

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACION DE LOS FACTORES DE LA ECUACION UNIVERSAL
DE PERDIDA DE SUELO EN LA MICROCUENCA "D", DE LA
CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA.**

AUTOR: BR. JULIO CESAR GUIDO LOPEZ

**ASESORES: ING. AGR. GERARDO ULISES MURILLO MALESPIN
ING. AGR. WILLIAM RAMON GAMEZ MORALES**

MANAGUA, NICARAGUA 1997

DEDICATORIA

A mis Padres **Reynaldo Guido Molina** y **María Mercedes López Cantarero**, a mis hermanos **María Mercedes**, **Marco Antonio**, **Carolina**, **María del Pilar**, **Ivania**, **Juan Carlos** y mis sobrinos **Paul Israel** e **Indiana Mercedes** por todo el amor y cariño brindado, por acompañarme en el sacrificio constante, apoyándome en todos los aspectos que me alentaron a seguir superándome.

A mi hijo **Larry Joel** motivo que me impulsa a seguir adelante, mejorando un poco todos los días; que aunque este lejos él esta siempre en mi corazón.

A **Francesco Broco** mi estimado y querido amigo que Dios lo puso en mi camino dándome todo su apoyo durante los cinco años de estudio de una forma oportuna, desinteresadamente y sin el cual era imposible sostener los estudios universitarios, quedándome en el intento. A él muy especial.

Julio César Guido López

AGRADECIMIENTO

Gracias te doy Dios mío, el Dios de pobres y ricos por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios universitarios y este trabajo de investigación. Tu poder es inigualable y el principio de sabiduría es el temor a ti Jehová.

Agradezco a mis asesores Ing. Gerardo Murillo e Ing. William Gámez por haberme guiado y brindado todo su apoyo en el transcurso de este trabajo.

A la **Facultad de Recursos Naturales del Ambiente** especialmente a la **Escuela de Suelos y Agua**, al mismo tiempo el agradecimiento al **Proyecto de Parcelas de Esgurrimiento "PARES"** por el apoyo técnico-material suministrado.

Al Ing. **José Gabriel López**, **Mireya Mendez** y **Katy Sanchez** del **Centro Nacional de Información y Documentación (CENIDA)**, al igual a las instituciones del **MARENA** y **PASOLAC** respectivamente.

A la Ing. **Marta Sequeira Alemán** e Ing. **Ana Bolaños Prado** por su valiosa colaboración en lo referente a la informática que fue determinante, efectiva, profesional y llena de compañerismo.

A **Jaime Estrada** y **Orlando González** por el procesamiento de las muestras en el laboratorio de la Escuela de Suelos y Agua.

A la Fundación **UNICARAGUA** especialmente a **Leana Bello** y **Leana Nuñez**.

Al departamento de becas de la Universidad Nacional Agraria, especialmente a la **Lic. Idalia Casco**, por su apoyo durante los cinco años de estudio.

A **Rosita Traña**, su ayuda incondicional estuvo siempre a mi orden.

Julio César Guido López

INDICE GENERAL

SECCION	PAGINA
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE FOTOGRAFIAS	iii
INDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
I INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	
Objetivos Generales	3
Objetivos Específicos	3
HIPOTESIS	3
II REVISION DE LITERATURA	
2.1 Ecuación Universal de pérdidas de Suelos	4
2.2 Factor de erosividad por la pp pluvial "R"6
2.3 Factor de Erodabilidad del suelo "K"	7
2.4 Factor de longitud de perdida; "L" y el factor Gradiente de la pendiente "S"	8

SECCION**PAGINA**

2.5 Factor de manejo de cultivos "C"	9
2.6 Factor del método de control de Erosión, "P"	11
2.7 Tolerancia de Pérdidas de suelo	12
2.8 Parcelas de escurrimiento	13
2.9 La erosión de suelo por el	

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización Geográfica	16
3.2 Clima	16
3.3 Precipitación	17
3.4 Geología	17
3.4.1 Suelos	18
3.5 Descripción del área experimental	19
3.6 Procedimiento utilizado en el muestreo de suelo	19
3.7 Métodos para estimar pérdidas de suelos y agua.	19
3.7.1 Cálculos para la determinación de pérdidas de suelo por evento	23
3.8 Procedimiento para recolección y medición de escorrentías para el muestreo en los bidones recolectores.	24
3.9 Análisis estadísticos	25
3.9.1 Descripción de los tratamientos	25
3.10 Manejo agronómico	27
3.11 Variables medidas	27
3.12 Figura distribución de los tratamientos	30

IV	RESULTADOS Y DISCUSION	
	4.1 Pérdida de suelo	31
	4.2 Comportamiento de la cobertura sobre las pérdidas de suelo	36
	4.3 Factores de la E.U.P.S.	42
	4.3.1 Erosividad de la lluvia "R"	44
	4.3.2 Factor Erodabilidad del suelo "K"	45
	4.3.3 Factor pendiente "LS"	46
	4.3.3.1 Longitud de la pendiente "L"	46
	4.3.3.2 Gradiente de la pendiente "S"	46
	4.3.4 Factor uso y manejo de la cobertura vegetal "C"	47
	4.3.4.1 Porcentajes de cobertura vegetal	47
	4.3.4.2 Índice del valor de cobertura	48
	4.3.5 Factor práctica de control de erosión "P"	48
	4.3.6. Pérdidas de suelo potenciales "A"	49
	4.4 Especificación de las pérdidas de nutrientes en sedimentos del suelo erosionados	49
	4.5 Rendimientos de los tratamientos 1 y 2 (cultivo de maíz-frijol) para los ciclos de primera y postrera. 1995	52
V	CONCLUSIONES	56
VI	RECOMENDACIONES	58
VII	BIBLIOGRAFIA	60
VIII	ANEXOS	65

