puede observar una distribución porcentual del índice de erosividad (EI_{30}) para el periodo de investigación considerado, apreciándose una significativa concentración de este índice durante la tercera etapa del experimento (17 de octubre al 24 de noviembre); 56 % del porcentaje acumulado total para el periodo. La primera y segunda etapas concentraron 24 y 20 % del porcentaje acumulado total respectivamente.

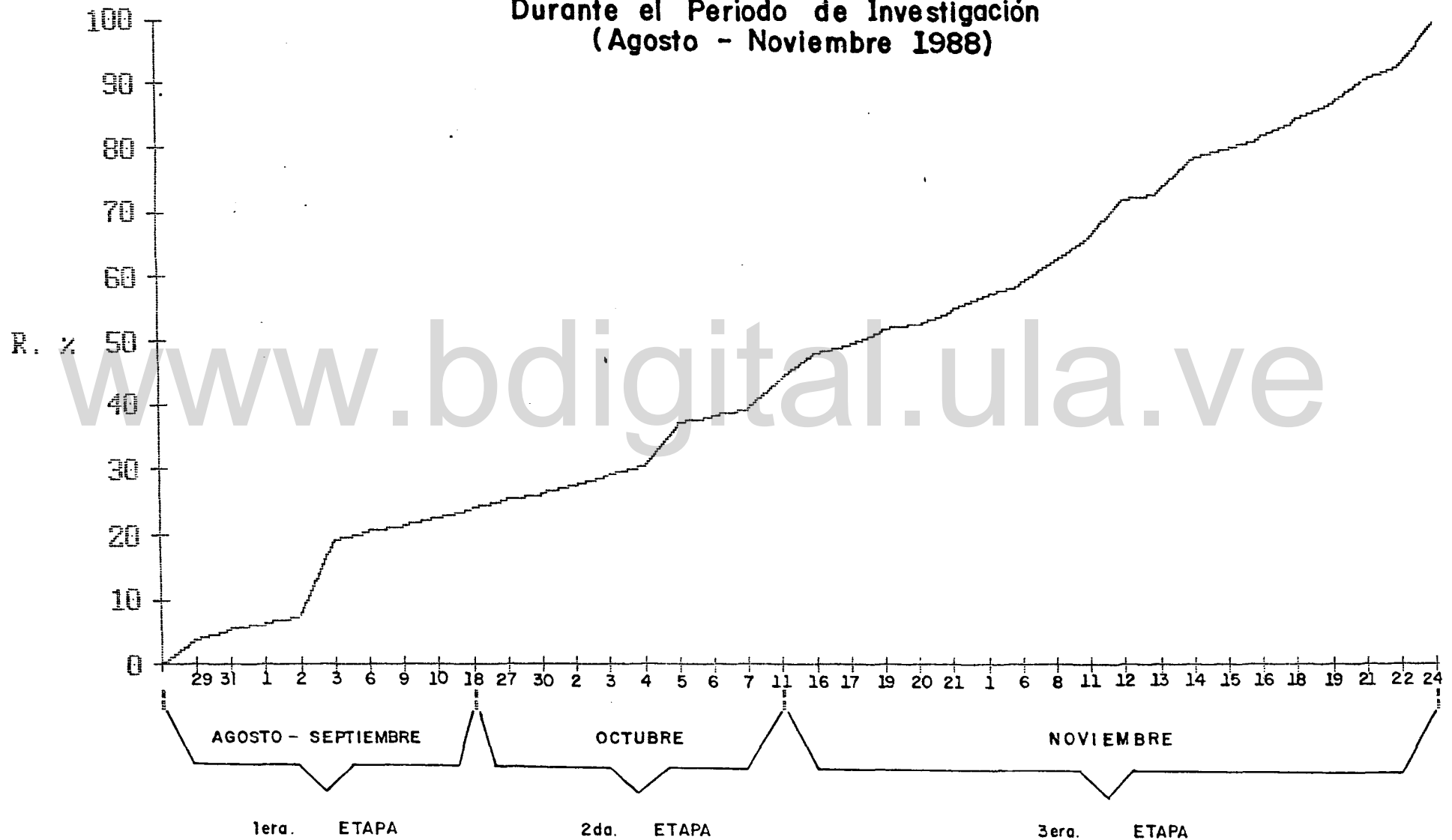
Tabla 2. Erosividad de los Eventos de Precipitación Importantes ocurridos por Etapas durante el Período de Investigación.

Etapas	Fecha	Precip. en mm	I ₃₀ mm/h	E 10 ³ j/ha	E I ₃₀ 10 ⁷ j.mm/ha.h
Primera	29-VIII	27,8	18,0	5.555,6	10,00
	31-VIII	22,3	11,0	4.275,7	4,70
	1-IX	11,9	7,2	2.117,8	1,52
	2-IX	11,2	12,2	2.263,1	2,76
	3-IX	51,4	26,0	11.744,2	30,53
	6-IX	22,1	9,2	3.763,3	3,46
	9-IX	12,2	9,0	1.858,6	1,67
	10-IX	18,6	9,8	3.452,2	3,39
	18-IX	16,0	11,0	3.088,0	3,40
Total		194,5			61,43
Segunda	27-IX	12,8	14,0	2.554,0	3,58
	30-IX	12,3	8,6	2.232,9	1,92
	2-X	13,9	13,0	2.572,6	3,34
	3-X	20,4	11,8	4.044,0	4,77
	4-X	12,6	16,4	2.527,0	4,14
	5-X	37,1	20,0	8.086,8	16,17
	6-X	20,1	8,0	3.464,1	2,77
	7-X	12,0	10,4	2.235,9	2,33
	11-X	30,3	17,6	6.541,4	11,51
Total		175,1			50,53

Continuación de la Tabla 2.

Etapas	Fecha	Precip. en mm	I30 mm/h	E 10 ³ j/ha	E I30 10 ⁷ j.mm/ha.h
	16-X	32,0	17,0	6.302,3	10,71
	17-X	13,4	11,2	2.720,1	3,05
	19-X	23,2	14,0	4.673,7	6,54
	20-X	20,6	7,0	3.603,0	2,52
	21-X	18,2	14,4	3.639,8	5,24
	1-XI	24,9	13,2	4.819,0	6,36
	6-XI	16,0	14,0	2.992,7	4,19
	8-XI	30,5	15,2	6.074,1	9,23
	11-XI	36,2	14,0	6.807,8	9,53
Tercera	12-XI	37,2	19,6	7.786,0	15,26
	13-XI	20,4	7,0	3.294,8	2,31
	14-XI	41,0	17,2	7.780,9	13,38
	15-XI	17,8	13,6	3.485,0	4,74
	16-XI	20,1	10,0	4.324,9	4,32
	18-XI	30,9	12,2	5.336,4	6,51
	19-XI	30,2	11,6	5.216,1	6,10
	21-XI	31,5	16,0	6.429,3	10,29
	22-XI	23,0	12,4	4.222,9	5,24
	24-XI	44,6	19,0	9.629,1	18,30
Total		511,6			143,82
Gran Total		881,2			255,78

**Fig. 10. Distribución Acumulada del Índice
De Erosividad de la Precipitación
Durante el Periodo de Investigación
(Agosto - Noviembre 1988)**



4.1.2. Efecto de los Tratamientos sobre las Variables Estudiadas. Análisis Estadístico.

Los resultados obtenidos a través de las mediciones en el campo y análisis de laboratorio para evaluar el efecto de las prácticas conservacionistas sobre la pérdida de suelo, escurrimiento y pérdida de elementos nutritivos, se presenta en relación a cada una de dichas variables, para posteriormente proceder a establecer las correlaciones existentes. Los valores promedios obtenidos por etapa y total se presentan en las Tablas 3, 4 y 5. Los valores obtenidos individualmente por replicación para cada evento de precipitación considerado y por etapa se presentan en las Tablas D1.1 al D1.37 de los apéndices.

Tabla 3. Volumen Total de Escorrimento en L/parcela y por Etapa para cada Tratamiento considerado en la Investigación.

Etapas	T r a t a m i e n t o s		
	Testigo	Cultivo en Contorno	Cultivo en Franjas
Primera	833,5	795,0	753,6
Segunda	627,8	44,2	46,7
Tercera	3.002,7	152,8	142,2
Total	4.464,0	992,0	942,5

Tabla 4. Pérdida de Suelo en kg/parcela, por Etapa para cada Tratamiento considerado en la Investigación.

Etapas	T r a t a m i e n t o s		
	Testigo	Cultivo en Contorno	Cultivo en Franjas
Primera	42,25	33,43	31,64
Segunda	37,39	0,33	0,24
Tercera	57,63	0,13	0,08
Total	137,27	33,89	31,96

Tablas 5. Pérdida de Elementos Nutritivos en kg/ha por Tratamiento y Etapas durante el Periodo de Investigación.

Etapas	T r a t a m i e n t o s								
	Testigo			Cultivo en Contorno			Cultivo en Franjas		
	M.O.	N	P	M.O.	N	P	M.O.	N	P
Primera	2.380	67	0,600	1.698	45,7	0,651	1.993	57,5	0,533
Segunda	1.598	71	1,070	-	-	-	-	-	-
Tercera	2.310	86	1,760	4	0,2	0,004	3	0,1	0,0024
Total	6.288	224	3,430	1702	45,9	0,655	1.996	57,6	0,5354

Como se indica anteriormente, la Tabla 3 muestra cifras de volúmenes de escurrimiento por etapas para cada tratamiento. Analizada dicha tabla, se observa que los datos reflejan muy bajos valores de escorrentia para los

tratamientos cultivo en franjas y cultivo en contorno, especialmente las etapas segunda y tercera en las cuales las obras conservacionistas comenzaron a dar resultado, ya que en la primera etapa por no estar bien definidos los surcos, el volumen de escurrimiento a menudo casi se comportaba como el testigo, el mismo que presentó mayor escurrimiento en la tercera etapa, seguido por la primera y luego la segunda etapa.

Por otra parte, la Tabla 4 presenta valores de pérdidas de suelo por etapas y tratamientos. Analizados dichos valores, se observa que el tratamiento testigo reportó mayor arrastre de sedimentos en la tercera etapa, luego en la primera y finalmente en la segunda. En relación a los tratamientos cultivo en contorno y en franjas, éstos presentan mayor pérdida de suelo en la primera, seguido por la segunda y tercera etapas. En las parcelas con los tratamientos, el escurrimiento y la pérdida de suelo disminuyeron considerablemente en las etapas segunda y tercera, debido a la acción positiva de las prácticas conservacionistas analizadas; en cambio en el testigo estas variables se comportaron de igual manera en las tres etapas.

La Tabla 5, muestra valores de pérdida de nutrientes, arrastrados en los sedimentos en kg/ha por etapas y por tratamiento, los cuales revelan que en el testigo la pérdida

de materia orgánica fue superior en la tercera etapa, luego le sigue la primera y finalmente la segunda. Los tratamientos cultivo en contorno y en franjas, presentan mayor pérdida de materia orgánica en la primera etapa y luego en la tercera. En lo referente al N, el testigo presenta mayor pérdida en las etapas primera, tercera y luego en la segunda en los dos tratamientos restantes la pérdida de este elemento fue superior en la primera etapa. Finalmente al hacer un análisis del comportamiento del elemento fósforo, se observa que en el tratamiento testigo la pérdida fue superior en la tercera etapa, le sigue la segunda y luego la primera etapa. En los tratamientos cultivo en contorno y cultivo en franjas la pérdida de este elemento fue mayor en la primera etapa y luego en la tercera. En la segunda etapa los dos últimos tratamientos no reportan pérdida de nutrientes, debido a que los sedimentos arrastrados fueron cantidades pequeñas que no eran suficientes para realizar los análisis químicos, por lo que se agregó a los sedimentos recolectados en la tercera etapa, en cada tratamiento, completando la muestra requerida para analizarlo.

El análisis de variancia practicado a los referidos valores (Tabla 6), resultó en diferencias altamente significativas, en cuanto al comportamiento de los tratamientos en su acción sobre las variables evaluadas dentro de cada etapa

considerada. Exceptuándose la pérdida de nutrientes, por acción del arrastre en los sedimentos, que para la primera etapa de la investigación resultó en diferencias no significativas.

Tabla 6. Valores de F Calculada para los Análisis de Variancia, en relación a los Tratamientos Practicados, de las Variables Esgurrimiento, Pérdida de Suelo y Nutrientes en Sedimentos por Etapas.

Etapas	Valores de F Calculada					
	Esgurrimiento		Pérdida de Suelo	Pérd. de Nutrientes		
				M.O	N	P
Primera	51.8 **		209.4 **	1.6 NS	2.5 NS	36 NS
Segunda	1.418.7 **		474.8 **	-	-	-
Tercera	2.797.0 **		703.6 **	193 **	1665**	93.8**
Período	4.707.0 **		580.2 **	-	-	-

En base a los resultados de los análisis estadísticos (Tablas C1 al C5.3 del apéndice) realizados en relación a los tratamintos evaluados, seguidamente se hace un comentario para cada una de las variables estudiadas:

4.1.2.1. Esgurrimiento.

Aún cuando la capacidad necesaria de los tanques para la recolección de esgurrimiento se calculó por el método racional modificado (CP - SARH, 1977) para estimar esgurrimientos con lluvias máximas en 24 horas, en cinco casos ocurrieron

derrames, procedentes de la recolección en las parcelas testigo. Ello fue debido a la intensidad y duración extraordinarias de las lluvias y porque los suelos estaban saturados por los constantes aguaceros.

Como se indica anteriormente, la Tabla 6 muestra los valores de F, calculados al realizar los Análisis de Variancia de la variable escurrimiento, por tratamientos, repeticiones y por etapas. Analizados dichos valores y comparados con los de F tabular, se observa que existen diferencias altamente significativas en cuanto a la producción de escurrimiento por tratamientos, encontrándose que el testigo ocupa el primer lugar, seguido por el cultivo en contorno y finalmente el cultivo en franjas, (Tabla 3).

Sin embargo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para esta variable (Tabla 7), demuestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos cultivos en contorno y en franjas.

Tabla 7. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escurrimiento.

Tratamientos	E	T	A	P	A	S
	Primera		Segunda		Tercera	
Testigo	A		A		A	
Cult. Contorno	B		B		B	
Cult. Franjas	C		B		B	

Nota: Las letras mayúsculas representan los grupos dentro de los cuales se ubican los tratamientos de acuerdo con el Análisis Estadístico para cada etapa en particular. Los tratamientos que comparten la misma letra no difieren estadísticamente, son estadísticamente iguales o no tienen diferencias significativas entre ellos.

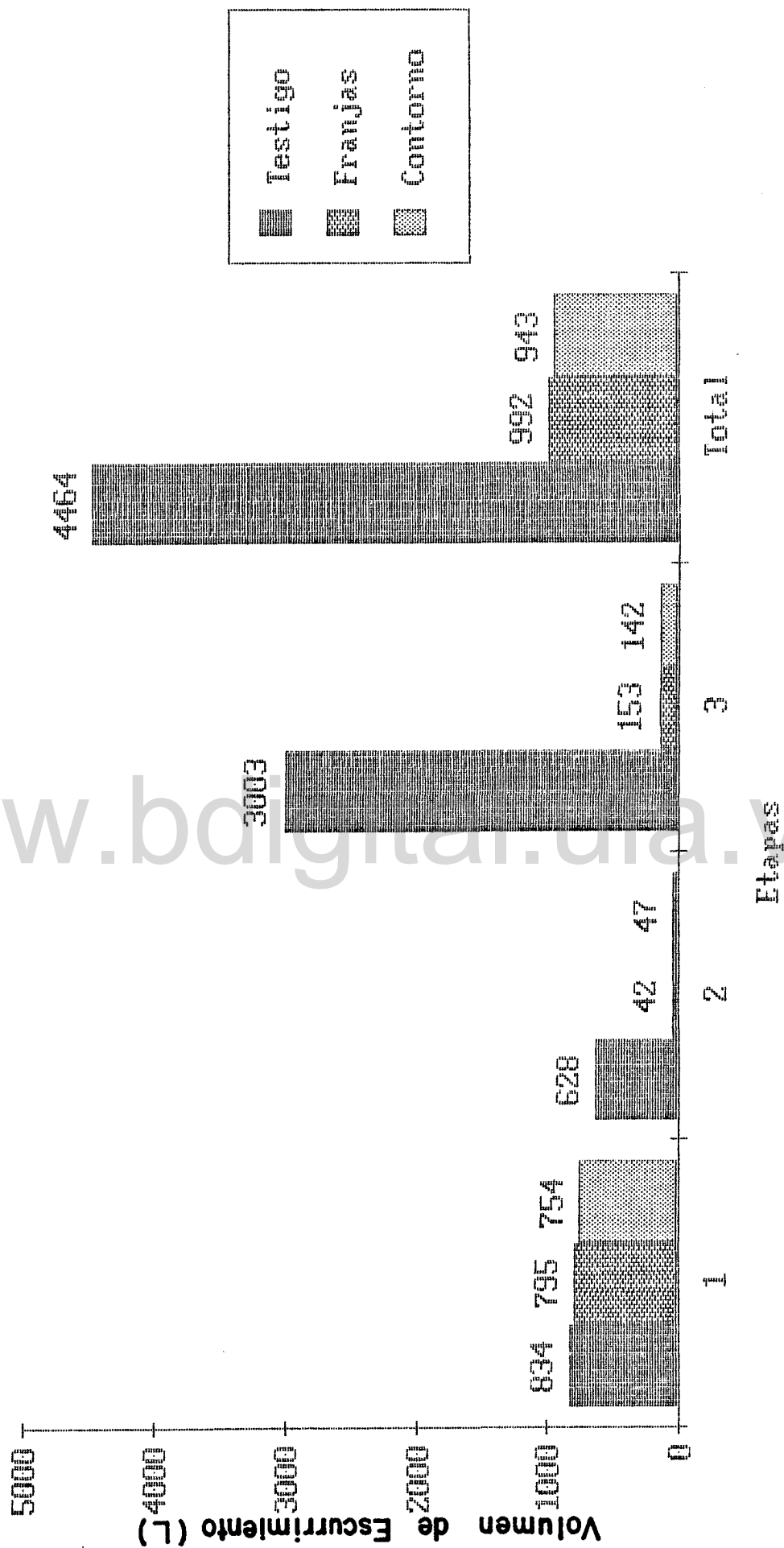
El escurrimiento total reportado para la parcela testigo, fue cuatro veces superior al de los tratamientos mencionados lo cual se observa claramente en la Figura 11.