INDICE DE TABLAS

TABLA	PAGINA
1.- Factor de método de control de erosión "P"	11
2.- Tolerancia pérdida de suelo en su profundidad, (Mannerig, 1981)	12
3.- Categorías de pérdidas de suelo (FAO, 1981)	13
4.- Pérdidas de suelo anuales por tratamientos de Junio a Septiembre. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua, 1995	32
5.- Valor de la erodabilidad del suelo (Factor "K") a través de la E.U.P.S. y el Nomograma de Wischmeir . . .	43
6. - Factores de la E.U.P.S. por tratamientos para los ciclos de primera y postrera	46
7.- Pérdidas de nutrientes por eventos lluviosos monitoreados por las parcelas con mayor sedimentos recolectados	51

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1.- Comportamiento de las pérdidas de suelo por tratamiento en los meses de Junio a Septiembre. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	33
2.- Pérdidas de suelo por tratamiento en el ciclo de primera y postrera. Microcuenca "D" de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	35
3.- Efecto de la cobertura vegetal del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) sobre las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	38
4.- Efecto de la cobertura vegetal de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>) sobre las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Ma nagua.1995	40
5.- Comportamiento de la cobertura vegetal mensual del tratamiento 1 y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de las Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	41
6.- Comportamiento de la cobertura vegetal mensual del tratamiento 2 y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	41

SECCION

PAGINA

7.- Comportamiento del tratamiento 3 mensual (sin cobertura vegetal) y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Ma nagua.1995	42
8.- Comportamiento de la erosividad de las lluvias sobre las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995	44
9.- Rendimientos de los tratamientos 1 y 2 (cultivos de maíz y frijol respectivamente) para los ciclos de primera y postrera.1995	54

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA	PAGINA
1.- Parcelas de escurrimiento y aspa rotatoria coschoton	14
2.- Tubos conectados en parte baja de las parcelas y las aspas rotatorias conectada a bidon recolector	14
3.- Perfil del suelo Serie Nejapa	18
4.- Caja electrónica DATALOGGER	21
5.- Pluviómetro electrónico conectado al DATALOGGER	21
6.- Pluviómetro electrónico, vista superior	21
7.- Calibración de las aspas rotatorias	23
8.- Repetición en la calibración de las aspas rotato rias	23
9.- Parcelas desnudas (tratamiento 3) (testigo)	26
10.- Parcelas cultivadas con maíz y frijol (tratamiento 1 y 2)	26

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1

SECCION	PAGINA
1.- Descripción de la Serie Nejapa	65

ANEXO 2

TABLA	PAGINA
8.- Pérdidas de suelo reales en cada uno de los tratamientos por eventos lluviosos	72
9.- Determinación del factor de erosibilidad "R" y las pérdidas de suelo reales "A"	73
10.- Valores promedios de índices de cobertura vegetal de los tratamientos 1 y 2 representados por los cultivos de Maíz y Frijol respectivamente.1995	74
11.- Organización de los análisis físicos y químicos de las parcelas de escurrimiento de Villa Fontana	75
12.- Organización de los análisis físicos y químicos de las parcelas de escurrimiento de Villa Fontana	76
13.- Organización de los análisis físicos y químicos de las parcelas de escurrimiento de Villa Fontana	77
14.- Consolidado de pérdida de suelo	78

ANEXO 3

FIGURA	PAGINA
10.- Mapa de la ubicación de la Microcuenca "D" de la Cuenca Sur del Lago de Managua	79
11.- Nomograma para determinar el valor del factor de erodabilidad "K"	80
12.- Diagrama para determinar el valor del factor de índice de cobertura vegetal "C"	81

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la microcuenca “D”, de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Se determinaron los factores de la E.U.P.S., las pérdidas de suelo reales estimadas por la metodología de Coschoton y la influencia de la cobertura vegetal de los cultivos de maíz (60,811 pts/ha) y frijol (225,225 pts/ha) en rotaciones únicas sembradas a curvas a nivel. Se utilizaron 6 parcelas de escurrimiento bajo la metodología de Wishmeier, con dimensiones de 2 m de ancho y 22.2 m de largo por cada parcela. Las variables evaluadas fueron las pérdidas de suelo reales por evento lluvioso, y los factores de la E.U.P.S. La información se presenta de forma descriptiva. Según datos obtenidos en el estudio demostraron que las parcelas desnudas presentaron las mayores pérdidas de suelo reales en el ciclo de primera como postrera, las parcelas cultivadas con maíz resultó ser más efectivo que las parcelas cultivadas con frijol en la época de primera, en postrera las pérdidas de suelo disminuyeron sustancialmente siendo las parcelas cultivadas con frijol las más efectivas dado que no presentó pérdidas de suelo. Los meses de Junio, Agosto y Septiembre son los meses con mayor susceptibilidad a las pérdidas de suelo coincidiendo éstas en la fase de germinación y plántula cuando la protección del cultivo es baja o nula. Dicha rotación presentó valores de pérdidas de suelo por arriba de los niveles de tolerancia anuales propuestos por Mennering (1981) y Schertz (1993), recomendando implementar otras técnicas de conservación de suelo adicional a la práctica de cultivos en contornos para reducir las pérdidas de suelo.

I INTRODUCCION

En Nicaragua, la erosión hídrica es la forma más importante de erosión, ya que la erosión eólica está localizada en el occidente del país.

Aproximadamente 7.7 millones de hectáreas del territorio nacional presentan grados variables de erosión. De este total, 4.1 millones (53%), presentan erosión leve a moderada, 2.5 millones (33.4%) erosión moderada a fuerte y 1.1 millones (14.9%) erosión fuerte a severa. De las estimaciones mencionadas, existen diversos resultados experimentales que confirman la magnitud que ha alcanzado la erosión a nivel nacional (IRENA, 1994).

Tomando en cuenta que la erosión hídrica en Nicaragua es un problema de graves consecuencias; por lo tanto derivan el interés de muchas instituciones, organizaciones y profesionales para tratar de dar solución a dicha problemática. Entre estos podemos mencionar la creación en el año 1988 del Proyecto de Control de Erosión de Managua; proyecto de conservación de suelo en el municipio de Santa Lucia Boaco; así como estudios más recientes sobre conservación de suelos de Pacheco (1987), Rivas (1992), Mendoza (1994), entre otros, y el presente trabajo de investigación que fue realizado por la Escuela de suelos y agua en coordinación con el Proyecto Parcelas de Escurrimiento "PARES" el cual llevó a cabo estudios sobre pérdidas de suelo en la Microcuenca "D" desde el año 1993 a 1995.

La erosión hídrica es el proceso de dispersión, remoción y transporte de partículas del suelo por la acción del agua (Kirkby & Morgan, 1991), actúa de manera selectiva, arrastrando las partículas más finas y más reactivas del suelo (arcilla y materia orgánica), y deja las partículas más gruesas, pesadas y menos reactivas, que provoca una disminución de la concentración de nutrientes (Stocking, 1984).

El estudio tuvo como propósito estimar las pérdidas de suelo bajo diferentes tipos de cobertura vegetal (maíz y frijol sembrados en contorno), utilizando la metodología de parcelas de escurrimiento propuestas por Wischmeier, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y la metodología de Coshocton de recolección de alícuota.

La Microcuenca "D" de la Cuenca Sur del Lago de Managua es una zona de escurrimiento donde el flujo superficial producto del exceso de la precipitación es descargada y los sedimentos depositados en el lago Xolotlán, cabe la gran importancia de estudiar estos suelos respecto a su erosividad, erodabilidad y los manejos agronómicos (técnico-prácticos), recomendables para su conservación y aprovechamiento en una agricultura sostenible; para la realización del presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- a) Evaluar los factores de E.U.P.S. mediante el uso de parcelas de escurrimiento utilizando la metodología de Coshocton.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Conocer la relación del factor erosividad de la lluvia "R" y pérdidas de suelo "A".
- b) Determinar el factor erodabilidad del suelo "K" a través de la Ecuación Universal de Pérdida de suelo y el Nomograma de Wischmeir (1974).
- c) Estimar el efecto del factor cobertura vegetal "C" sobre la pérdida de suelo.
- d) Determinación de las pérdidas de nutrientes por eventos lluviosos a través de los sedimentos recolectados.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 - Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (E.U.P.S.)

El método de uso más amplio para la predicción de pérdida de suelo por parte de los conservacionistas es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (E.U.P.S.):

$$A = R * K * L * S * C * P$$

en donde:

A = La pérdida de suelo, t/ha/año.

R = Factor de erosividad por precipitación pluvial, MJmm/ha/hr.

K = Factor de erodabilidad del suelo, t/ha.año/MJmm/ ha/hr.

L = Factor de longitud de pendiente (adimensional).

S = Factor de gradiente de pendiente (adimensional).

C = Factor de manejos de Cosechas (adimensional).

P = Factor del método de control de erosión (adimensional).

La ecuación ($R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$) se llamó "Universal" porque estaba exenta de algunas de las generalizaciones y restricciones geográficas y climáticas inherentes en los primeros modelos.

La E.U.P.S. se desarrolló como un método para predecir la pérdida promedio anual de suelo procedente de la erosión en interarroyuelos y arroyuelos al poder disponer de los valores de los parámetros, las alternativas de cultivo y de manejo pueden determinarse para reducir la pérdida de suelo estimada a los valores de tolerancia sugeridos para el tipo de suelo. Según Wischmeier (1976), la E.U.P.S. puede utilizarse adecuadamente para:

- 1) Predecir la pérdida anual de suelo de una pendiente en un campo con condiciones específicas para uso de la tierra.
- 2) Servir como guía en la selección de sistemas de cultivo y manejo y de prácticas de conservación para suelos y pendientes específicas.
- 3) Predecir el cambio en la pérdida de suelo que resultaría de un cambio en las cosechas de conservación sobre un campo específico.
- 4) Determinar cómo pueden aplicarse o alterarse las prácticas de conservación para permitir un cultivo más intensivo.

- 5) Estimar las pérdidas de suelo en área con uso de suelo distinto al agrícola.
- 6) Obtener estimaciones de pérdidas de suelo para que los conservacionistas determinen las necesidades de conservación (Kirby & Morgan, 1991).

Esta ecuación se desarrolló de datos de más de cuarenta años que se obtuvieron en parcelas pequeñas, localizadas en varios lugares de E.U.; se utiliza en la determinación de las medidas adecuadas para conservar y planificar el cultivo y para predecir las pérdidas indefinidas de sedimentos en programas de control de la contaminación. A pesar de la simplificación de las muchas variables implicadas, la E.U.P.S. es el método más aceptable para estimar las pérdidas de sedimentos (Schawb et al., 1990).

2.2 Factor de erosividad por la precipitación pluvial, "R"

El factor de erosividad por precipitación pluvial en la E.U.P.S. es el índice de erosión de la precipitación pluvial según lo presentara Wischmeier (1956). El factor R es una definición de la erosividad como resultado de la precipitación pluvial, y se define como el producto de dos características de la lluvia tempestuosa: la energía cinética y la intensidad máxima durante 30 minutos.

Una ecuación de regresión que describe la energía cinética de una lluvia tempestuosa o porción de un fenómeno de precipitación pluvial se desarrolla de la manera siguiente:

$$E = 0.119 + 0.00873 \log_{10} I.$$

en donde:

E = energía cinética, (Mj/ha).

I = intensidad de la precipitación pluvial, (mm/h).

(Kirkby & Morgan, 1991).