4.1.2.2. Pérdida de Suelo.

La Tabla 6 muestra los valores de F , obtenidos al realizar el Análisis de Varianza para la variable dependiente pérdida de suelo por tratamiento y por etapas durante el período de investigación. Analizados dichos datos y comparados con los valores de F tabular al 5 y 1 %, se observa que existen diferencias significativas en pérdidas de suelo entre tratamientos.

En la Tabla 4 se ve claramente que el testigo reportó mayor

Fig. 11
Volumen de Escurrimiento en Litros por
Parcela, por Tratamientos y por Etapas



cantidad de sedimentos, seguido por el cultivo en contorno y luego el cultivo en franjas. Lo indicado anteriormente se refleja a continuación en la Figura 12.

Sin embargo la Prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 8), demuestra que la pérdida de suelo en los tratamientos cultivo en contorno y cultivo en franjas no difieren estadísticamente.

Tabla 8. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Suelo.

Tratamientos	E	T	A	P	A	S
	primera		Segunda			Tercera
Testigo	A		A		A	
Cult. Contorno	B		B		B	
Cult. Franjas	C		B		B	

Nota: Las letras mayúsculas representan los grupos dentro de los cuales se ubican los tratamientos de acuerdo con el Análisis Estadístico para cada etapa en particular. Los tratamientos que comparten la misma letra no difieren estadísticamente, son estadísticamente iguales o no tienen diferencias significativas entre ellos.

Por otra parte, los datos que se observan en la Figura 13 se obtuvieron al expresar en t/ha las pérdidas de suelo totales por parcela para cada tratamiento. Como se indica en dicha figura, los valores corresponden a la pérdida de suelo por cada tratamiento, los cuales reflejan que el testigo

Fig. 12
Pérdida de Suelo en kg/parcela por
Tratamientos y por Etapas

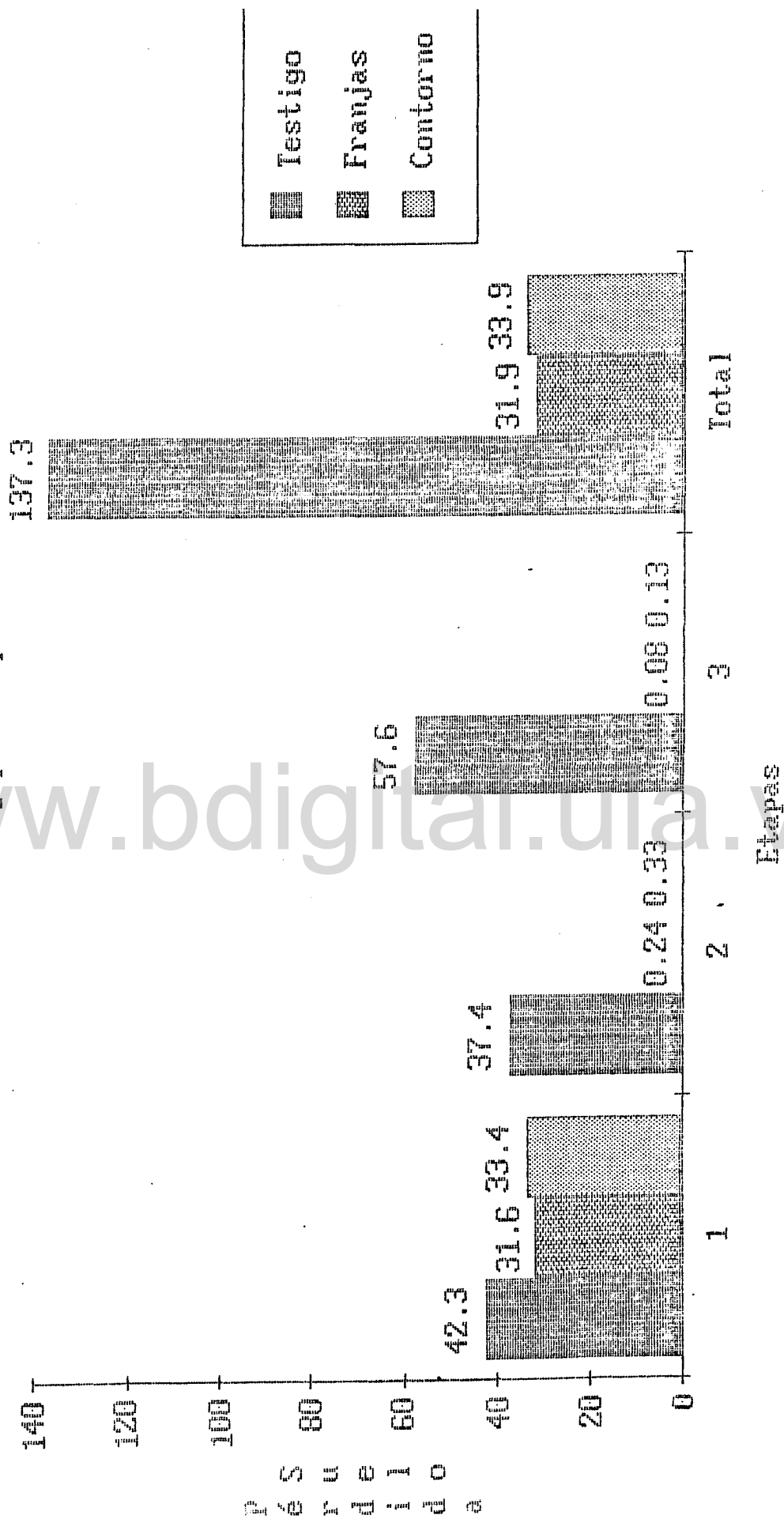
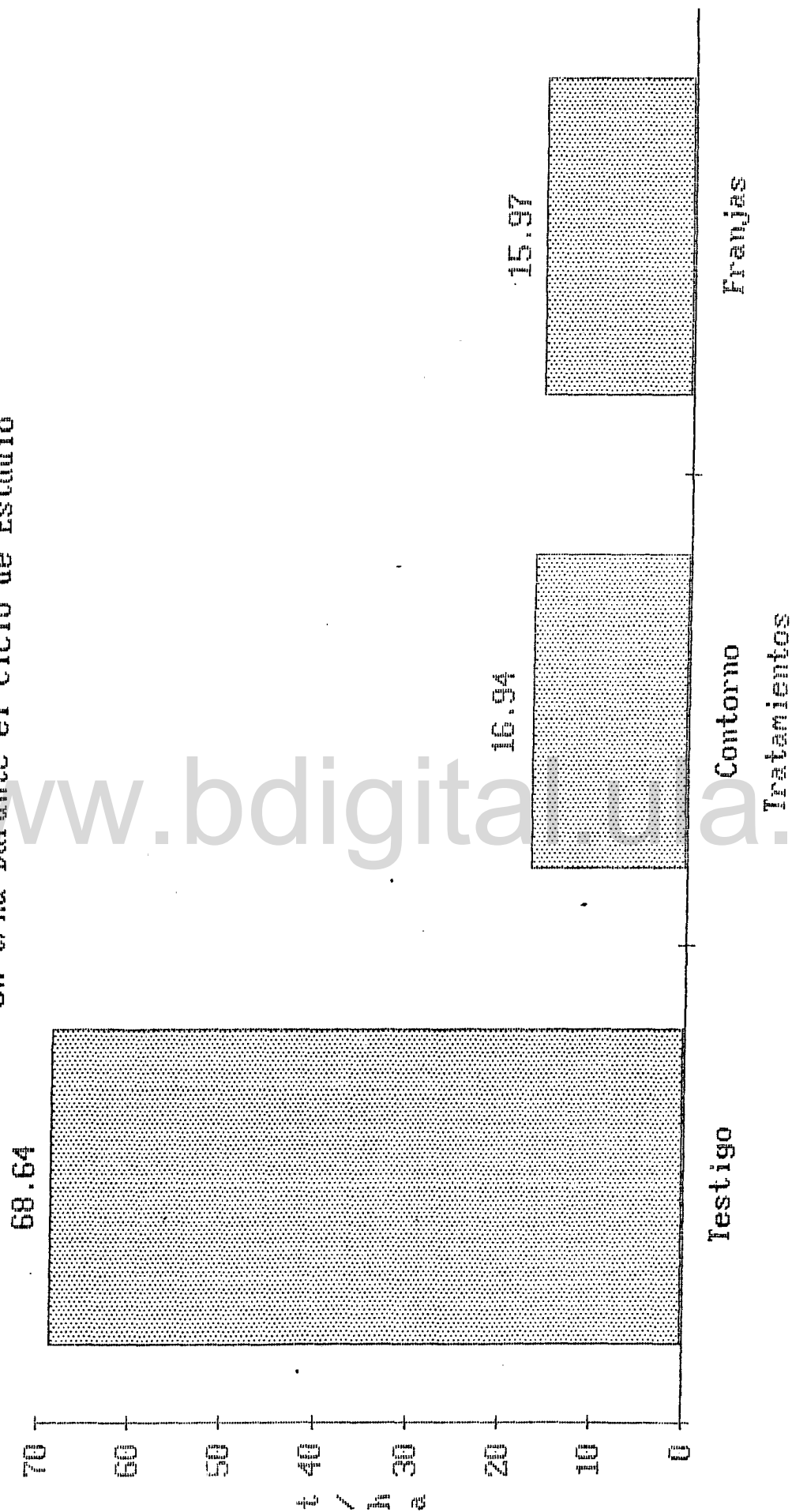


Fig. 13
Pérdida Total de Suelo Medido en el Campo
en t/ha Durante el Ciclo de Estudio



produjo valores tres veces superiores que los cultivos en contorno y en franjas. En cambio al relacionar estos dos últimos tratamientos, se observa que el primero reportó mayor pérdida de suelo. Al hacer una evaluación de la variación en las pérdidas de suelo en función de las prácticas conservacionistas cultivo en franjas, laboreo y siembra en contorno, confirmamos lo planteado al inicio de la investigación, es decir que dichas prácticas cortan el escurrimiento y facilitan la infiltración, contrarrestando la pérdida de suelo y el escurrimiento causados por la erosión y que a su vez contribuyen a disminuir la pérdida de su fertilidad.

Con el propósito de evaluar la forma o tipo de relación y o asociación que existe entre las variables escurrimiento y pérdida de suelo, se realizó el Análisis de Regresión Lineal Exponencial, Logarítmica y Potencial, para cada uno de los tratamientos, obteniendo los resultados que se presentan en las tablas C2.8, C2.8.1 y C2.8.2 del apéndice.

Analizados los valores correspondientes al testigo, se observó que la mejor correlación se presenta en la Regresión del tipo Potencial, ya que el coeficiente de correlación (r), indica que el 92 % de los valores obtenidos (pérdida de suelo), están asociados al volumen de escurrimiento. El coeficiente de determinación (r^2) indica que el 85 % de los

valores de pérdida de suelo dependen del volumen de escurrimiento.

En el caso del tratamiento cultivo en contorno, la mejor correlación se presenta en la Regresión del tipo Potencial, la cual muestra un coeficiente de correlación (r) de 0,7559 y un coeficiente de determinación (r^2) de 0,5713.

De igual manera para el cultivo en franjas, la mejor correlación se observa en la Regresión de la forma Potencial que presenta valores de 0,9583 y 0,9184 para los coeficientes de correlación (r) y de determinación (r^2) respectivamente, (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de los Coeficientes de Determinación, Correlación y Error Estandar de los Análisis de Regresión por Tratamientos, para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Escurrimiento.

Coeficientes	Tratamientos		
	Testigo	C. Contorno	C. Franjas
Determinación	0,85448	0,57134	0,91846
Correlación	0,92438	0,75587	0,95836
Error Estandar	0,56453	1,01335	0,44575

Con los mismos objetivos planteados anteriormente, también se realizaron los Análisis de Regresión para la variable pérdida de suelo en función de la erosividad de la lluvia, observándose que para los tres tratamientos la mejor

correlación se presenta en la Regresión del tipo Logarítmico (Tablas C2.9, C2.9.1 y C2.9.2 del apéndice), obteniendo para el coeficiente de correlación (r) los valores de: 0.9996233, 0.9606449 y 0.9863516 para los tratamientos testigo, cultivo en contorno y cultivo en franjas respectivamente y para el coeficiente de determinación (r^2) 0.9992468, 0.9228388 y 0.9728894, conforme se presenta en la Tabla 10. Con fines ilustrativos, la Figura 14 muestra la pérdida de suelo en kg/parcela en función de la erosividad de la precipitación.

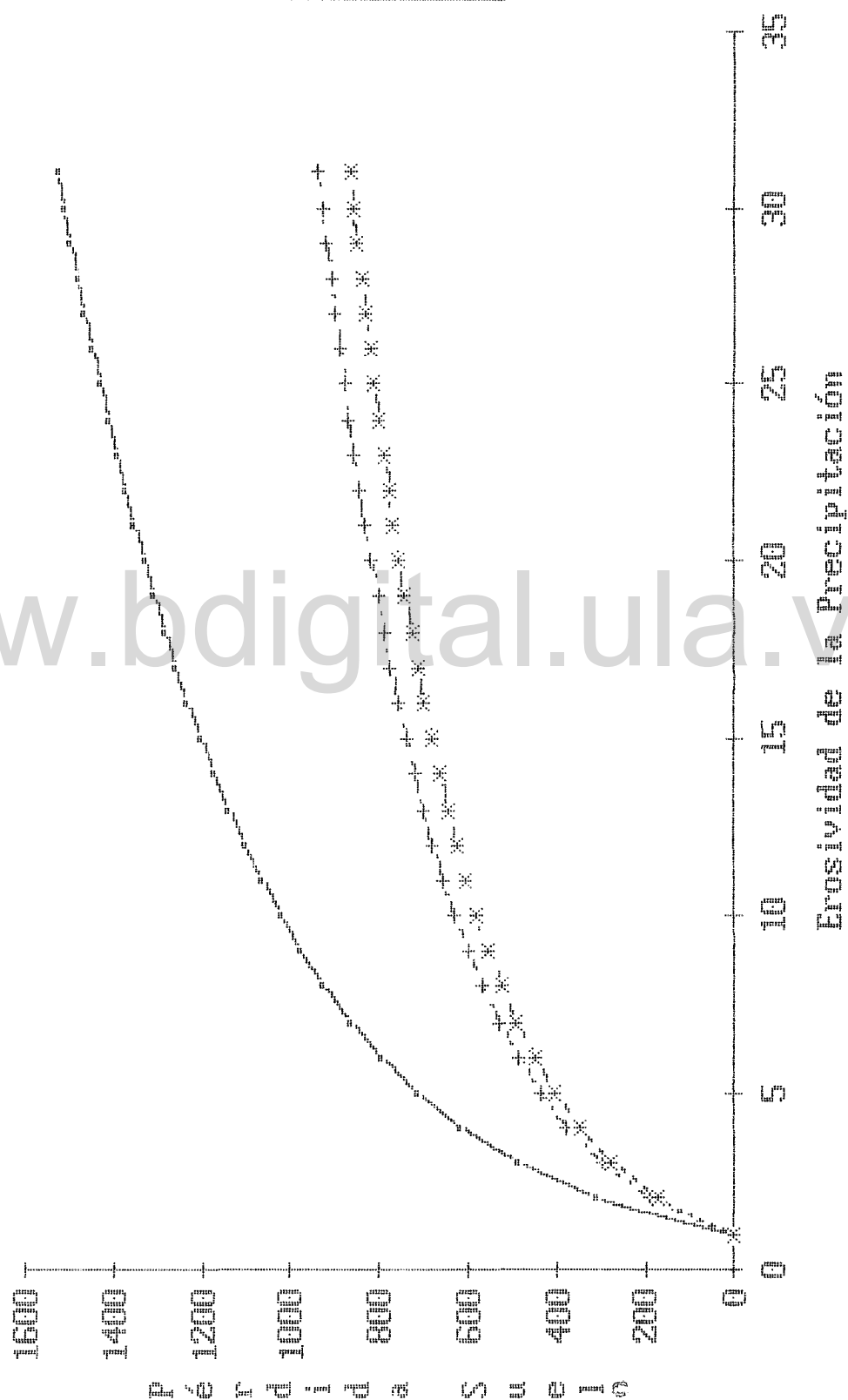
Tabla 10. Valores de los Coeficientes de Determinación, Correlación y Error Estandar de los Análisis de Regresión por Tratamientos, para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Índice de Erosividad de la Lluvia.