2.3 Factor de erodabilidad del suelo, "K"

El factor de erodabilidad del suelo, K, en la E.U.P.S. es una descripción cuantitativa de la erodabilidad inherente de un suelo determinado. Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas cuando los demás factores que afectan la erosión son los mismos. Las propiedades del suelo que afectan la tasa de infiltración, como permeabilidad, capacidad hídrica total, dispersión, abrasión y fuerzas de transporte también afectan la erodabilidad. Para un suelo determinado, el factor de erodabilidad del suelo, K, es la tasa de erosión por unidad de índice de erosión a partir de una parcela standar.

Su cálculo se realizará a partir de la E.U.P.S., con la siguiente fórmula :

$$K = \frac{A}{RLSCP} \quad (\text{t/ha.año/MJmm/ha.hr}).$$

También se calcula con el nomograma de erodabilidad de Wischmeier (Ver Anexo 3, Figura 11).

2.4 Factor de longitud de pendiente, "L", y el factor de gradiente de pendiente, "S"

Los efectos de la longitud y el gradiente de la pendiente se representa en la E.U.P.S. como L y S, respectivamente; sin embargo, a menudo se evalúan como factor topográfico único, LS. La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. El canal puede ser parte de una red de drenaje a un canal construido. El gradiente de la pendiente es el segmento de pendiente, expresado generalmente como un porcentaje. El desarrollo de la E.U.P.S. se basó en la longitud de una parcela estándar de 22.13 metros (Wischmeier y Smith, 1965); por lo tanto, el factor de longitud de la pendiente se definió como:

$$L = \left[\frac{X}{22.13} \right]^m$$

en donde: L = factor de longitud de la pendiente.

X = longitud de la pendiente, en metros.

m = un exponente que refleja la relación entre la pendiente y el grado de erosión.

Las recomendaciones actuales (Wischmeier & Smith, 1978) para el exponente m son:

$m = 0.6$ si la pendiente >10 por ciento y < 50 por ciento.

$m = 0.5$ si la pendiente ≥ 5 por ciento y < 10 por ciento.

$m = 0.4$ si la pendiente < 5 por ciento y > 3 por ciento.

$m = 0.3$ si la pendiente ≤ 3 por ciento y ≥ 1 por ciento.

$m = 0.2$ si la pendiente < 1 por ciento.

El factor gradiente de la pendiente (S), se determina mediante la fórmula :

$$S = 0.065 + 0.045P + 0.0065P^2 .$$

donde:

P = Caída vertical por 100 unidades (%).

(Kirkby & Morgan, 1991).

2.5 Factor de manejo de cultivos, "C"

El factor de manejo de los cultivos 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 de la estación de crecimiento.

Wischmeier y Smith presentaron tablas de los valores del factor C considerablemente ampliadas, las cuales representan la mayor parte de los programas de cultivo y manejo que se usan en los Estados Unidos. Se identifican 6 etapas del cultivo y se definen como:

Período F - Barbecho burdo.

De la labranza de inversión hasta una labranza secundaria.

Período DB - Camellones.

De labranza secundaria para camellones hasta un 10 por ciento de cobertura por follaje.

Período 1 - Establecimiento.

De 10-50 por ciento de cobertura por follaje.

Período 2 - Desarrollo.

De 50-70 por ciento de cobertura por follaje.

Período 3 - Cultivo en maduración.

Del 75 por ciento de cobertura por follaje hasta la cosecha del cultivo.

Período 4 - Residuo o rastrojo.

De la cosecha del cultivo hasta la labranza o nueva siembra.

2.6 El factor del método de control de la erosión , "P"

El factor del método de control de la erosión es la proporción de la pérdida de suelo cuando se hace uso de alguna práctica específica en comparación con la pérdida de suelo cuando se cultiva en laderas de las colinas. Los métodos de control de la erosión que por lo general se incluyen en éste factor son la delineación de los contornos, el cultivo en franjas de contorno, y el terraceo. La labranza de conservación, la rotación de cultivos, los tratamientos de fertilización y la retención de los residuos son métodos importantes en el control de la erosión. Sin embargo, éstas prácticas de cultivo se incluye en los factores de manejo de cultivo descrito anteriormente.

Los factores de método para las tres principales prácticas mecánicas según la recomiendan Wischmeier y Smith (1978), aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Factor de método de control de la erosión, "P".

Pendiente del terreno, (%)	Cultivo en contorno	Cultivo en franja de contorno y surcos irrig.	Terraceo
1-2	0.60	0.30	0.12
3-8	0.50	0.25	0.10
9-12	0.60	0.30	0.12
13-16	0.70	0.35	0.14
17-20	0.80	0.40	0.16
21-25	0.90	0.45	0.18

(Kirby & Morgan, 1991)

2.7 Tolerancia de Pérdidas de suelos

Schertz (1983), cita el origen del valor de tolerancia asignado a los suelos de los Estados Unidos de América, en 12 t/ha/año, proviene de un suelo profundo, de textura media, moderadamente permeable y con características del subsuelo favorables para el crecimiento de las plantas, puede tener una tasa de renovación del horizonte superficial de 1 mm/a., para un valor de densidad aparente de 1.2 g/cc.

El producto de la lámina de suelo perdida (0,001 m/año) por los metros cuadrados que tiene una hectárea (10,000 m²) daría el volumen de suelo perdido (10 m³), el cual al multiplicarlo por la densidad aparente (1.2 t/m³) daría el valor de la tolerancia de 12 t/ha/año.

Mannering (1981), desarrolla una tabla para representar los niveles de tolerancia de pérdidas de suelo, según la profundidad del suelo sin restricciones al desarrollo radicular.

Tabla 2. Tolerancia de pérdida de suelo en su profundidad.

Profundidad del suelo. (cm)	Tolerancia. (t/ha/a.)
00 - 25	0 - 4
25 - 50	4 - 8
50 - 100	8 - 12
100 - 150	12 - 16
150 - 200	16 - 20
> 250	> 20

Fuente : Mannering, 1981.

La FAO (1980) a tomado en cuenta la falta de técnicas y metodologías que permitieran comparar los efectos de varios tipos de degradación de los suelos y sabiendo que no es posible su comparación directa desarrolló la siguiente clasificación.

Tabla 3. Categorías de pérdidas de suelo.

Categorías.	Pérdida de suelo.	
	t/ha/a.	mm/ha.
Ninguna a ligera.	< 10	< 0.6
Moderada.	10 - 50	0.6 - 3.3
Alta.	50 - 200	3.3 - 13.3
Muy alta.	> 200	> 13.3

Fuente : FAO, 1980.

2.8 Parcelas de escurrimiento

Las parcelas de escurrimiento constituyen la metodología más confiable para determinar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica. Una parcela de escurrimiento consiste en un terreno rectangular, de superficie conocida, limitada por paredes que evitan la entrada de agua del exterior. La longitud de la parcela está en el sentido de la pendiente. La parte de la lluvia que no infiltra, es decir, la esorrentía, corre sobre la superficie de la parcela y se reúne en la parte baja que tiene un canal recolector y, por un tubo, se recoge en un recipiente. Por medio de muestras y mediciones del agua y del sedimento en el recipiente, se calcula la cantidad de suelo perdido y el agua escurrida (Ver Fotografía 1).

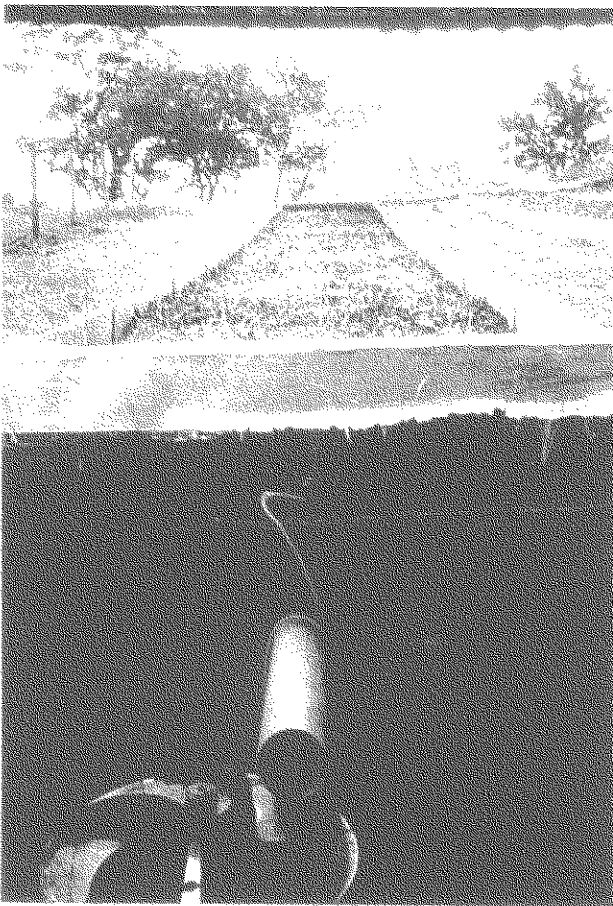


Foto.1. Parcelas de escurrimiento y aspas rotatorias Coschoton.

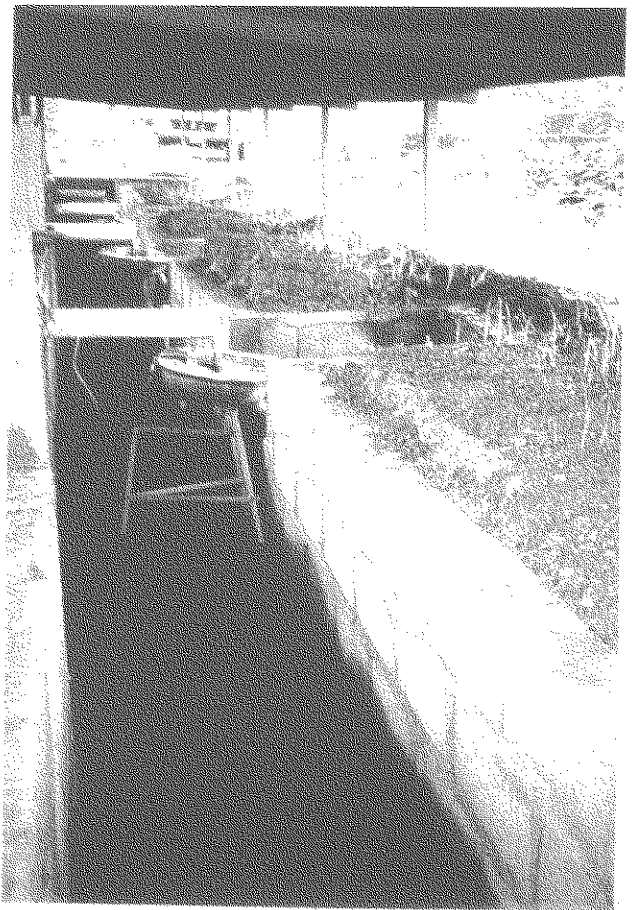


Foto.2. Tubos conectados en las partes bajas de las parcelas y las aspas rotatorias conectadas al bidón recolector.

2.9 La erosión de suelo por el agua

El procedimiento de determinación de la cantidad de suelo contenido en los diversos depósitos recolectores empleados en las parcelas grandes es semejante al que se ha descrito a propósito de las parcelas pequeñas. La gran cantidad de mano de obra necesaria para tomar muestras de estos depósitos y para determinar la cantidad de suelo contenido en ellos después de cada aguacero.

Además del costo de instalación, ha hecho que se investigue intensamente la posibilidad de construir dispositivos medidores más baratos y más fáciles de manejar.