Coeficientes	Tratamientos		
	Testigo	C. Contorno	C. Franjas
Determinación	0,9992468	0,9228388	0,9728894
Correlación	0,9996233	0,9606449	0,9863516
Error Estandar	43.55456	241.9525	138.8713

4.1.2.3. Pérdida de Nutrientes Arrastrados en los Sedimentos

La Tabla 6 muestra los valores de F calculados, resultantes de los Análisis de Varianza de la variable dependiente pérdida de nutrientes arrastrados en los sedimentos. Analizados dichos valores y comparados con los de F tabular al 5 y 1 %, observamos que en la primera etapa no existen dife -

Fig.14
Pérdida de Suelo en kg/Parcela en Función
de la Erosividad de la Precipitación (EI)



rencias significativas entre tratamientos, lo contrario sucede en la tercera etapa, en la cual se nota claramente que las pérdidas de nutrientes difieren altamente entre tratamientos (Tabla 5). Al hacer una relación entre el comportamiento de los mismos, se observa que el testigo y el cultivo en franjas perdieron mayor cantidad de materia orgánica y nitrógeno, seguido por el cultivo en contorno. En cuanto al elemento P, el testigo presenta mayor pérdida, le sigue el tratamiento cultivo en contorno y luego el cultivo en franjas, lo cual se observa en las Figuras 15 y 16. No fue posible determinar pérdidas del elemento Potasio debido a que los equipos estuvieron dañados.

La prueba de Rango Múltiple de Duncan (Tabla 11), muestra que la pérdida de nutrientes en la primera etapa no difiere estadísticamente entre tratamientos. En cambio en la tercera etapa si, aunque las diferencias son con relación al testigo ya que entre el cultivo en contorno y el cultivo en franjas éstas no fueron significativas.

Fig. 15
Pérdida de Nitrógeno y Materia Orgánica
en kg/ha por Tratamiento

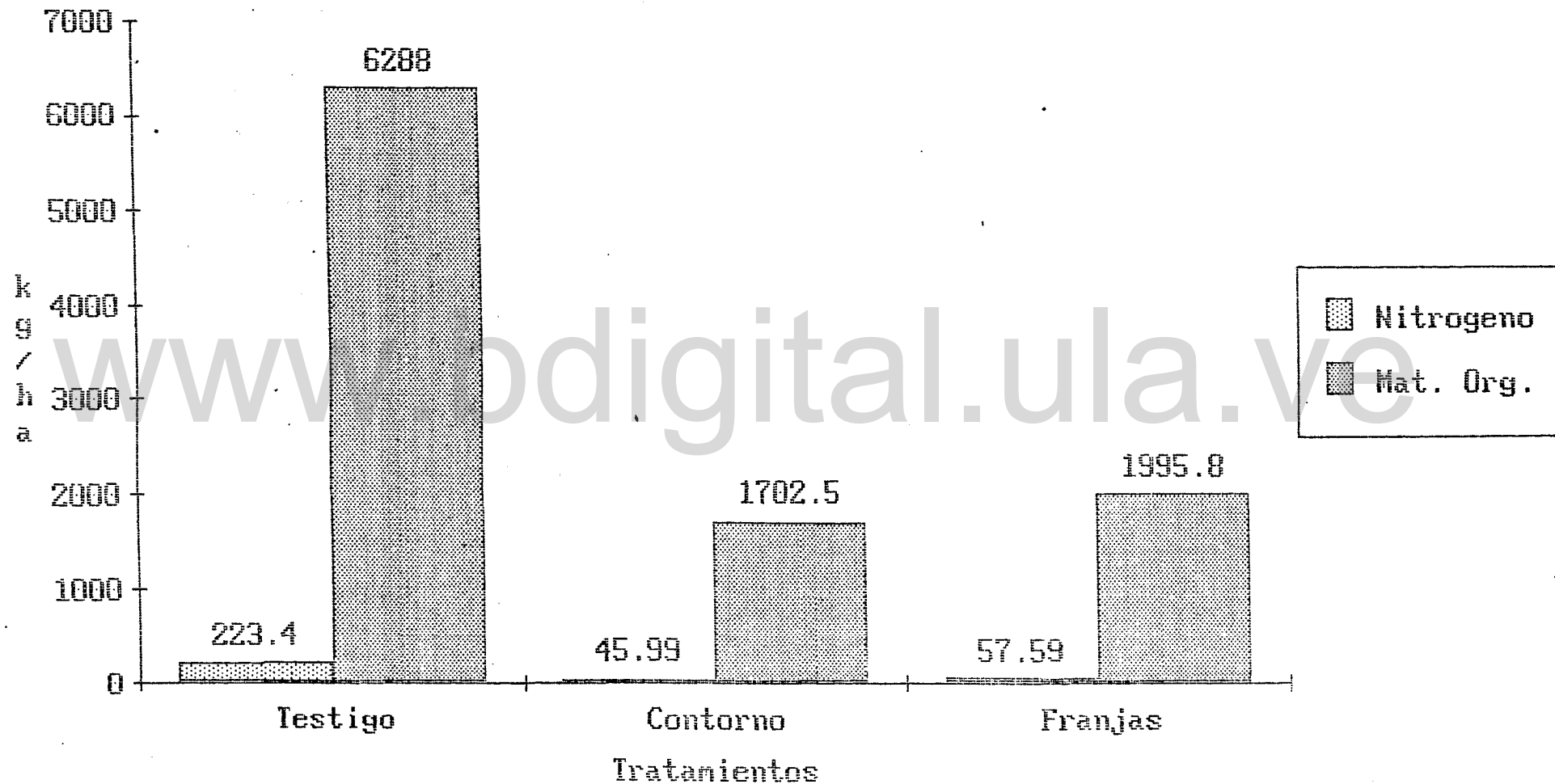


Fig. 16
Pérdida de Fósforo en kg/ha
por Tratamiento

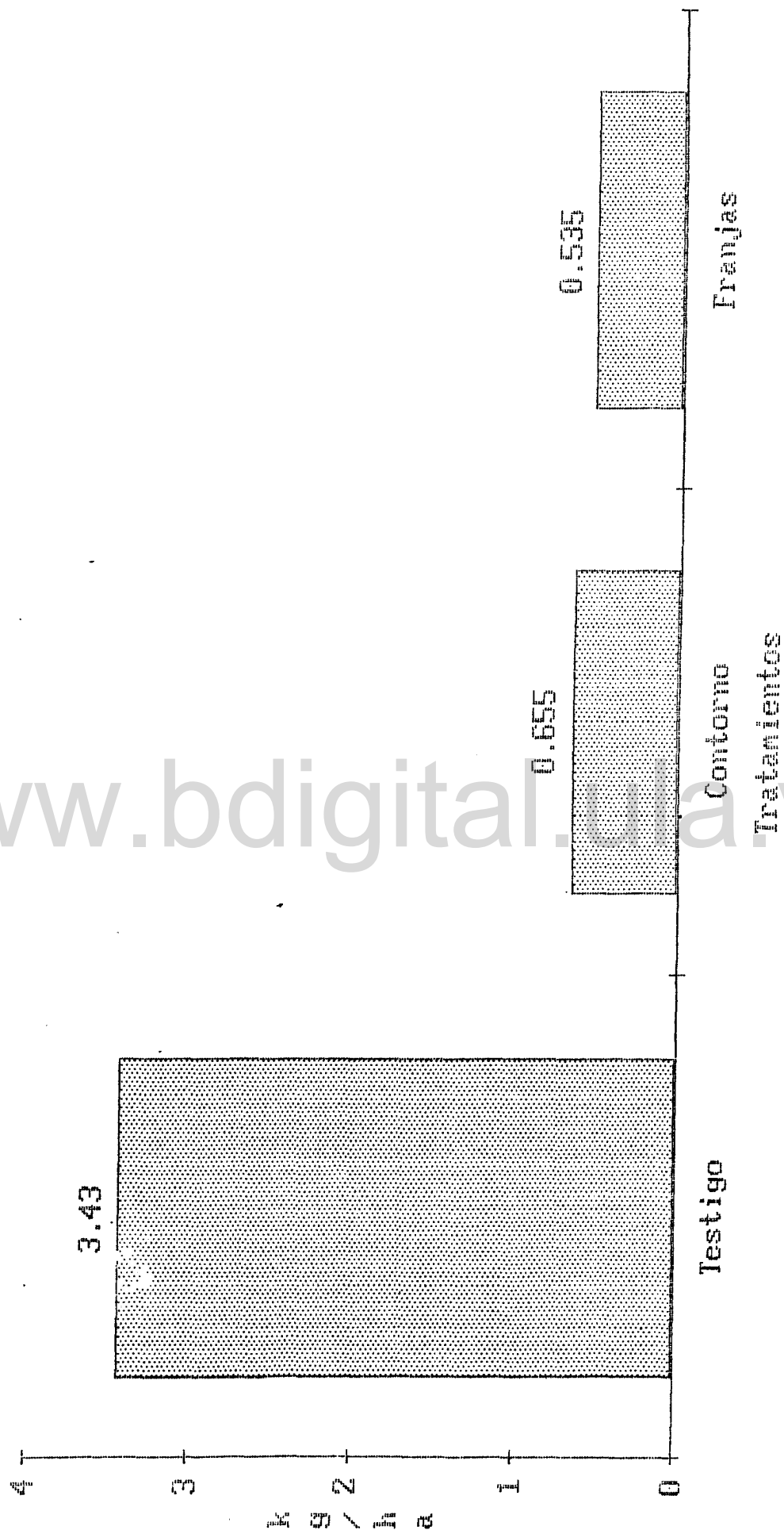


Tabla 11. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Nutrientes en Sedimentos.

Tratamientos	E t a p a s								
	Primera			Segunda			Tercera		
	M.O.	N	P	M.O.	N	P	M.O.	N	P
Testigo	A	A	A	-	-	-	A	A	A
Contorno	A	A	A	-	-	-	B	B	B
Franjas	A	A	A	-	-	-	B	B	B

Nota: Las letras mayúsculas representan los grupos dentro de los cuales se ubican los tratamientos de acuerdo con el Análisis Estadístico para cada etapa en particular. Los tratamientos que comparten la misma letra no difieren estadísticamente, son estadísticamente iguales o no tienen diferencias significativas entre ellos.

4.1.2.4 Rendimientos de Papa y Pasto.

Una vez que se cumplió el ciclo de crecimiento de los cultivos evaluados, el 24 - XI - 1.988 se realizó la cosecha de las papas así como del pasto, obteniendo los resultados, que se muestran en la Tabla 12. Como puede observarse, del total de producción de papas, el 6.5 % se dañó debido a las fuertes y constantes lluvias que durante la época de maduración se produjeron, y por la condición de almacenamiento y falta de drenaje superficial ocasionado por las prácticas, la delimitación y superficie de las parcelas tal como fueron evaluadas en este experimento.

Tabla 12. Producción de Papas y Pasto en kg/parcela, por Tratamientos y Repeticiones.

Trata- mientos	Repeti- ciones	Producción por Parcela (kg)					
		Papa				Pasto	
		Buena	Dañada	Total	Prom.	Total	Prom.
Contor- no	1	45	3	48	47		-
	2	39	5	44			
	3	47	2	49			
Franjas	1	24	0.5	24.5	29	31	31.3
	2	39	0.3	39,3		31	
	3	19	4.2	23,2		32	

De igual manera la Tabla 12 presenta valores de rendimiento total de papas y pasto por tratamiento y repeticiones notándose que las repeticiones 1 y 3 de la práctica cultivo en contorno se comportaron casi igual, lo que no sucedió con la 2, debido a que esta parcela fue atacada por la enfermedad conocida comunmente como lancha o quemazón de la papa (*Phytophthora infestans*).

También puede observarse en la misma tabla que, la repetición 2 del cultivo en franjas presentó mayor producción que la 1 y 3, debido a que estas 2 parcelas también fueron atacadas por dicha enfermedad; notándose además, que el rendimiento de la repetición 3 fue descompensada por una fracción mayor de los tubérculos dañados por exceso de humedad.

En relación al pasto, la producción fue similar en las tres repeticiones (Tabla 12).

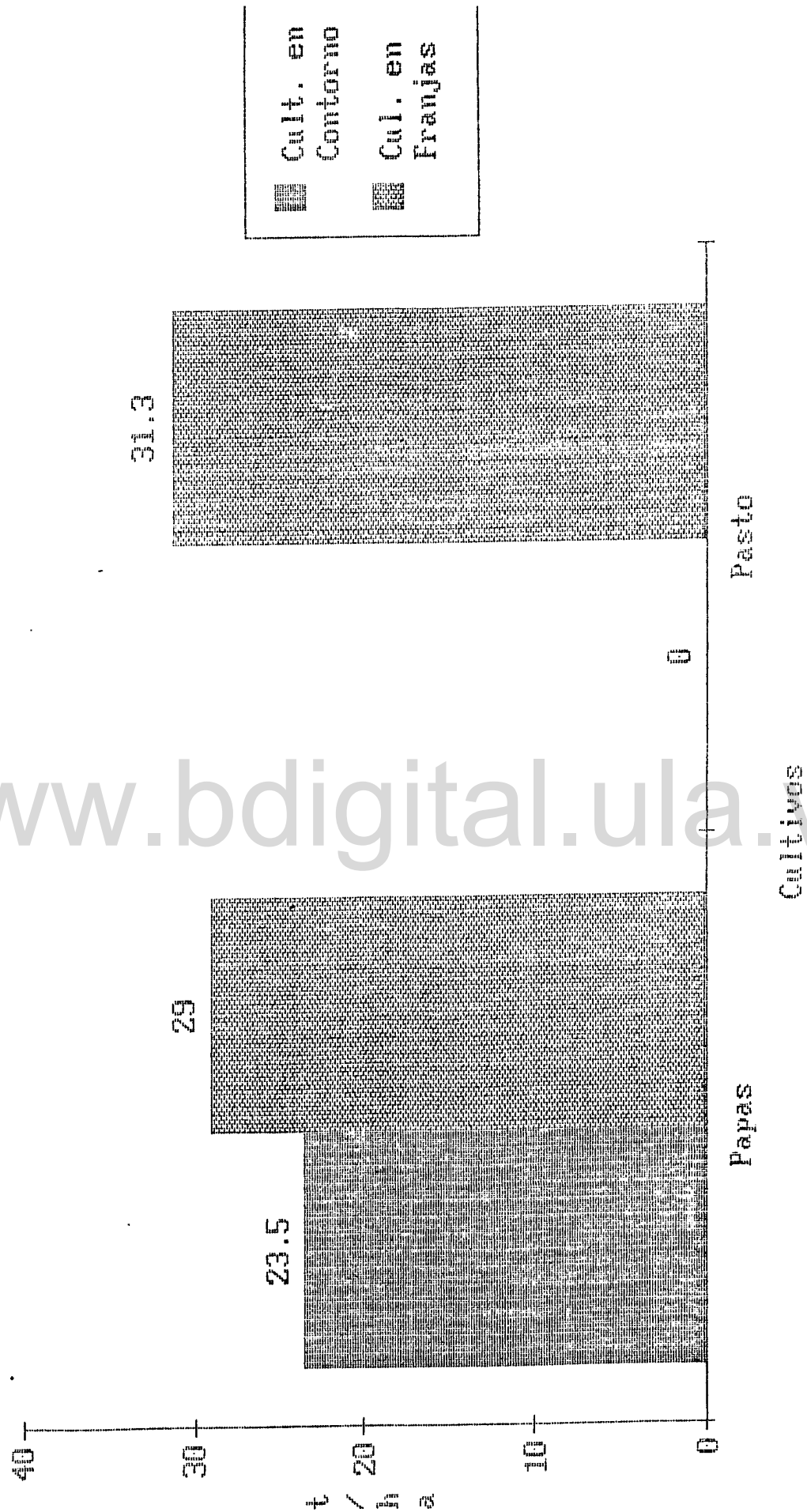
Al hacer una evaluación del rendimiento total de papa y pasto en t/ha (Tabla 13), se observa que el tratamiento cultivo en contorno presenta una producción de papa de 23,5 t/ha y el cultivo en franjas 29,0 y 31,3 t/ha de papa y pasto respectivamente, concluyendo que el cultivo en franjas fue el que mayor rendimiento reportó; relación que se presenta en la Figura 17.