Uno de los más satisfactorios de estos dispositivos es la rueda de COSHOCTON, que recoge la centésima parte del agua de escurrimiento y de suelo perdido. Este aparato consiste en una rueda hidráulica que tiene una ranura para recoger una muestra del agua de escurrimiento y del suelo perdido, además de un canal por el que el agua de escurrimiento pasa a la rueda hidráulica. La energía hidráulica del agua de escurrimiento hace girar la rueda, recogiendo intermitentemente una porción del agua en la ranura en cada revolución de la rueda hidráulica (Ver Fotografía2)

Este dispositivo proporciona resultados excelentes cuando se le construye adecuadamente y se instala como es debido. Es fundamental que el canal por el que el agua va a la rueda hidráulica, se construye de acuerdo con las indicaciones hechas para impedir el aterramiento, pues este hace que la rueda de resultados erróneos. La porción de agua de escurrimiento y suelo perdido pasa por un tubo situado debajo de la rueda hidráulica, a un depósito colector. Se determina la cantidad de agua de escurrimiento y de suelo contenido en el colector y se multiplica esta cantidad (por cien), para hallar el escurrimiento y la erosión totales. En algunas instalaciones se utilizan canales graduados con registradores del paso, junto con las ruedas hidráulicas para medir la cantidad de escurrimiento y la velocidad de este (FAO, 1981).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

El área experimental está ubicada en la Cuenca Sur del Lago de Managua, dentro de la microcuenca "D" entre las coordenadas 12°06' Latitud Norte y 86°15'52" Longitud Oeste, y una altitud de 230 msnm, con una pendiente de 15% en dirección Este a Oeste, el suelo es de la serie Nejapa (Catastro, 1971), (Ver Anexo 1, descripción de la serie Nejapa), son suelo de origen volcánico con capas de talpetate a 25 cm de profundidad (Ver Fotografía 10).

3.2 Clima

Las zonas de clima y vegetación, según las clases climáticas de Koopen, son clasificadas como trópico sub-húmedo y sabana respectivamente (Young, 1989). El mes más caliente es abril, con una temperatura mensual promedio de 29.8 °C y diciembre el más frío con 25 °C. Las temperaturas promedio anual son de 27.5 °C. La evaporación anual promedio de la región es de 2,300 mm. El mes que presenta la mayor evaporación es abril con 312 mm y octubre es el que presenta la evaporación más baja con 132 mm. La humedad del área varía marginalmente dentro del año; la humedad relativa promedio varía entre 67.9% en marzo y 85.9% en octubre (SUWaR, 1992). La velocidad del viento promedio en la zona es de 3.4 m/s. El mes con la velocidad del viento más alta es marzo con 4.7 m/s y el mes con la velocidad del viento más baja es octubre con 2 m/s.

En la zona se localizan tres estaciones meteorológicas de las cuales se obtiene la información climática de la microcuenca en la que se encuentra el área experimental.

- .- Aeropuerto Internacional A.C. Sandino.
- .- El Crucero.
- .- Masaya.

3.3 Precipitación

Como en todo el resto de la zona del pacífico, la estación lluviosa generalmente inicia en el mes de mayo, finalizando en el mes de octubre. Es durante este período en donde el 85 al 97 % de la precipitación anual total ocurre. Dentro del período lluvioso se da un período seco de aproximadamente un mes que inicia del 15 de julio y termina el 15 de agosto, llamado **canícula**. IRENA (1983), reportó una precipitación promedio anual en la zona sur de Managua de 1350 mm.

3.4 Geología

Las parcelas de escurrimiento se encuentran inmersa en la microcuenca "D" donde se aprecian los efectos de un recién pasado vulcanismo y tectonismo como consecuencia de esto, los materiales que predominan en el área son:

Coladas de Lava, piroclastos, cenizas, lapilli, pómez, talpetate, tobas, sedimentos aluviales, coluviales, coluvio-aluviales, fluvi-lacustre. Tales materiales contribullen a la fragilidad propia de estos suelos. El tectonismo a dejado el área fracturada con gran cantidad de fallas paralelas que son las responsables de frecuentes sismos en el área.

3.4.1 Suelos

El área experimental se encuentra ubicada en los suelos de la SERIE NEJAPA (NJ) (Ver Anexo 1).

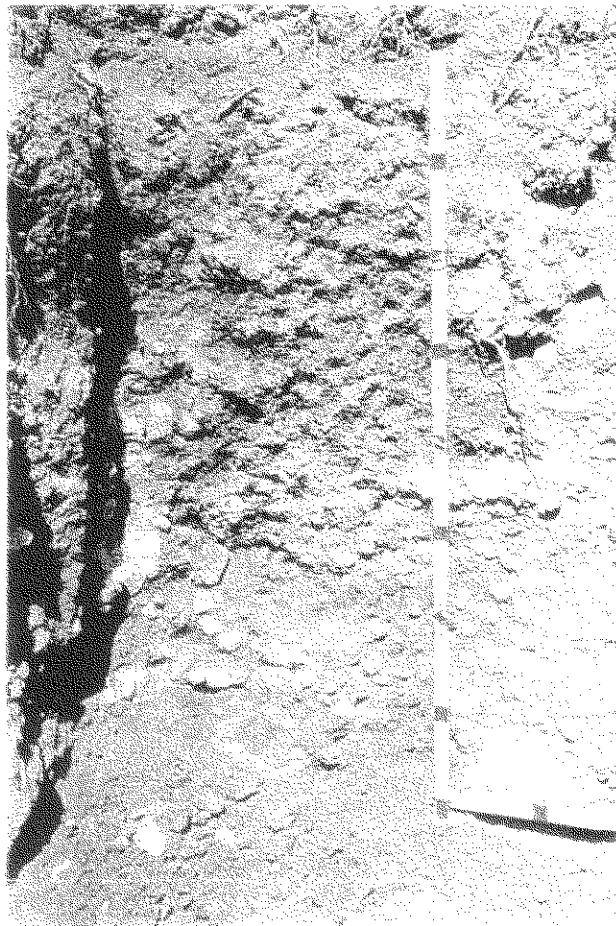


Foto.3. Perfil del suelo serie Nejapa.

3.5 Descripción del área experimental

Esta compuesta de seis (6) parcelas de escurrimiento para estimar pérdidas de suelo y agua; la pendiente de las parcela esta dispuesta de E - O. Las dimensiones de las parcelas es de 2 m de ancho por 22.2 m de largo para un área por parcela de 44.4 m², por ende el área experimental total corresponde a 266.4 m².

3.6 Procedimiento utilizado en el muestreo de suelo

Por cada parcela se tomaron 3 muestras (con pala) para análisis químico y granulométrico (2 kg. por muestra), y 3 muestras no alteradas para determinar densidad aparente.

Para hacer el muestreo de suelo se escogieron las partes altas, medias y bajas de la ladera de las parcelas. Se hizo un muestreo en postrera después de la cosecha.

3.7 Método para estimar pérdida de suelo y agua

Por cada parcela se calibró el **ASPA ROTATORIA**; esta calibración no es más que eliminar el error producto del desnivel de la misma causado durante su instalación, es decir, cada aspa tiene una mínima desnivelación que no es apreciada por el ojo humano, éste margen de error causado es eliminado por la calibración del equipo.

El aspa rotatoria, es una rueda metálica que en la parte

El aspa rotatoria, es una rueda metálica que en la parte superior tiene adheridas cuatro aspas, cuyo funcionamiento es que al chocar el agua contra ellas, hacen girar la rueda, este ritmo varía dependiendo de la velocidad del escurrimiento. La rueda tiene una abertura en forma de triángulo (8°), por esta abertura en cada revolución fluye una centésima parte del escurrimiento al bidón recolector (con capacidad de 52 litros) (Ver Fotografía 1). Toda la información de temperatura, precipitación y las rotaciones del aspa rotatoria, etc es almacenada en los **DATALOGGER** (caja electrónica que registra datos con una frecuencia de cada 2 minutos), toda esta información es vaciado en un sistema computarizado. (Ver Fotografías 4, 5, 6).

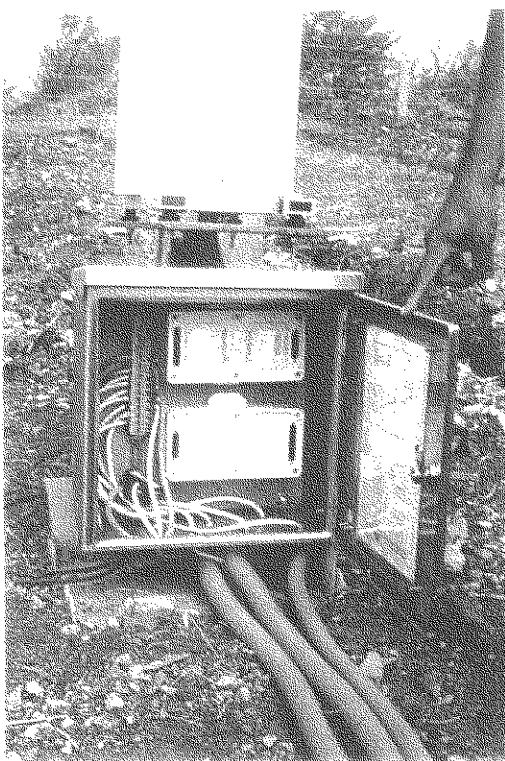


Foto.4. Caja electrónica DATALOGGER.



Foto.5. Pluviómetro electrónico conectado al DATALOGGER.

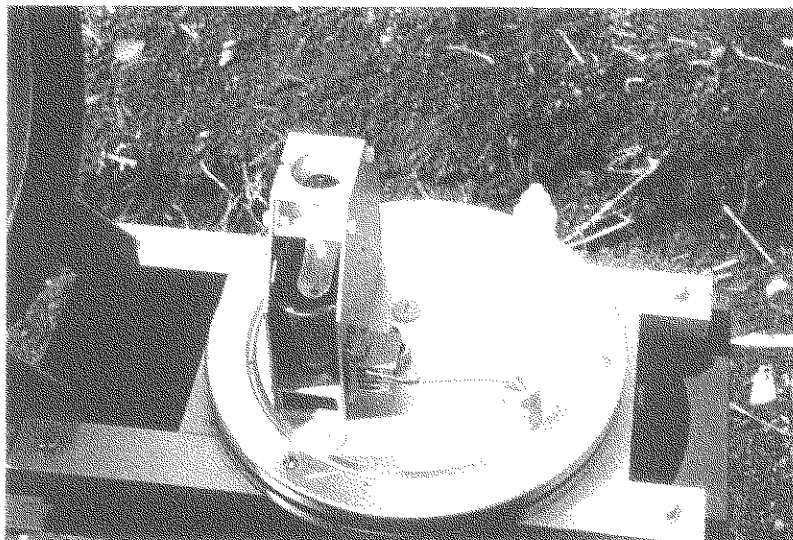


Foto.6. Pluviómetro electrónico, vista superior.

Para la calibración se obtiene un valor fijo, éste se obtiene al vertir cierto volumen de agua sobre el aspa, y luego sacar la relación porcentual respecto a la capacidad del bidón recolector.

Para la calibración de cada aspa rotatoria se siguen los siguientes pasos: (Ver Fotografía 7 y 8).

1) Se vierte un determinado volumen de agua en el canal recolector , acompañado de tres o más repeticiones, obteniendo diferentes volúmenes de agua recolectado por cada una de las aspas rotatorias.

2) Una vez obtenido los volúmenes se utiliza la siguiente ecuación para obtener el valor fijo de calibración de cada aspa rotatoria:

$$\text{Valor fijo} = \frac{V_v}{V_t} \times 100 = \% \text{ fijo}$$

Donde: V_v = Vol. de agua vaciado sobre el aspa.

V_t = Vol. del tanque (52 L).