Tabla 13. Rendimiento total de Papa y Pasto (material verde) en t/ha por Tratamientos.

Tratamientos	R e n d i m i e n t o (t/ha)	
	P a p a	P a s t o
Cultivo en Contorno	2 3, 5	-
Cultivo en Franjas	2 9, 0	3 1, 3

Observación: Los valores reportados en la Tabla 13 y Figura 17, se refieren a la productividad del cultivo sin considerar el uso más intensivo de la tierra por el tratamiento cultivo en contorno, el cual aún reportando menor productividad logra una mayor producción por unidad de superficie explotada ya que toda la tierra estaba bajo

Fig. 17
Productividad de Papas y Pasto en t/ha



cultivo de papa, no así el cultivo en franjas en la cual la tierra se encuentra en un 50 % bajo pasto.

4.1.3. Estimación de la Pérdida de Suelo a través de la EUPS, Determinación de los Factores.

4.1.3.1. Factor R

La Tabla 2 ya discutida, muestra los valores del E_{l30} obtenidos por evento de precipitación y por etapas, durante el período de investigación. El valor determinado para el índice de erosividad de la precipitación para este período fue de $255,78 \times 10^7 \text{ j.mm/ha.h}$. Su distribución acumulada para dicho período se presentó en la Figura 10, valor que es utilizado más adelante en la determinación de los factores CP para las prácticas evaluadas.

4.1.3.2. Factor K.

El valor obtenido para el factor erosionabilidad del suelo, a través de las mediciones en el campo y aplicando la ecuación propuesta por Wischmeier y Smith (1978), fue de 0,40 y 0,45 respectivamente, expresado en unidades del sistema métrico ($\frac{t}{ha} \frac{h}{10^7 \text{ j.mm}}$). Suelos con estos valores para el factor K son calificados como fuertemente erosionable (Goujon et al., 1977; citado por López, 1988). En este punto es conveniente mencionar que las pruebas de estabilidad de agregados al agua realizados a este suelo

(Tabla A5 del apéndice) evidencia una condición de degradación estructural que repercute haciendo estos suelos más susceptibles a la erosión. La Tabla D2 del apéndice muestra la determinación del factor K para el suelo bajo estudio.

4.1.3.3. Factor LS.

Para las parcelas experimentales, caracterizadas por longitud de pendiente de 10 m e inclinación del 9 %, se obtuvo un factor LS de 0,67, cuyo cálculo se muestra en la Tabla D3 del apéndice.

4.1.3.4. Factores CP.

Los valores del factor CP obtenidos para los cultivos en franjas y en contorno (Tablas D4 y D5 del apéndice) fueron 0,182 y 0,193 respectivamente. La interpretación de estos valores sugiere que el tratamiento cultivo en franjas actuó con mayor efectividad al controlar las pérdidas de suelo por la erosión hídrica.

Es necesario aclarar que, al ajustarse este experimento a las prácticas de manejo de cultivo común en la zona, el establecimiento de surcos perpendiculares a la pendiente no se hizo sino hasta el momento del aporque y deshierbe, lo cual sucedió al inicio de la segunda etapa. Fue a partir de

ese momento cuando comienzan a surtir un mayor efecto las prácticas consideradas. Ello explica el hecho de que en la primera etapa la pérdida de suelo fue muy similar en todos los tratamientos incluyendo el testigo.

4.1.4. La pérdida de suelo Estimada mediante el uso de la EUPS y su Comparación con los Valores Medidos en el Campo.

Con los valores determinados para cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, se procedió a hacer un estimado de las pérdidas por tratamiento considerado (Tabla D6 del apéndice), por etapas y el total para el período de investigación.

La Tabla 14. Presenta las cantidades de pérdida de suelo medidas directamente en el campo y aquellas estimadas a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por etapas, tanto para el tratamiento testigo como para el cultivo en franjas y el cultivo en contorno. Analizados dichos datos se observa que las cantidades de pérdida de suelo obtenidas por las dos formas se aproximan, particularmente en los totales, debido a que las condiciones del área donde se realizaron los experimentos son apropiadas para la aplicación de la mencionada Ecuación.

Tabla 14. Comparación de los Valores de Pérdida de Suelo, Estimados a través de la EUPS y aquellos Medidos en el Campo.

Etapas	Pérdidas de Suelo (t/ha)					
	Tratamientos					
	Testigo		C. Contorno		C. Franjas	
	Est.	Med.	Est.	Med.	Est.	Med.
Primera	16,46	21,13	13,02	16,72	12,33	15,82
Segunda	13,54	18,70	0,12	0,17	0,09	0,12
Tercera	38,54	28,82	0,09	0,07	0,05	0,04
Total	68,54	68,65	13,23	16,96	12,47	15,98

4.2. Discusión de Resultados.

De los resultados obtenidos en la investigación se deriva una serie de comentarios cuya intensión es la de interpretar la información recabada dándoles una expresión cualitativa de acuerdo a su significación:

Al hacer un análisis de la precipitación, observamos que en general fueron pocas las lluvias con alta intensidad, pero se presentaron en periodos cortos consecuentemente causaron una mayor actividad erosiva en los suelos, debido al incremento del tamaño, la velocidad de caída y la energía cinética de las gotas de agua. De igual manera se presentaron lluvias de baja intensidad que ocurrieron en

periodos más largos por lo tanto su acción erosiva disminuyó así como las características de las gotas antes señaladas.

En relación al escurrimiento y pérdida de suelo, los tratamientos cultivo en franjas y cultivo en contorno presentan bajos valores, comparados con los del testigo, debido a la acción positiva de las prácticas conservacionistas las mismas que cortan el escurrimiento y facilitan la infiltración, contrarrestando la pérdida de suelo y el escurrimiento causados por la erosión y que a su vez contribuyen a disminuir la pérdida de su fertilidad.

Los análisis estadísticos muestran que existen diferencias en la pérdida de suelo, escurrimiento y pérdida de nutrientes entre tratamientos, excepto entre el cultivo en franjas y cultivo en contorno los cuales a menudo se comportan igual. El Análisis de Regresión realizado para la variable pérdida de suelo en función de E_{30} revela que existe un alto grado de asociación entre estas 2 variables, particularmente en el tratamiento testigo ya que en los dos tratamientos restantes las obras conservacionistas influenciaron positivamente en la disminución de pérdida de suelo por acción de la erosión hídrica.

De igual manera la pérdida de nutrientes por arrastre en los sedimentos fue superior en el testigo, sin duda alguna

por la mayor cantidad de suelo erosionado, comprobándose que es directamente proporcional.

Por otra parte, el rendimiento de papa fue superior en el tratamiento cultivo en franjas que en el cultivo en contorno, debido a que las franjas de pasto sirvieron de drenaje superficial, no permitiendo el almacenamiento del exceso de agua que fue perjudicial para el crecimiento normal del cultivo de papa.

En lo referente a las cantidades de pérdida de suelo medidas directamente en el campo y aquellas estimadas a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, se observa que los valores totales se aproximan, particularmente en el testigo, debido a que las condiciones del área donde se realizaron los experimentos fueron óptimas y estaban acorde a las especificaciones técnicas requeridas para la determinación de los factores componentes de la mencionada ecuación. En los tratamientos cultivos en contorno y en franjas existe una diferencia del 22 % entre los valores de pérdida de suelo estimados y aquellos medidos en el campo.

Finalmente, la cantidad elevada de pérdida de suelo reportada para la parcela testigo puede ser debido, a parte de la falta de cobertura y prácticas, a que son suelos fuertemente erosionables (factor $K = 0,40 - 0,45$), que han sido sometidos

dos a un constante laboreo desde años atrás, lo que los ha llevado a una condición de degradación de su estructura que precisa de prácticas de mejoramiento y conservación.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

De conformidad a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones:

De acuerdo a las observaciones obtenidas en la experimentación, los lotes de escurrimiento constituyen una metodología muy confiable para determinar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica. Sus dimensiones dependerán de la zona o región donde se realice el estudio así como de los objetivos que persigue el investigador.

La erosión causada por el impacto de las gotas de lluvia o erosión pluvial, es la que más daño causa en las parcelas testigo. Por tener éstas una pendiente del 9 % el arrastre no fue tan serio, pero si hubiera sido una pendiente mayor el efecto de éste sería la causa de una erosión grave en pendientes cortas.

De igual manera en las mismas parcelas, se notó que el impacto de las gotas de lluvia produjo encostramiento superficial, lo cual fue consecuencia de la disminución en las tasas de infiltración y el consiguiente aumento en el

volumen y velocidad del escurrimiento.

El salpicamiento por el impacto de las gotas de lluvia se vió favorecido por la condición de inestabilidad estructural del suelo por efectos del continuo laboreo y explotación de cultivos, régimen bajo el cual se encuentran los suelos.

Debido a la frecuencia con que las lluvias se presentaron y como resultado de la saturación del suelo, el escurrimiento producido dió lugar al arrastre de suelo, particularmente desarrollándose el proceso bajo el patrón de erosión laminar. Dado que se trata de un suelo pedregoso, en la medida que el suelo era arrastrado la grava y fragmentos de roca quedaron en la superficie protegiendo montículos de suelo subyacente y dándole al suelo el característico aspecto de "pavimento de desierto".

En las parcelas con los tratamientos especiales de conservación, se notó claramente el impedimento al salpicamiento, debido a la protección que brindó la cobertura vegetal de los cultivos; a partir de la segunda etapa de la investigación, protección complementada por la acción de las prácticas de cultivo en franjas y en contorno, las cuales actuaron facilitando la infiltración y cortando el escurrimiento superficial.

En la segunda y tercera etapas, las prácticas

conservacionistas analizadas como una protección del suelo ante el agente erosivo, se comportaron con igual eficiencia, aunque cuantitativamente el cultivo en franjas presentó menor pérdida de suelo, siendo su diferencia tres veces más que la reportada por el testigo. En la primera etapa el comportamiento de los tratamientos casi fue similar.

La cantidad de pérdida de suelo en la parcela testigo fue de un 76 % más que en las parcelas con los tratamientos mencionados. Al hacer un análisis del comportamiento de los tratamientos cultivo en franjas y cultivo en contorno, se observó que el primero produjo menor pérdida de suelo, aún cuando sin llegar a establecerse diferencias significativas.

En relación a la productividad, el tratamiento cultivo en franjas fue el que reportó mayor rendimiento en producción; a pesar de que la producción total por unidad de superficie afectada por la práctica, reporta una producción neta de papas menor, ya que la mitad del área es ocupada por pasto.

El alto contenido de materia orgánica que reporta los resultados de los análisis químicos y otras características físicas favorables, contribuyeron a que los niveles de erosión registrados no fuesen más graves que lo observado, aún considerando la condición de degradación estructural del suelo estudiado. Esto también puede atribuirse al tamaño de

las parcelas (10 m de largo por 2 m de ancho), y la pendiente (9 %), las que no permitieron que la erosión por arrastre se manifieste en toda su amplitud.

Finalmente se concluye que la pérdida de suelo en la parcela testigo está en función directa del volumen de escurrimiento producido en los lotes estudiados, lo que no ocurre en los tratamientos cultivo en franjas y cultivo en contorno; prácticas conservacionistas que cortan el escurrimiento superficial y facilitan la infiltración del agua, consecuentemente disminuyen la pérdida de suelo, el escurrimiento y la pérdida de nutrientes arrastrados en los sedimentos.

5.2. Recomendaciones.

En razón de que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo "EUPS" se ha constituido en el método de uso más generalizado para la predicción y/o estimación de pérdida de suelo y para cuyo efecto se requiere de información referente a los factores componentes, se recomienda seguir realizando estudios semejantes, enfocando el fenómeno en otros aspectos, con el fin de crear un banco de datos acorde a nuestra realidad y no estar extrapolando información de otros países.

Complementar la información del presente trabajo, con

otras investigaciones con fines más específicos sobre pérdida de productividad y evaluación económica de la misma, que demuestren cuantitativamente cuán grave es el problema y cuánto se pierde.

En lo referente a la metodología se recomienda algunas modificaciones:

- a. Ejecutar las obras conservacionistas, desde el inicio de la investigación, con el fin de obtener resultados fiables.
- b. Aumentar el tamaño de las parcelas con el fin de que el ancho y longitud de las franjas sean más representativas.
- c. Aumentar el número de repeticiones, con el propósito de disminuir el error experimental.
- d. Ampliar el periodo de observaciones.
- e. Revisar el diseño o a su vez incrementar el número de dispositivos captadores de agua, con el fin de evitar en lo posible pérdidas del volumen escurrido en lluvias pico.
- f. Realizar análisis químicos de muestras de los sedimentos y la esorrentia, con el fin de evaluar la pérdida de elementos nutritivos ocurrida.

g. Con el propósito de facilitar el cálculo de los valores del factor Precipitación y Escorrentía "R", se recomienda usar en lo posible bandas horarias para los registros de las lluvias en el pluviógrafo.

Por otra parte es necesario dejar en claro, que el tamaño de las parcelas utilizadas en la investigación para determinar los valores del factor P, no son las recomendables; ya que una serie de limitaciones que se presentaron en la selección del sitio así como en la implementación de las mismas, no permitieron cumplir con las especificaciones técnicas requeridas; por lo que en próximas investigaciones se recomienda aplicar la metodología propuesta por Mutchler et al., (1988).

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E A

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SITIO DONDE

SE REALIZO LA INVESTIGACION

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E A1

ANALISIS QUIMICO PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE FERTILIDAD
Y LA PERDIDA DE ELEMENTOS NUTRITIVOS

Tabla A1. Análisis Químicos realizados para la determinación del Factor "K" y los niveles de fertilidad de los suelos.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
SECCION DE SUELOS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA

Finca: Estación Experimental Santa Rosa
Propietario: V.T.A.
Ubicación: Dto. Libertador Edo. Yérida
Ingreso al Laboratorio 28/6/88
Salida del Laboratorio 29/9/88
Cultivo: Faja y Pasto (Fikuvro)
Interesado: Oscar Montes de Oca

RESULTADOS DE LABORATORIO

No.	Profundidad c. m.	Especificación	Esqueleto Grueso > 2 mm.	TEXTURA			Clase Textural	PH 1:2	C.O. %	N %	C/N	P p.p.m.	K p.p.m.	Mg. p.p.m.	Na p.p.m.	Ca p.p.m.	C.I.C.	Requerimiento cal T/HA.	Conduc. tubilidad -5 MHOS X 10	Otros
				o %	L %	A %														
22001	0-50	Nº 1	—	47,60	26,40	26,00	FAe	5,70	5,88	394	14,9	44	234							

OBSERVACIONES: Plasticidad: Moderada

C.O. = Walkley-Black N = Micro-Kjeldhal

P = Olsen K = Cambiable extraído con Acetato

de Amonio IN pH 7

Tabla A1.1. Resultados de los Análisis Químicos realizados a diferentes muestras de un kg de suelo, con el fin de determinar la Pérdida de Nutrientes por Etapas en cada uno de los Tratamientos considerados.

Etapas	T r a t a m i e n t o s								
	Testigo			Cultivo en Contorno			Cultivo en Franjas		
	% N	% CO	ppm P	% N	% CO	ppm P	% N	% CO	ppm P
Segunda	.318	6.57	29	.273	5.9	39	.363	7.3	34
Tercera	.380	6.10	57	-	-	-	-	-	-
Cuarta	.299	4.45	61	.245	3.7	64	.223	3.7	61
TOTAL	.997	17.1	147	.520	9.6	103	.590	11.0	95

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E A2

ANALISIS FISICO PARA DETERMINAR LA TEXTURA Y ESTRUCTURA DEL
SUELO

Tabla A2. Análisis Físico para determinar el Factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
SECCION DE SUELOS
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA

Finca: Estación Experimental Santa Rosa
Propietario: P. I. A.
Ubicación: Dto. Libertador Edo. Mérida
Ingreso al Laboratorio 28/6/88
Salida del Laboratorio 29/9/88
Cultivo: Faja y Pasto (Eikuro)
Interesado: Cesar Montes de Oca

RESULTADOS DE LABORATORIO

% de Limo + Arena muy Fina (0.002 a 0.1 mm)	34.52
% de Arena Fina a muy Gruesa (0.10 a 2 mm)	39.48
Permeabilidad	Moderada
Estructura = Media a Gruesa Granular	

A P E N D I C E A3

DESCRIPCION DEL PERFIL TIPICO DEL SUELO CORRESPONDIENTE AL
AREA DONDE SE REALIZO EL ENSAYO

Tabla A 3. Descripción del Perfil Típico (Romero, 1989)

Describió: E. Romero C.

Fecha: 10 - 11 - 78

Localización: Estación Experimental Santa Rosa. IIAF. - ULA.

Altitud: 2.100 msnm.

Clima: Ew"i

Zona de Vida: Bosque Húmedo Premontano

Vegetación: Selva Estacional Montaña, fuertemente intervenida, producto del gran uso agrícola que se le ha dado por muchos años.

Geomorfología: Cono Terraza T₂

Material Basal: Sedimentos Cuaternarios, coluvio y cantos, integrados por areniscas, gneis y granitos.

Forma del terreno y ubicación del perfil: Ligeramente inclinado, alta y convexa.

Pendiente: 3 - 7 %

Drenaje: Bien drenado.

Nivel freático: No presente.

Erosión: Laminar muy ligera.

Profundidad Efectiva: 30 cm (muy superficial).

Taxonomía: Humitropets Típico, esquelético franco, mixto, isotérmico.

Observaciones:

El perfil presenta un horizonte ámbrico, desarrollo estructural claramente definido en los primeros 60 cm, no hay reacción al HCl, habiendo reacción fuerte al NH₄F. Su

profundidad efectiva es de 30 cm aproximadamente, limitante de la profundidad la alta pedregosidad. Los fragmentos gruesos son abundantes, alcanzando el límite de esquelético a través del solum.

El análisis de algunas rocas seleccionadas en base a su abundancia, revela el origen metamórfico, + constituido básicamente por: areniscas, gneis e igneo). El origen coluvial se evidencia por: desgaste del material muy pobre, hay angulosidad muy marcada, lo que nos indica que el transporte ha sido corto y rápido. La gran heterometría es también índice evidente de la dinámica predominante, de las corrientes de agua que han depositado el material o de la intervención de otros mecanismos productores de poco desgaste (solifluxión).

Tabla A 4. Descripción del Perfil.

0 - 26	Marrón oscuro 7,5 YR 4/2 (S) y marrón muy oscuro (AH) 10 YR 2/2 (H) franco con grava (10 - 15 %); bloques subangulares, muy fino a fino, moderado desarrollo; dura y muy friable, ligeramente pegajoso y plástico; poros abundantes, finos a medianos, exped; raíces abundantes, finas; microorganismos abundantes (bachachos, hormigas, lombrices); no hay reacción al HCl, reacción fuerte al NH ₄ F; límite claro, ondulado, pH 5,9.
--------	--

26 - 60 Amarillo 10 Y 7/8 (S) y amarillo parduzco 10 YR
(C1) 6/8 (H); franco arenoso con grava (25 - 35 %);
bloques subangulares, medianamente finos,
moderado a débil desarrollo; blanda y friable,
ligeramente pegajoso y ligeramente plástico,
cutáneas delgadas y pocas, de hierro y materia
orgánica; poros abundantes, finos inped; raíces
pocas gruesas, microorganismos abundantes
(bachachos y lombrices); no hay reacción al HCl,
reacción fuerte al NH₄F, límite gradual y ondu
lado, pH 5,3.

60 - 110 Amarillo 10 YR 7/8 (S) y amarillo parduzco 10 YR
(C2) 6/8 (H), manchas pocas y pequeñas, difusas,
contrastadas, franco arenoso con grava (25-35 %),
bloccosa subangular que parte a grano simple, fina,
muy débil, suelta, ligeramente pegajosa y
ligeramente plástico; poros abundantes,
medianamente finos, inped, no hay raíces;
microorganismos, muy pocos, no hay reacción al HCl
límite gradual y ondulado; pH 5,6.

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E A4

PRUEBAS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Tabla A5. Prueba de Estabilidad Estructural.

Diámetro del Tamiz	% de Agregados en mm	% de Agregados > que	% de Agregados < que
6.30	—	0.00	100.00
4.00	12.94	12.94	87.06
3.36	1.50	1.50	85.56
2.00	1.47	1.47	84.09
1.00	1.50	1.50	82.59
0.50	1.32	1.32	81.27
			420.57

$$MG = \frac{\text{Diámetro Mayor de Agregados}}{2 \left(\frac{\text{Sumatoria Acumulada} - 50}{100} \right)}$$

$$MG = \frac{6.3 \text{ mm}}{2 \left(\frac{420.57 - 50}{100} \right)}$$

$$MG = \frac{6.3 \text{ mm}}{2(3.7)} = \frac{6.3 \text{ mm}}{12.9}$$

$$MG = 0.485 \text{ mm} \text{ ó } 485 \text{ micras}$$

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E A5

CURVAS CARACTERISTICAS DE INFILTRACION

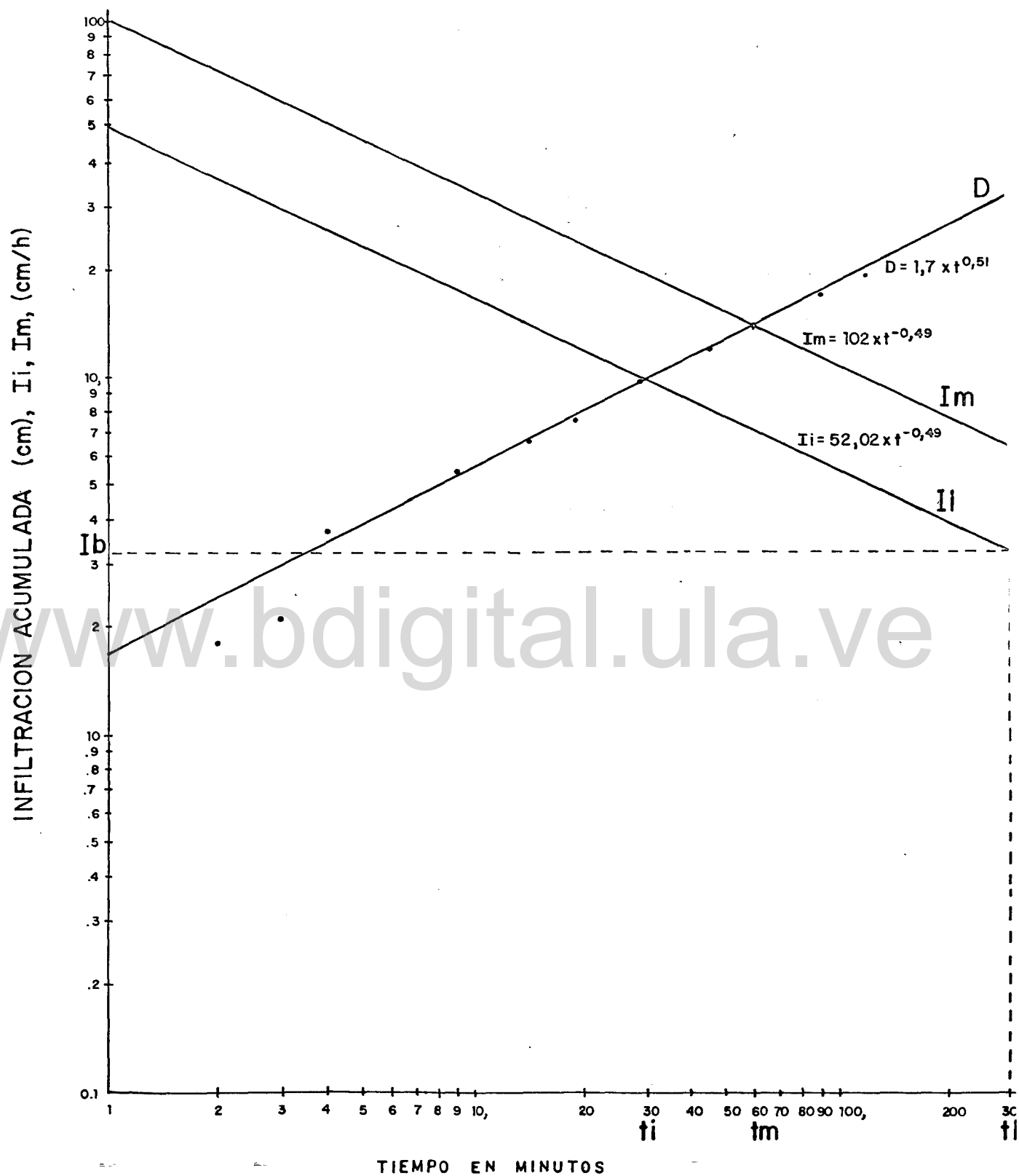


Fig. 9 Curvas características de Infiltración.

A P E N D I C E A6

DENSIDAD APARENTE

www.bdigital.ula.ve

Tabla A6. Densidad Aparente "da".

Datos:

Masa de suelo seco "MSS" = 424,2 g

Volumen de Suelo Seco "VSS" = 331,34 cc

$$da = \frac{MSS}{VSS}$$

$$da = \frac{424,20 \text{ g}}{331,34 \text{ cc}}$$

$$da = 1,28 \text{ g/cc}$$

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E B

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION, PROMEDIO DE 22
AÑOS (1967 - 1988) Y PERIODO DE OBSERVACION (1988), ESTACION
EXPERIMENTAL SANTA ROSA

Tabla B1. Distribución Mensual de Precipitación, Promedio de 22 años (1967 - 1988) y Período de Observación (1988), Estación Experimental Santa Rosa.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

PRECIPITACION MENSUAL (m.m) DURANTE 22 AÑOS 1967-1988
ESTACION SANTA ROSA-MERIDA

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1967	113.5	45.3	63.1	283.6	166.9	67.5	146.1	66.2	174.2	223.2	157.1	109.8	1616.5
1968	50.1	29.7	61.5	387.0	346.8	328.1	146.1	151.6	104.8	328.2	255.4	78.6	2267.9
1968	60.8	52.7	45.2	372.6	196.0	209.6	65.0	155.4	239.3	443.1	313.2	117.2	2270.1
1970	84.8	45.0	47.3	115.8	239.9	183.3	172.8	157.3	205.1	378.6	318.6	165.5	2114.0
1971	159.3	157.3	230.2	246.3	329.7	68.3	89.5	209.0	256.5	275.8	192.6	187.2	2401.7
1972	207.9	83.9	195.5	550.7	325.7	133.3	18.0	64.7	231.0	181.4	181.1	136.5	2309.7
1973	16.3	8.9	95.4	93.8	140.2	148.1	96.7	197.8	292.0	186.5	226.9	132.6	1635.2
1974	82.7	89.9	151.0	163.7	262.5	68.8	58.7	119.2	192.6	297.4	217.9	21.9	1726.3
1975	37.9	57.2	138.7	201.6	292.5	108.8	132.5	116.7	296.0	296.5	310.8	289.0	2278.2
1976	76.0	131.5	237.8	281.4	213.3	88.0	76.9	111.6	158.2	323.5	108.9	41.4	1848.5
1977	10.4	0.4	101.8	61.9	271.9	111.1	75.6	69.1	130.7	426.4	270.3	48.5	1578.1
1978	77.5	36.1	144.1	362.8	302.4	203.0	61.4	127.4	154.5	297.2	122.6	117.4	2006.4
1979	49.3	71.6	88.5	347.4	229.5	269.4	98.5	192.6	178.1	465.2	353.7	120.5	2464.3
1980	58.6	131.7	35.5	122.4	226.0	146.3	124.5	185.7	325.7	166.5	197.6	84.1	1804.6
1981	53.4	86.2	68.6	187.5	115.1	235.7	62.6	176.1	126.6	258.9	203.4	132.6	1706.7
1982	125.0	230.8	166.4	373.9	386.9	151.7	67.9	41.3	224.9	360.0	207.3	106.7	2442.8
1983	36.3	21.7	26.4	329.7	379.8	98.3	132.0	115.5	245.2	197.1	230.1	147.2	1959.3
1984	46.6	82.8	50.3	122.9	164.8	90.9	114.9	91.5	334.4	296.5	252.1	67.6	1715.3
1985	10.6	17.7	198.8	209.6	245.6	90.0	136.3	161.4	144.3	273.5	227.7	161.6	1877.1
1986	76.7	133.3	82.7	272.8	295.6	134.9	86.2	105.4	331.9	532.7	135.5	25.0	2212.7
1987	8.2	28.5	74.2	140.3	282.7	166.9	52.1	108.3	179.5	442.5	273.4	110.8	1867.4
1988	14.6	143.2	127.5	310.4	307.7	223.5	87.0	343.9	214.0	312.5	479.6	131.8	2695.7
Media	66.2	76.6	110.5	251.7	260.1	151.2	95.5	139.4	215.4	316.5	238.0	115.2	2036.3
D.E	50.2	57.9	64.1	121.9	74.4	70.3	38.3	65.4	69.0	99.5	84.2	59.3	
C.V	75.8	75.6	58.0	48.4	28.6	46.5	40.1	46.9	32.0	31.4	35.4	51.5	

A P E N D I C E C

ANALISIS ESTADISTICO

www.bdigital.ula.ve

Tabla C1. Análisis de Variancia para la Variable Escurrimiento. Primera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	10.601		
Tratamientos	2	10.021	5.010	51,8 **
Error Exp.	6	580	96	

Tabla C1.1. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escurrimiento. Primera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	841,3	A
Cultivo en Contorno	797,6	B
Cultivo en Franjas	759,6	C

Tabla C1.2. Análisis de Variancia para la Variable Escurrimiento. Segunda Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	620.794		
Tratamientos	2	619.484	309.742	1.418 **
Error Exp.	6	1.310	218	

Tabla C1.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escurrimiento. Segunda Etapa.

Tratamientos	Media	Diferencias
Testigo	601,2	A
Cultivo en Franjas	46,7	B
Cultivo en Contorno	42,6	B

Tabla C1.4. Análisis de Variancia para la Variable Escurrimiento. Tercera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	16.586.999		
Tratamientos	2	16.569.228	8.284.614	2.797 **
Error Exp.	6	17.771	2.962	

Tabla C1.5. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escurrimiento. Tercera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	3.021,96	A
Cultivo en Contorno	151,77	B
Cultivo en Franjas	135,60	B

Tabla C1.6. Análisis de Variancia para la Variable Escurrimiento Total durante el Ciclo.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	24.474.481		
Tratamientos	2	24.458.891	12.229.445	4.707 **
Error Exp.	6	15.590	2.598	

Tabla C1.7. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Escurrimiento Total durante el Ciclo.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	4.464,10	A
Cultivo en Contorno	992,00	B
Cultivo en Franjas	942,50	B

Tabla C2. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Suelo. Primera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	196,24		
Tratamientos	2	193,47	96,74	209,4 **
Error Exp.	6	2,77	0,46	

Tabla C2.1. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Suelo. Primera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	42,25	A
Cultivo en Contorno	33,43	B
Cultivo en Franjas	31,64	C

Tabla C2.2. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Suelo. Segunda Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	2.771,7		
Tratamientos	2	2.754,3	1.377,2	474,9 **
Error Exp.	6	17,4	2,9	

Tabla C2.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Suelo. Segunda Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	37,39	A
Cultivo en Contorno	0,328	B
Cultivo en Franjas	0,239	B

Tabla C2.4. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Suelo. Tercera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	6.646,6		
Tratamientos	2	6.619,4	3.309,7	703,5 **
Error Exp.	6	27,2	4,5	

Tabla C2.5. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Suelo. Tercera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	57,63	A
Cultivo en Contorno	0,128	B
Cultivo en Franjas	0,079	B

Tabla C2.6. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida Total de Suelo durante el Ciclo.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	21.903,2		
Tratamientos	2	21.790,5	10.895,2	580.2 **
Error Exp.	6	112,7	18,8	

Tabla C2.7. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida Total de Suelo durante el Ciclo.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	137,27	A
Cultivo en Contorno	33,87	B
Cultivo en Franjas	31,93	B

Tabla C2.8. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Escurrimiento. Tratamiento Testigo.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	-559.5775	118.7517	-5727.85-	1.151277	
B REG COEFF	39.33802	4.222303E-2	1985.048	2.085258	
A STD ERROR	1861.033	1.234801	5486.737	3.4178	
B STD ERROR	31.86317	.0211413	1382.065	.8609164	
STD ERR EST	998.6376	.6625989	906.2648	.5645309	
COEFF DET	.6038378	.7995523	.6737363	.8544836	
COVARIANCE	19320.59	20.73755	426.9854	1.4485321	
CORR COEFF	.7770701	.8941768	.8208144	.9243827	
DURBN-WATSN	2.035961	2.266659	2.180672	2.303896	

Tabla C2.8.1. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Escurrimiento. Tratamiento Cultivo en Contorno.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	-120.988	94.14293	-3498.361	.1595721	
B REG COEFF	21.19139	4.075689E-02	1149.777	2.181083	
A STD ERROR	1284.789	2.144828	4393.618	7.238558	
B STD ERROR	25.60932	4.275222E-02	1146.691	1.889193	
STD ERR EST	671.0654	1.120277	615.0796	1.013354	
COEFF DET	.4064348	.4761209	.5013435	.5713413	
COVARIANCE	7275.5	13.9928	165.4067	.3137703	
CORR COEFF	.6375223	.6900152	.7080561	.7558713	
DURBN-WATSN	1.169869	1.744081	1.290775	1.96112	

Tabla C2.8.2. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función del Escurrimiento. Tratamiento Cultivo en Franjas.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	-1066.958	14.70983	-6101.862	8.465005E-04	
B REG COEFF	37.79468	7.403657E-02	1783.739	3.468501	
A STD ERROR	994.7327	1.346573	3124.021	4.031505	
B STD ERROR	19.19497	2.598429E-02	800.7542	1.033362	
STD ERR EST	381.9201	.5170066	345.4186	.4457577	
COEFF DET	.794952	.8903299	.8322716	.9184692	
COVARIANCE	7481.196	14.65503	165.9565	.3227043	
CORR COEFF	.8916009	.9435729	.9122892	.9583679	
DURBN-WATSN	2.071925	2.368118	2.167069	2.386206	

Tabla C2.9. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función de la Erosividad de la Lluvia. Tratamiento Testigo.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	145.9757	346.6842	-158.5421	243.9694	
B REG COEFF	254.9922	.2203254	1182.875	1.084083	
A STD ERROR	384.4051	.6793291	52.62007	.3361406	
B STD ERROR	59.69514	.1054945	32.48366	.2075078	
STD ERR EST	361.6573	.6391286	43.55456	.2782293	
COEFF DET	.9480423	.8134968	.9992468	.9646552	
COVARIANCE	4679.652	4.043442	1063.277	.974473	
CORR COEFF	.9736746	.9019404	.9996233	.9821686	
DURBN-WATSN	2.959183	2.76784	2.974088	2.511665	

Tabla C2.9.1. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función de la Erosividad de la Lluvia. Tratamiento Cultivo en Contorno.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	225.51	213.0462	4.661987	141.5019	
B REG COEFF	123.3952	.209527	624.0579	1.08369	
A STD ERROR	475.1188	.9412856	292.3128	.644228	
B STD ERROR	73.78226	.1461743	180.4518	.3976977	
STD ERR EST	447.0028	.8855833	241.9525	.5332389	
COEFF DET	.7366341	.6726333	.9228388	.8813111	
COVARIANCE	2264.566	3.845268	560.9606	.9741201	
CORR COEFF	.8582739	.8201422	.9606449	.9387817	
DURBN-WATSN	2.959183	2.815976	2.974089	2.605499	

Tabla C2.9.2. Análisis de Regresión para la Variable Pérdida de Suelo en Función de la Erosividad de la Lluvia. Tratamiento Cultivo en Franjas.

X	A+(B*X)	A*EXP(B*X)	A+B*LOG(X)	A*X^B	Y
A REG COEFF	156.5292	189.7809	-39.94068	127.2209	
B REG COEFF	126.9552	.2189816	620.4522	1.113112	
A STD ERROR	367.8563	.8747048	167.7762	.5534174	
B STD ERROR	57.12523	.1358349	103.5724	.3416382	
STD ERR EST	346.0878	.8229427	138.8713	.4580734	
COEFF DET	.8316231	.7221375	.9728894	.9139096	
COVARIANCE	2329.898	4.01878	557.7195	1.000567	
CORR COEFF	.9119338	.8497866	.9863516	.9559861	
DURBN-WATSN	2.959184	2.794521	2.974089	2.565161	

Tabla C3. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Materia Orgánica en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	7,97		
Tratamientos	2	2,81	1,405	1,63 NS
Error Exp.	6	5,16	0,86	

Tabla C3.1. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Materia Orgánica en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	4,76	A
Cultivo en Franjas	3,99	A
Cultivo en Contorno	3,39	A

Tabla C3.2. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Materia Orgánica en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	43,290		
Tratamientos	2	42,628	21,314	193,24 **
Error Exp.	6	0,662	0,1103	

Tabla C3.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Materia Orgánica en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	4,620	A
Cultivo en Contorno	0,0082	B
Cultivo en Franjas	0,0051	B

Tabla C4. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Nitrógeno en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	5.5 ⁻⁰³		
Tratamientos	2	2.5 ⁻⁰³	1.25 ⁻⁰³	2.5 NS
Error Exp.	6	3. ⁻⁰³	5. ⁻⁰⁴	

Tabla C4.1. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Nitrógeno en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	0,134	A
Cultivo en Franjas	0,115	A
Cultivo en Contorno	0,092	A

Tabla C4.2. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Nitrógeno en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	0,059059		
Tratamientos	2	0,058953	0,029477	1.665,4 **
Error Exp.	6	0,000106	0,000018	

Tabla C4.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Nitrógeno en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	0,1719	A
Cultivo en Contorno	3.1 ⁻⁰⁴	B
Cultivo en Franjas	1.8 ⁻⁰⁴	B

Tabla C5. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Fósforo en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	4.3 ⁻⁰⁷		
Tratamientos	2	4.6 ⁻⁰⁸	2.3 ⁻⁰⁸	0,359 NS
Error Exp.	6	3.8 ⁻⁰⁷	6.4 ⁻⁰⁸	

Tabla C5.1. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Fósforo en los Sedimentos Arrastrados. Primera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Cultivo en Contorno	0,0013	A
Testigo	0,0012	A
Cultivo en Franjas	0,0011	A

Tabla C5.2. Análisis de Variancia para la Variable Pérdida de Fósforo en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

F. de V.	g.de l.	S C	C M	F c
Total	8	2.52 ⁻⁰⁵		
Tratamientos	2	2.44 ⁻⁰⁵	1.2 ⁻⁰⁵	93.68 %
Error Exp.	6	7.8 ⁻⁰⁷	1.3 ⁻⁰⁷	

Tabla C5.3. Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Variable Pérdida de Fósforo en los Sedimentos Arrastrados. Tercera Etapa.

Tratamientos	Medias	Diferencias
Testigo	3.5 ⁻⁰³	A
Cultivo en Contorno	8.1 ⁻⁰⁶	B
Cultivo en Franjas	4.9 ⁻⁰⁶	B

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E D

DATOS OBTENIDOS EN LOS TRABAJOS DE CAMPO, QUE SIRVEN DE

BASE PARA EL CALCULO DE LOS RESULTADOS

Tabla D1. Distribución de las Parcelas de Esgurrimiento en el Campo, por Tratamiento y Repeticiones.

Parcelas	Tratamientos y Repeticiones
1	Testigo - Repetición 3
2	Cultivo en Contorno - Repetición 1
3	Cultivo en Contorno - Repetición 2
4	Cultivo en Franjas - Repetición 1
5	Testigo - Repetición 1
6	Cultivo en Franjas - Repetición 3
7	Cultivo en Contorno - Repetición 3
8	Testigo - Repetición 2
9	Cultivo en Franjas - Repetición 2

Volumen de Esgurrimiento en L/parcela y Sedimentos en g/parcela, por Etapas, por Tratamientos y Repeticiones.

Primera Etapa.

Fecha de Inicio: El 24 - VIII - 1988

Fecha de Culminación: El 18 - IX - 1988

Número de Observaciones: 9

Tabla D1.1 . Primera Observación.

Parcelas	Volumen Esgurrimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	66	2.161,6	9,34	2.778,04
2	43	978,3	7,93	1.319,29
3	42	1.028,0	7,54	1.344,68
4	56	906,8	7,40	1.321,20
5	60	1.840,0	12,52	2.591,20
6	54	873,3	7,95	1.302,60
7	44	890,0	9,50	1.308,00
8	62	1.534,0	13,80	2.389,60
9	56	1.015,0	5,80	1.339,80

Fecha: 29 - VIII - 1988

Precipitación: 27.8 mm

Tabla D1.2. Segunda Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	74	736,5	8,75	1.661,5
2	70	342,2	8,76	1.210,2
3	67	293,6	8,00	1.059,3
4	68	272,4	7,73	1.023,3
5	75	630,0	9,68	1.688,8
6	67	168,8	8,91	1.021,6
7	68	299,5	9,50	1.222,4
8	71	595,8	9,90	1.599,9
9	65	267,7	8,45	1.053,7

Fecha: 31 - VIII - 1988

Precipitación: 22.3 mm

Tabla D1.3. Tercera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	38,8	309,5	1,43	388,8
2	36,2	134,3	1,05	188,6
3	36,5	116,0	1,55	196,8
4	34,1	119,2	1,12	173,8
5	37,5	283,1	1,76	377,4
6	35,0	88,2	1,67	171,7
7	35,8	108,7	1,32	176,4
8	36,9	258,4	1,54	339,6
9	34,9	129,8	0,98	178,7

Fecha: 1 - IX - 1988

Precipitación: 11.9 mm

Tabla D1.4. Cuarta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	92,5	1.996,3	5,48	2.720,4
2	87,5	348,0	3,78	820,5
3	89,7	268,0	4,41	834,1
4	76,7	393,3	4,74	913,9
5	81,5	1.773,3	5,04	2.361,8
6	78,5	451,3	4,28	931,3
7	92,2	395,5	3,39	842,0
8	82,7	1.921,3	3,15	2.293,2
9	86,5	338,3	4,93	947,5

Fecha: 2 - IX - 1988
Precipitación: 11.2 mm

Tabla D1.4. Quinta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210	24.832,0	10,9	28.102,0
2	210	21.735,0	12,2	25.395,0
3	210	20.932,0	12,9	24.802,0
4	210	21.015,0	12,8	24.855,0
5	210	23.981,0	11,5	27.431,0
6	210	20.997,0	13,0	24.897,0
7	210	22.112,0	12,5	25.897,0
8	210	24.849,0	10,8	28.089,0
9	210	20.241,0	12,9	24.151,0

Fecha: 3 - IX - 1988
Precipitación: 51.4 mm

Tabla D1.6. Sexta Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	132,7	2.111,4	2,8	2.641,8
2	115,2	1.228,3	2,9	1.705,6
3	118,3	1.625,5	1,1	1.811,4
4	98,0	1.233,3	1,6	1.457,3
5	128,9	2.151,2	2,6	2.529,9
6	89,8	1.111,4	1,7	1.329,5
7	117,5	1.184,0	2,7	1.637,2
8	130,1	2.042,3	2,6	2.525,5
9	88,8	1.183,0	1,6	1.385,9

Fecha: 6 - IX - 1988

Precipitación: 22.1 mm

Tabla D1.7. Séptima Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	65,7	750,0	1,0	843,8
2	60,9	428,5	0,9	506,8
3	61,7	397,2	1,2	502,9
4	57,5	372,8	1,1	463,2
5	63,0	684,0	1,0	774,0
6	52,9	392,8	0,9	460,8
7	59,7	402,0	1,1	495,8
8	64,0	669,9	0,9	752,2
9	51,2	379,2	0,8	437,8

Fecha: 9 - IX - 1988

Precipitación: 12.2 mm

Tabla D1.8. Octava Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	175,2	3.472,0	2,3	4.047,7
2	168,9	1.767,5	2,2	2.298,3
3	168,7	1.634,7	2,0	2.116,7
4	160,7	1.030,0	2,5	1.603,9
5	170,2	2.834,0	2,9	3.539,1
6	161,0	870,0	3,0	1.560,0
7	170,4	1.602,2	2,5	2.208,8
8	172,8	2.889,6	3,2	3.679,5
9	159,3	999,2	2,5	1.568,1

Fecha: 10 - IX - 1988

Precipitación: 18.6 mm

Tabla D1.9. Novena Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	3,7	191,5	0,5	195,5
2	3,5	124,2	0,9	136,5
3	3,4	130,0	0,97	134,7
4	7,5	108,5	1,25	121,5
5	6,2	180,0	0,93	188,2
6	6,8	111,5	1,04	121,6
7	2,7	132,6	0,54	134,6
8	3,5	183,8	0,88	188,2
9	3,7	117,5	0,99	122,7

Fecha: 18 - IX - 1988

Precipitación: 16.0 mm

Segunda Etapa.

Fecha de Inicio: 18 - IX - 1988
 Fecha de Culminación: 14 - X - 1988
 Número de Observaciones: 9

Tabla D1.10. Primera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	1,2	149,1	0,40	149,7
2	1,5	38,3	1,00	40,4
3	1,7	39,0	0,84	41,0
4	1,4	49,5	0,98	50,9
5	1,5	131,3	1,50	134,5
6	1,3	53,5	0,36	54,2
7	1,6	36,5	0,80	38,3
8	1,5	124,0	0,89	126,4
9	1,8	45,0	0,80	47,1

Fecha: 27 - IX - 1988
 Precipitación: 12.8 mm

Tabla D1.11. Segunda Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	3,2	49,1	2,67	61,3
2	1,8	10,1	0,81	12,2
3	2,2	16,5	0,89	16,5
4	1,6	8,5	0,80	10,3
5	2,8	38,3	2,60	48,7
6	1,7	3,7	0,80	5,6
7	2,4	11,7	0,90	14,2
8	2,7	33,0	2,30	41,9
9	1,1	12,4	2,00	15,5

Fecha: 30 - IX - 1988
 Precipitación: 12.3 mm

Tabla D1.12. Tercera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	39,0	1.552,0	4,24	1.787,1
2	2,2	20,6	0,42	21,9
3	4,5	30,1	0,91	35,9
4	2,1	30,7	0,88	33,4
5	35,0	838,3	7,79	1.227,5
6	3,1	9,2	0,43	11,1
7	4,5	35,2	0,79	43,5
8	37,0	951,0	2,63	1.090,0
9	2,2	21,6	0,72	23,9

Fecha: 2 - X - 1988

Precipitación: 13.9 mm

Tabla D1.13. Cuarta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	30,9	458,7	2,21	556,3
2	4,7	18,9	0,27	19,9
3	4,8	27,7	0,33	29,9
4	3,0	23,5	0,34	24,9
5	28,2	220,0	2,46	319,1
6	2,8	6,5	0,28	17,6
7	3,5	26,3	0,33	27,9
8	28,5	197,0	2,51	299,2
9	2,7	22,5	0,42	24,1

Fecha: 3 - X - 1988

Precipitación: 20.4 mm

Tabla D1.14. Quinta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	40,9	2.995,5	18,48	4.075,0
2	2,7	17,1	0,22	17,9
3	2,8	27,4	0,57	29,7
4	2,8	24,0	0,38	25,6
5	38,0	2.465,0	21,27	3.619,0
6	2,7	7,5	0,25	8,5
7	3,0	30,0	0,90	33,9
8	36,5	2.665,0	17,25	3.564,5
9	2,7	16,7	0,54	18,8

Fecha: 4 - X - 1988

Precipitación: 12.6 mm

Tabla D1.15. Sexta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	209,0	11.865,9	12,50	15.597,1
2	11,2	83,5	0,43	90,4
3	13,2	97,5	0,87	113,9
4	21,5	72,5	1,10	106,3
5	202,9	11.827,5	10,80	14.018,8
6	23,0	41,3	0,24	49,2
7	12,7	104,8	1,05	123,8
8	208,2	11.799,8	13,80	14.672,9
9	20,2	34,7	0,34	44,5

Fecha: 5 - X - 1988

Precipitación: 37.1 mm

Tabla D1.16. Séptima Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	41,1	2.628,5	2,60	2.781,2
2	4,0	15,4	0,33	17,3
3	4,4	25,0	0,43	27,7
4	2,5	19,0	0,82	21,9
5	35,8	1.307,9	7,53	1.693,0
6	2,9	9,5	0,19	12,7
7	4,6	28,4	0,36	30,8
8	34,5	1.369,6	2,46	1.490,8
9	1,9	23,9	0,28	24,7

Fecha: 6 - X - 1988

Precipitación: 20.1 mm

Tabla D1.17. Octava Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	87,0	3.978,5	6,57	4.795,0
2	2,7	19,0	0,34	20,3
3	2,9	28,5	1,11	33,1
4	2,7	14,7	0,62	17,1
5	79,6	2.825,5	8,44	3.778,1
6	2,6	11,1	0,35	12,4
7	2,9	23,5	0,70	26,4
8	78,5	2.469,0	4,92	3.020,0
9	2,0	10,2	0,45	11,5

Fecha: 7- X - 1988

Precipitación: 12.0 mm

Tabla D1.18. Novena Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	199,8	8.375,0	9,0	10.943,9
2	8,1	15,9	0,4	20,5
3	8,3	23,0	0,4	27,7
4	9,2	15,5	0,3	19,4
5	190,5	7.645,5	13,7	11.373,9
6	9,5	7,0	0,3	11,1
7	8,9	23,0	0,45	28,7
8	189,7	8.425,0	9,2	10.918,2
9	9,0	12,5	0,3	16,4

Fecha: 11 - X - 1988
Precipitación: 30.3 mm

Tercera Etapa.

Fecha de Inicio: 14 - X - 1988
Fecha de Culminación: 24 - XI - 1988
Número de Observaciones: 19

Tabla D1.19. Primera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	145,0	3.601,0	0,90	3.787,4
2	10,9	10,3	0,15	12,6
3	10,8	12,3	0,10	13,8
4	5,9	13,8	0,15	15,1
5	135,9	1.800,0	1,60	2.110,6
6	5,8	9,0	0,25	11,1
7	10,9	5,3	0,20	8,4
8	134,2	1.774,4	1,00	1.965,7
9	5,5	18,3	0,15	19,5

Fecha: 16 - X - 1988
Precipitación: 32.0 mm

Tabla D1.20. Segunda Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	97,0	3.830,2	2,8	4.218,2
2	4,3	4,2	0,2	5,4
3	4,2	5,0	0,4	7,4
4	3,8	6,5	0,3	8,1
5	88,9	3.795,3	5,1	4.442,7
6	3,8	8,5	0,4	10,6
7	4,1	4,8	0,93	10,3
8	87,9	3.865,1	2,9	4.229,3
9	3,5	8,5	0,4	10,5

Fecha: 17 - X - 1988
Precipitación: 13.4 mm

Tabla D1.21. Tercera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	5.586,3	2,20	6.246,3
2	6,2	9,6	0,10	10,5
3	6,5	8,2	0,10	9,1
4	10,1	15,4	0,10	16,8
5	210,0	3.825,2	5,30	5.415,2
6	9,1	9,0	0,25	12,3
7	6,3	5,5	0,10	6,4
8	210,0	3.096,8	4,00	4.296,8
9	9,5	10,5	0,30	14,6

Fecha: 19 - X - 1988
Precipitación: 23.2 mm

Tabla D1.22. Cuarta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	122,5	2.433,2	0,6	2.538,2
2	4,6	5,0	0,08	5,5
3	4,5	6,8	0,2	8,1
4	5,5	11,0	0,1	11,6
5	117,5	1.182,7	1,0	1.350,6
6	5,6	8,3	0,1	11,0
7	4,3	10,0	0,1	10,6
8	112,0	1.317,6	0,5	1.397,6
9	5,4	13,5	0,1	16,2

Fecha: 20 - X - 1988
Precipitación: 20.6 mm

Tabla D1.23. Quinta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	163,3	3.113,5	1,07	3.362,1
2	4,8	1,1	0,10	1,9
3	5,0	1,3	0,28	3,3
4	6,1	3,8	0,10	4,7
5	158,7	2.425,3	2,30	2.946,7
6	5,4	1,1	0,17	2,4
7	4,5	1,3	0,05	1,6
8	157,1	2.299,2	1,60	2.658,3
9	5,3	4,1	0,20	5,6

Fecha: 21 - X - 1988
Precipitación: 18.2 mm

Tabla D1.24. Sexta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	112,8	2.179,5	1,10	2.355,5
2	2,8	2,7	0,00	2,7
3	2,7	2,3	0,00	2,3
4	3,5	4,2	0,00	4,2
5	99,8	1.910,9	2,10	2.210,3
6	3,0	3,8	0,00	3,8
7	3,0	5,2	0,00	5,2
8	88,7	1.897,9	1,20	2.049,9
9	2,8	5,7	0,00	5,7

Fecha: 1 - XI - 1988

Precipitación: 24.9 mm

Tabla D1.25. Séptima Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	112,0	1.820,0	1,10	1.996,0
2	3,5	2,3	0,00	2,3
3	3,6	2,1	0,00	2,1
4	2,9	1,0	0,00	1,0
5	90,2	1.361,0	2,10	1.631,6
6	3,1	0,9	0,00	0,9
7	3,7	5,1	0,00	5,1
8	87,7	999,7	1,80	1.227,5
9	3,2	3,2	0,00	3,2

Fecha: 6 - XI - 1988

Precipitación: 16.0 mm

Tabla D1.26. Octava Observación.

Parcelas	Volumen Escorrentamiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	5.040,3	3,10	5.970,3
2	9,4	1,5	0,00	1,5
3	12,8	1,8	0,00	1,8
4	12,6	1,0	0,00	1,0
5	210,0	4.692,7	3,20	5.652,7
6	9,9	1,0	0,00	1,0
7	10,6	1,6	0,00	1,6
8	210,0	4.899,2	4,60	6.279,2
9	8,5	1,2	0,00	1,2

Fecha: 8 - XI - 1988
Precipitación: 30.5 mm

Tabla D1.27. Novena Observación.

Parcelas	Volumen Escorrentamiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	2.254,5	4,10	3.484,5
2	7,8	2,1	0,00	2,1
3	8,1	1,5	0,00	1,5
4	5,6	0,8	0,00	0,8
5	210,0	1.989,8	4,40	3.283,4
6	6,0	0,8	0,00	0,8
7	7,9	1,8	0,00	1,8
8	210,0	2.410,2	2,90	3.249,9
9	5,3	0,9	0,00	0,9

Fecha: 11 - XI - 1988
Precipitación: 36.18 mm

Tabla D1.28. Décima Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	5.260,5	0,50	5.415,1
2	20,0	2,0	0,00	2,0
3	23,0	1,8	0,00	1,8
4	20,0	0,0	0,00	0,0
5	210,0	4.520,8	1,10	4.858,5
6	18,6	0,0	0,00	0,0
7	16,9	1,9	0,00	1,9
8	210,0	5.408,2	0,80	5.655,1
9	16,2	0,0	0,00	0,0

Fecha: 12 - XI - 1988
Precipitación: 37.17 mm

Tabla D1.29. Décima Primera Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	72,8	659,0	0,30	698,0
2	3,3	0,0	0,00	0,0
3	3,0	0,0	0,00	0,0
4	3,6	0,0	0,00	0,0
5	60,1	329,9	0,50	373,8
6	3,0	0,0	0,00	0,0
7	3,1	0,0	0,00	0,0
8	51,9	580,7	0,40	610,9
9	2,9	0,0	0,00	0,0

Fecha: 13 - XI - 1988
Precipitación: 20.4 mm

Tabla D1.30. Décima Segunda Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	3.467,5	1,80	4.007,5
2	10,2	4,7	0,00	4,7
3	12,1	5,9	0,00	5,9
4	9,9	3,0	0,00	3,0
5	210,0	2.841,3	3,90	4.017,0
6	9,2	4,0	0,00	4,0
7	10,0	6,0	0,00	6,0
8	210,0	3.126,7	2,50	3.882,4
9	5,9	3,9	0,00	3,9

Fecha: 14 - XI - 1988
Precipitación: 41.0 mm

Tabla D1.31. Décima Tercera Observación.

Parcelas	Volumen Escurremiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	130,2	1.903,2	1,40	2.163,3
2	3,4	3,2	0,00	3,2
3	3,6	4,9	0,00	4,9
4	2,4	2,0	0,00	2,0
5	125,1	1.680,9	1,80	2.005,7
6	1,9	2,5	0,00	2,5
7	3,5	5,0	0,00	5,0
8	126,9	1.809,9	1,50	2.084,7
9	1,8	2,4	0,00	2,4

Fecha: 15 - XI - 1988
Precipitación: 17.8 mm

Tabla D1.32. Décima Cuarta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	108,9	1.026,2	0,80	1.150,7
2	3,6	3,4	0,00	3,4
3	3,9	2,9	0,00	2,9
4	2,1	1,5	0,00	1,5
5	92,8	899,3	0,90	1.018,6
6	1,9	2,0	0,00	2,0
7	3,5	3,5	0,00	3,5
8	85,1	987,2	0,90	1.078,1
9	1,5	1,5	0,00	1,5

Fecha: 16 - XI - 1988
Precipitación: 20.1 mm

Tabla D1.33. Décima Quinta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	3.126,8	0,30	3.216,8
2	9,5	5,2	0,00	5,2
3	9,0	3,1	0,00	3,1
4	6,5	1,5	0,00	1,5
5	205,1	2.680,5	0,30	2.772,9
6	7,2	2,0	0,00	2,0
7	9,7	6,6	0,00	6,6
8	207,6	2.999,7	0,30	3.088,6
9	7,0	1,8	0,00	1,8

Fecha: 18 - XI - 1988
Precipitación: 30.9 mm

Tabla D1.34. Décima Sexta Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	175,6	2.050,0	0,40	2.154,8
2	6,8	6,8	0,00	6,8
3	6,2	5,2	0,00	5,2
4	5,1	2,5	0,00	2,5
5	162,9	1.810,0	0,30	1.883,9
6	5,5	3,0	0,00	3,0
7	6,9	6,0	0,00	6,0
8	160,8	2.200,0	0,50	2.314,8
9	5,0	2,0	0,00	2,0

Fecha: 19 - XI - 1988
Precipitación: 30.13 mm

Tabla D1.35. Décima Séptima Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	1.030,0	1,30	1.420,0
2	9,8	9,6	0,00	9,6
3	10,1	7,5	0,00	7,5
4	10,0	0,0	0,00	0,0
5	202,0	980,2	1,80	1.499,6
6	6,2	0,0	0,00	0,0
7	11,9	12,1	0,00	12,1
8	195,8	1200,0	1,80	1.705,6
9	5,9	0,0	0,00	0,0

Fecha: 21 - XI - 1988
Precipitación: 31.5 mm

Tabla D1.36. Décima Octava Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	200,0	510,0	2,0	1.023,3
2	8,5	22,1	0,0	22,1
3	16,1	20,5	0,0	20,5
4	18,9	0,0	0,0	0,0
5	203,1	608,9	1,9	1.160,2
6	8,9	0,0	0,0	0,0
7	8,2	14,1	0,0	14,1
8	199,6	680,1	1,8	1.193,4
9	6,9	0,0	0,0	0,0

Fecha: 22 - XI - 1988
Precipitación: 23.0 mm

Tabla D1.37. Décima Novena Observación.

Parcelas	Volumen Escurrecimiento (L)	Sedimentos Bandeja (g)	Sedimentos Colector (g)	Total Sedimentos (g)
1	210,0	5.424,0	3,90	6.594,0
2	13,5	12,5	0,20	16,4
3	22,2	10,8	0,70	33,0
4	34,1	2,5	0,00	2,5
5	210,0	4.785,5	5,50	6.435,5
6	12,5	3,1	0,00	3,1
7	16,0	8,5	0,40	26,8
8	210,0	4.822,9	7,20	6.982,9
9	9,6	1,0	0,00	1,0

Fecha: 24 - XI - 1988
Precipitación: 44.6 mm

Determinación de los Factores de la EUPS y Estimación de Pérdida de Suelo.

Tabla D2. Determinación del Factor K

$$A = R \cdot K \cdot LS$$

$$K = \frac{A}{R \cdot LS}$$

Donde:

A = 68,64 t/ha de pérdida de suelo

R = 255,78 j.mm/ha.h

LS = 0,670

$$K = \frac{68,64 \text{ t/ha}}{255,78 \text{ j.mm/ha.h} \times 0,67}$$

$$K = 0,40 \frac{\text{t}}{\text{ha}} \cdot \frac{\text{ha} \cdot \text{h}}{10^7 \text{ j} \cdot \text{mm}}$$

Determinación del Factor K aplicando la Ecuación desarrollada para tal efecto por Wischmeier y Smith (1978).

$$100K = [2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3)] \times 1,317$$

Donde:

M = 2.554,48

a = 10,11

b = 3

c = 3

K = 0,45

Tabla D3. Determinación del Factor Topográfico LS

$$L = \left(\frac{\text{Longitud de la Pendiente en el Campo}}{22,1} \right) m$$

$$L = \left(\frac{10}{22,1} \right) 0,5$$

$$L = 0,6726$$

$$S = 0,065 + 0,045 s + 0,0065 s^2$$

$$S = 0,065 + (0,045 * 9) + (0,0065 * 9^2)$$

$$S = 0,9965$$

$$LS = 0,6726 * 0,9965$$

$$LS = 0,670$$

Tabla D4. Determinación del Factores CP para las Prácticas Cultivo en Contorno y Cultivo en Franjas.

Cultivo en Franjas

Pérdida de suelo en el cultivo en franjas = 12,46 t/ha

Pérdida de suelo en el testigo = 68,64 t/ha

$$CP = \frac{12,46 \text{ t/ha}}{68,64 \text{ t/ha}}$$

$$CP = 0,182$$

Cultivo en Contorno

Pérdida de suelo en el cultivo en contorno = 13,23 t/ha

Pérdida de suelo en el testigo = 68,64 t/ha

$$CP = \frac{13,23 \text{ t/ha}}{68,64 \text{ t/ha}}$$

$$CP = 0,193$$

TRATAMIENTO	ETAPA	FACTORES C P	FECHA INICIO ETAPA	FECHA FIN ETAPA	E I 30 (Fig.10)			C P PONDERADO POR ETAPA
					INICIO ETAPA	FIN ETAPA	FRACCION EN LA ETAPA	
CULTIVO POR FRANJAS	PRIMERA	0.749	28/08/88	18/09/88	0	0.24	0.24	0.18
	SEGUNDA	0.006	18/09/88	11/10/88	0.24	0.44	0.20	0.001
	TERCERA	0.001	11/10/88	24/11/88	0.44	1	0.56	0.0006
	TOTAL							0.182
CULTIVO CONTORNO	PRIMERA	0.791	28/08/88	18/08/88	0	0.24	0.24	0.19
	SEGUNDA	0.009	18/08/88	11/10/88	0.24	0.44	0.20	0.002
	TERCERA	0.002	11/10/88	24/11/88	0.44	1	0.56	0.001
	TOTAL							0.193

Fig. D5. Determinación del Factor CP en base a la
Distribución de la Erosividad de la Lluvia

Tabla D6. Estimación de la Pérdida de suelo mediante la utilización de la EUPS.

Para el Testigo.

$$A = R * K * LS * C P$$

$$A = 255,78 * 10^7 \frac{j.mm}{ha.h} * 0,40 \frac{t}{ha} * \frac{ha.h}{10^7 j.mm} * 0,67 * 1$$

$$A = 68,55 \text{ t/ha}$$

Para el Cultivo en Franjas

$$A = R * K * LS * C P$$

$$A = 255,78 * 10^7 \frac{j.mm}{ha.h} * 0,40 \frac{t}{ha} * \frac{ha.h}{10^7 j.mm} * 0,67 * 0,182$$

$$A = 12,46 \text{ t/ha}$$

Para el Cultivo en Contorno

$$A = 255,78 * 10^7 \frac{j.mm}{ha.h} * 0,40 \frac{t}{ha} * \frac{ha.h}{10^7 j.mm} * 0,67 * 0,193$$

$$A = 13,23 \text{ t/ha}$$

CAPITULO VI

9. BIBLIOGRAFIA

- Ayres, D.C. 1936 Soil erosion and its Control, McGraw-Hill, Nueva York, N.Y. 365 p.
- Barrows, L.H. and Kilmer, V.J. 1963. Plant nutrient losses from soils by water erosion. Advance Agronomy 15: 303-316.
- Bennet, H.H. 1939. Elements of Soil Conservation 2da. Edition. McGraw-Hill, Book Company, Inc., New York, USA. 358p.
- Blavia, F. y J. Florido 1973. Caracterización Física y Evaluación de las Prácticas de Riego en Suelos de la Depresión de Guibor, Estado Lara, Oficina Edafológica, Centro Oxidental, Ministerio de Obras Públicas Barquisimeto.
- Brady, N.C. 1974. The Nature and Properties of Soils. 8th Ed. Mac. Millan Publishing Co. Inc., New York.
- Browning, G. 1979. Development for and of the Universal Soil Loss Equation. En Peterson, A. y J. Swan (Ed) - Universal Soil Loss Equation: Past, Present and Future SSSA. Madison, Wisconsin. p. 1-5.
- Broadbent, F.E. and Chapman, H.D. 1949. A lysimeter investigation of grains, losses, and balance of salts and plant nutrients in an irrigated soil. Soil Sci. Am. Proc. 14: 261-269.
- Browning, G.M., Parish, C.L., y Glass, J. 1947. A Method for determining the use and limitation of rotation - and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa. J. Am. Soc. Agron., 39, 65-73 p.
- Bryant, J.C. and Slater, C.S. 1948. The removal of magnesium in solution by erosion. Iowa State Coll. J. Sci. 22: 260-312.
- Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1960. The Nature and Properties of Soil. 6th Ed. MacMillan Publishing Co., New York.

- Casanova, E., Paéz, M.L. y Rodríguez O.S. 1987. Plan Nutrient losses in Eroded Sediments under Different Soil Management in two areas of Venezuela. 496-505 p.
- Comerma, J.L.F., Areas. 1971. Un Sistema para Evaluar las Capacidades de Uso Agropecuario de las Tierras en Venezuela. Seminario de Clasificaciones Interpretativas con fines Agropecuarios. Tercera Reprod. COPLANARH, -- Maracay-Venezuela 1975. p. 50.
- CP. - SARH. 1977 Manual de Conservación de Suelos y -- Aguas, Colegio de Postgraduados (CP-SARH), Chapingo-México pp. 8-13.
- Delgado, F. 1987 Prácticas Agronómicas de Conservación de Suelos. CIDIAT. Mérida - Venezuela. p. 50-58
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1970. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos -- Salinos y Sódicos. Traducción del Texto Original en -- Inglés. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México 172 p.
- Djorovic, M. 1977. Use of Runoff Plots to Evaluate Soil -- Loss. in FAO. Guidelines for: Watershed Management. Conservation Guide 1. Roma, p. 144-145
- Dourojeanni, A. 1975. Métodos de investigación en control de erosión. Universidad Nacional Agraria. Perú. Fotografiado.
- Duley, F.L. 1926. The loss of soluble salts in runoff water. Soil Sci. 21: 401-409.
- Duley, F.L. and Miller, M.F. 1923. Erosion and surface runoff under different soil conditions. Missouri Research Exp. Sta. Bull. 63.
- Esminger, L.E. and Cope, J.T. 1947. Loss of plant nutrient elements by erosion. J. Amer. Soc. Agron. 39: 1-11.
- Esminger, L.E. 1952. Loss of Phosphorus by erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 16: 338-342.
- Fitts, W.W. 1974. Research and Extension, Bigger Farming Profits. Plan Food Review Jurnal. 7 p.

- FAO. 1980 Metodología Provisional para la Evaluación - de la Degradación de los Suelos, Roma.
- FAO. 1974 Evaluación Mundial de la Degradación de los- Suelos, Roma. pp 2.
- FAO. 1967 La Erosión del Suelo por el Agua, Roma. pp 25.
- Foster, B.A. 1967. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial Trillas, S.A. México.
- Foster, G. 1979. Sediment yield from farm fields: the Universal Soil Loss Equation and Uniform 208 Plan Implementation. En Peterson, A. y J. Swan (Ed) pendientes y texturas extremas Universal Soil Loss Equation: Past, Present and Future. SSSA. Madison, Wisconsin. p. 17-24.
- Gasperi Mago R.R. 1982 Principios Básicos de Erosión y Conservación de Suelos. Suplemnto Técnico. Barquisimeto. FUDECO. 28- 115-119. p.
- Gasperi, R. 1975. Evaluación del proceso erosivo en las áreas planas de la Depresión de Quibor. V Congreso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. Medellín-Colombia.
- Gasperi, R. 1976. Evaluación del proceso erosivo en las áreas planas de la Depresión de Quibor. Suplemento Técnico # 17. FUDECO, Barquisimeto-Venezuela. p. 26.
- Greenland, D., and R. Lal. 1977. Soil Erosion in the - Humid Tropics: the need for action and the need for Research in Soil Conservation and Management in the Humid Tropics John Wiley and Sons. New York. pp 261-265.
- Gómez, A. y H. Alarcón. 1975. Erosión en Café. Manual de Conservación de Suelos de Ladera. Federación de Cafetaleros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones del Café "CENICAFE". Caldas-Colombia p. 267.
- Goujon, M.M., B. de Vergnete, B. de Coignac, M.M. Roche y V. Celton. 1977. Conservación de Suelos en Regio - nes Tropicales. Centro Técnico Forestal Tropical de Francia. Instituto Agronómico de Madagascar. Traducido del Francés por J.A. Castillo. CIDIAT, Mérida - Venezuela. p. 120.

- Holdridge, R.L. 1978. Ecología Instituto Interamericano - de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. p. 216.
- Honotiaux, G. 1980. Runoff erosion and nutrient losses on loess soil in Belgium. In Assessment of Erosion. Ed. De Boott and cabnos. John Wiley and Sans. 369-377.
- Hudson, N. 1976. Soil Conservation. Bastford, Ltd. London.
- Hudson, N.W. 1961 An Introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall Rhodesia Science Association proceedings, 49, 14-25. Nueva York. 320 p.
- IIAP- ULA. 1974. Boletín divulgativo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, de la Universidad de los Andes.
- IGAC. 1979 Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos. Instituto de Geografía Agustín Codazzi. 451 p.
- Kirkby, M.J. y Morgan R.P.C. 1984 Erosión de Suelos pp 37-38.
- Klingebiel, A.A. And E.H. Montgomery. 1961 Land Capability Classification. Agri. Handb. 210. Soil Conserv. Servi. USDA.
- Kostiaikov, A.N. 1932 On the dynamic of the coefficient of water percolation in soil and the necessity for studying it from a dynamic view for purposes of amelioration. Trans 6th. Com. Inst. Soc. Sci. Russian Part. A: 17 - 21.
- Konablauch, H.C., Kolondny, L. and Brill, G.D. 1942. Erosion losses of major Plant nutrients and organic matter from Clington sandy loam. Soil Sci. 53: 369-378.
- Lal, R. 1976a. Soil erosion problems on an Alfisol in Western Nigeria and their control. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria . Monograph N- 1.
- Lal, R. 1976b. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria IV. Nutrient element losses in runoff and eroded sediments. Geoderma. 16: 403 - 417.

- Langdale, G.W. and W.D. Shrader. 1981. Soil Erosion effects on Soil Productivity on cultivated cropland. In determinants of Soil Loss Tolerance. Amer. Soc. Agr. Madison, Wisc.
- Lantham, E.E. 1940. Relative productivity of the A Horizon of the Cecil snady loam and the Band C Horizon exposed by erosion. J. Am. Soc. Agron. 32: 950-954.
- Larson, W.E., F.J. Pierce, R.H. y W.A.P. Grath. 1982. Soil Erosion and Productivity. pp. 2-10. In Proceedings of Iowa State University Farm Agricultural Resource Management Conference on Conservation Tillage. Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- Larson, W.E., F.J. Pierce, y L.J. Winkelman. 1985. Soil Productivity and Vulnerability Indices for Erosion Control Programs. pp.243-253. En Erosion and Productivity. Proceeding of the National Symposium on Erosion and Soil Productivity. New Orlean, Louisiana, USA. Diciembre 1984. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, USA.
- Lizaso, J. 1980. Erosión laminar bajo diferentes coberturas y pendientes en un palehumult de las cuencas altas del Programa Guanare-Masparro. Tesis de M.Sc. CIDIAT, Mérida-Venezuela. p. 69-83.
- López, R. 1988. Conservación de Suelos Agrícolas. Programa Internacional de Investigaciones Sobre Manejo y Conservación de Cuencas Hidrográficas. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras "CIDIAT". Departamento de Desarrollo Regional de la Organización de los Estados Americanos "OEA". p. 145-149.
- López, R. 1988. La Degradación y Pérdida de los Suelos Agrícolas. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Mérida-Venezuela. pp. 4-5
- MARNR.1977 Instructivo para el diagnóstico Conservacionista. Caracas - Venezuela pp.52
- Martin, J. 1941. The organic matter in collington sandy loamand and in the eroded material. Soil Sci. 52: 435-443.
- Mazurack. 1950. Soil Science. 69: 135 - 148.

- Miller, G.E., Turk, L.M., Foth, H.D. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Soil Science Michigan State University. p. 62.
- Monke, E.J., H. J. Marelli, L.D. Meyer, and J.F. Dejong. 1977. Runoff erosion, and nutrient movement from inter-rill areas, Transaction of the ASAE. Paper N° 75: 2584 58-61.
- Morgan, R. 1979. Soil Erosión. Longman, London. p. 113.
- Parmenter, L.L. 1977. Factors in water erosion. A first approximation. Soil and Water Conserv., 2, 133-138 p.
- Mutchler, C.K., Murphree, C.E., and MC Creor, A.C. 1955 Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. 22 - 31 p.
- Páez, M.L. y O.S. Rodríguez. 1985 Evaluación de factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en Venezuela.
- Páez, M. 1980. Capacidad de separación de suelo (S3) de tormentas tropicales. VI Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Guanare-Venezuela.
- Páez, M. 1980. Contribución al estudio de la precipitación como factor de erosión en condiciones tropicales Chaguaramas-Estado Huárico. Tesis de M.Sc. U.C.V. - Facultad de Agronomía. Maracay-Venezuela. p. 79-80.
- Páez, M. 1980. Estudio preliminar de la efectividad del método de bandas para controlar la erosión hídrica y de las relaciones de las características de la lluvia y de las pérdidas de suelo en el Trópico. VI Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Guanare - Venezuela.
- Pérez, A., et al. 1979. Cambios recientes de carácter especial de Mérida y sus alrededores. Seminario de estudios regionales. Fac. de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía, Universidad de los Andes. Mérida Venezuela.
- Pereira, J. 1988. Cultivo de papa y ajo. Boletín divulgativo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - "IIAP".

- Petezval, L. and J.F. Lutz. 1957. Soil crusting and Some Factors Affecting it. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 21: 485-491.
- Phillip, J.A. and Kamprath, E.J. 1973. Soil fertility - problems associated with land forming in the Coastal Plain. J. Soil Water Cons. 28: 69-73.
- Pla, I. 1975. Erosión del Suelo por el Agua. Poligrafia do.U.C.V. Facultad de Agronomía. Maracay-Venezuela p. 17.
- Pla, I. 1977. Aggregate size and erosion control on sloping land treated with hydrophobic bitumen emulsion. En greenland, D. y R. Lal (Ed). Soil Conservation and management in the Humid Tropics. Wiley, Chichester. p. 109-115.
- Pla, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. - U.C.V Facultad de Agronomía. Maracay-Venezuela p.112
- Pla, I. 1977. Soil erosion in the humid tropics of Latin America with particular reference to Venezuela. En - Greenland, D. y R. Lal (Ed) Soil Conservation and Management in the humid tropics. Wiley, Chichester p. 251-257.
- Pla, I. 1980. Soil Characteristics and erosion risk: - assessment of some agricultural soil in Venezuela. - Reunión de Conservación de Suelos. Silsoe, Inglaterra p. 123-138.
- Rhoton, F.E. 1981. Effects of decreasing soil profile depth on soil productivity. USDA Sedimentation Laboratory and Mississippi State University, Oxford, Ms.
- Robinson, A. 1979. Sediment yield as a function of upstream erosion. En Peterson, A. y J. Swan (Ed). - Universal Soil Loss Equation: Past, Present and Future. SSSA. Medison, Wisconsin. p. 7-16.
- Rogers, H.T. 1941. Plant nutrient losses by erosion from a corn, wheat, clover rotation on Dunmore silt loam Soil Sci. Am. Proc. 6: 263-271.

- Romkens, M.J., D.W. Nelson, and J.V. Mannering. 1973. Nitrogen and Phosphorus composition of surface runoff as affected by tillage method. T. Environ. Quality. Vol.2 N= 2: 292-295.
- Romero, E. 1980. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la relación suelo - planta, usando como cultivo a la papa en la región de los Andes. p. 10 - 13.
- Roose, E. 1977. Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier y Smith in West Africa. En Greenland, D. y R. Lal (Ed) Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. Wiley, Chichester. p. 177-187.
- Roos, C.W. 1962. Some affects of rainfall, radian drying and soil factors on infiltration. Water Resour. 1962 the Soils. J. Soil Sci. 13: 286-298.
- Sarmiento, G. Monasterio, M. Azocar, M. Castellano, H. y Silva J. 1971. Vegetación Natural. Estudio Integral de la Cuenca de los rios Chama y Capazón. Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales Renovables. Universidad de los Andes. Mérida Venezuela.
- SCSA. 1982. Resource Conservation Glossary. 3a. Edición. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa. USA.
- Scarseth, G.D. and Chandler, W.V. 1938. J. Am. Soc. Agron. 30: 361-374
- Schwab, G.O.; Kenneth, K.B. Frevert, R.K. y Edminister, T.W. 1971. Elementary Soil and Water engineering. Second Edition, John Wiley & Sons. 316 pp.
- Slater, C.S. 1942. Variability of eroded material. J. Agr. Res. 65: 209-219.
- Smith, D.D. y Wischmeier, W.H. 1962. Rainfall erosion. Advances in Agronomy. 14: 109-148.
- Smith, D.F., y Whitt, D.M. 1948 Evaluating Soil losses from field areas Agric. Engng, 29, 394-396.
- Smith, D.D. 1941 Interpretation of Soil Conservation - data for field use. Agricultural Engineering 22: 173 175.

- Soil Science Society of America. 1975. Glossary of Soil Science Terms.
- Steegmayer, P. 1977. Resumen del Soil Taxonomy. Documento preparado y traducido por el MARNR. p. 111.
- Suarez, F. 1982 Conservación de suelos. IICA, Costa Rica p. 296-315.
- Thomas, A.W., R.L. Carter, and J.R. Carreker. 1968. Soil, Water and nutrient losses from tifton loamy sand. Trans. ASAE. 11: 677-679.
- Troeh, F.R., J.A. Hobbs R.L. Donahue. 1980. Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Protection. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs New Jersey, USA. 718 p.
- USDA-SEA-AR., 1981. Soil erosion effects on Soil Productivity: a research perspective. Soil & Water Conserv. 36: 82-90.
- Useche, R., Méndez y P. Yañez. 1987. Evaluación Preliminar del Factor "C" en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Bajo Diferentes Prácticas de Manejo en el Cultivo de Cafeto. Ciencias de la Tierra. Rev. Científica UNET. 1: p. 67-75.
- USDA. 1970 Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos. Traducido del texto original en inglés. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. México - Buenos Aires. 172 p.
- Vásquez, J. 1979. Evaluación en condiciones de laboratorio de los factores que influyen en la producción de sedimentos. Tesis de M.Sc. U.L.A. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida -Venezuela. p. 194-195.
- Wischmeier, W. H. 1960. Cropping Management Factor Evaluation for a Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Proceedings. 24: 322-326.
- Wischmeier, W. H. 1959. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of American Proceedings. 23: 244-249.
- Wischmeier, W. H. y D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses from a Guide to Conservation Planning. Agricultural Handbook N- 537. United States Department of Agriculture. D.C., USA. 58 p.

- Wischmeier, W. H., C. B. Johnson y B. V. Cross. 1971. A - Soil Erodibility Nomograph for Farmland and Construc- tion Sites. Journal of Soil and Water Conservation. 26: 189- 193.
- Wischmeier, W.H. 1976 Use and Misuse of the Universal Soil loss Ecuation. J. Soil and Water Conservation,- 31. 5-9.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D, y Uhland, R.E. 1955 Eva- luation of factors in the Soil- loss Equation Agric. Engng, 39, 458-462.
- Wischmeier, W. y D. Smith 1958. Rainfall energy and - its relation-ship to soil loss. American eophysical Union Transactions. 39: 285- 291. p.
- Yoder, R. 1936. A direc method of aggregate analysis of - soils and a study of the physical nature of erosion lo sses. Journal of American Society of Agronomy. 28: 337 351.
- Zingg, A. 1940 Degree and Length of Land Slope as it - affects Soil loss in runoff Agricultural Engineering 21: 59-64.