100% = Capacidad en por ciento del tanque.

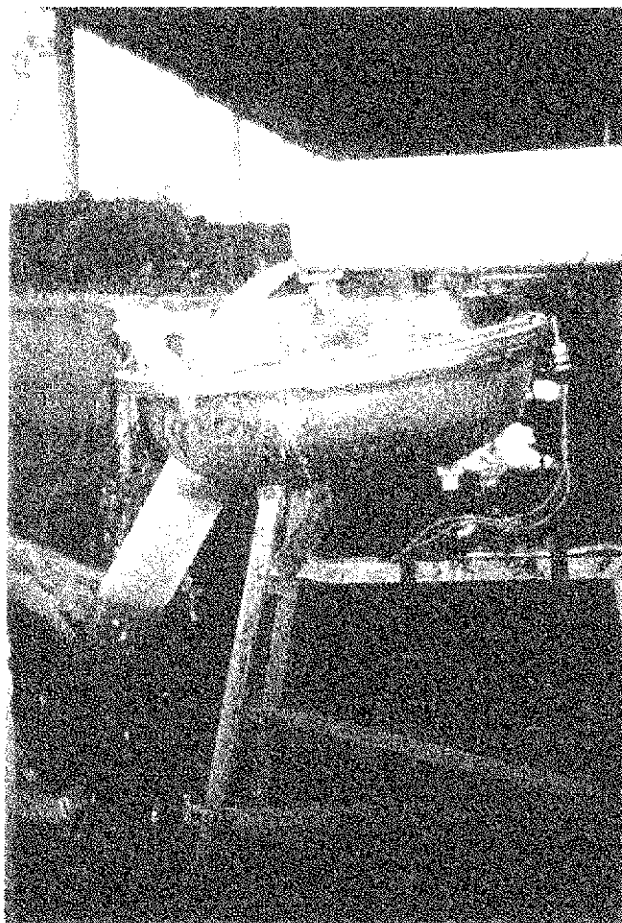


Foto.7. Calibración del aspa rotatoria.

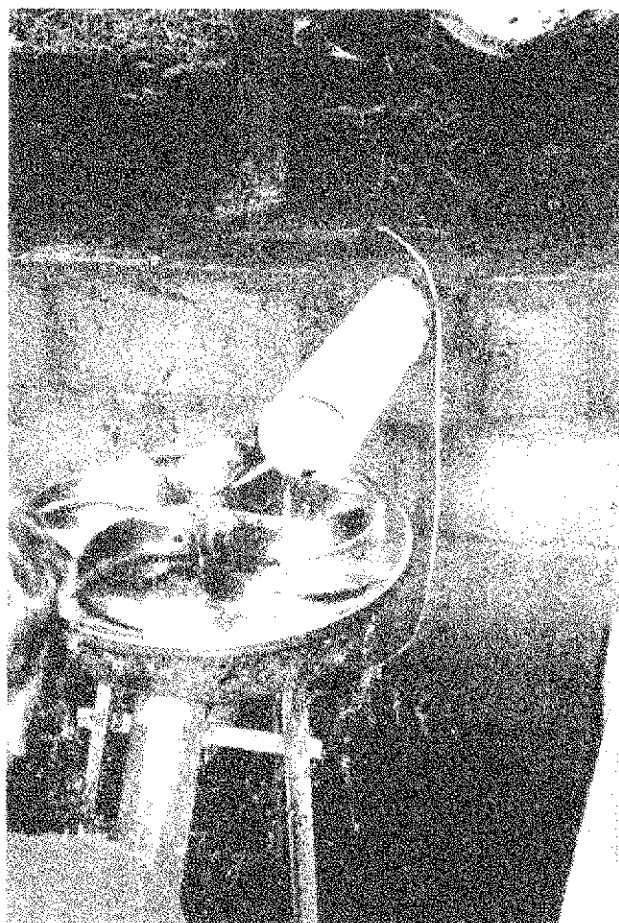


Foto.8. Repetición en la calibración de las aspas rotatorias.

Después de cada precipitación, se recolecta una muestra de sedimento para la determinación de la cantidad de suelo en gramos por litro de agua.

3.7.1 Cálculos para la determinación de pérdida de suelo por evento

Fórmula:

$$\frac{L}{\% \text{ fijo}} \times 100 = \text{Volumen total salido de la AP.}$$

donde: L = cantidad de escurrimiento en litros,
recolectado en el bidón.

AP = (Area de parcela) = 44.4 m²

PSS = Peso de suelo seco (salido de laboratorio)

Pérdida de suelo = PSS * Volumen total

Los gramos de suelo seco obtenidos en la parcela (44.4 m²),
se convierten a t/ha.

Al hacerse las calibraciones por cada una de las parcelas
se obtuvieron los siguientes porcentajes fijos.

Parcelas.	Por ciento fijo.
1	2.67
2	2.92
3	2.94
4	2.46
5	2.24
6	2.24

3.8 Procedimiento para recolección y medición de escorrentías para el muestreo en los bidones recolectores

Se utiliza un agitador por un tiempo de cinco minutos con
el fin de obtener una mezcla homogénea de la alicuota (agua mas
suelo), por cada bidón se sacan 2 litros de muestra. Estas
muestras son marcadas y llevadas al laboratorio para determinar
el contenido de agua y sedimento por análisis gravimétrico.

3.9 Análisis estadísticos

La metodología es descriptiva, con seis (6) parcelas. De los cuales se tomaban los datos para cada uno de los factores en estudio como son: las pérdidas de suelo, la cobertura vegetal, los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. A continuación se presentan como se dividieron las seis parcelas en tratamientos para detallar la información obtenida de cada parcela.

3.9.1 Descripción de los tratamientos

- **Tratamiento 1 (T1)** se basó en la siembra de maíz NB-6 en surcos perpendiculares a la pendiente. Corresponde a las parcelas 1-5 en primera y 2-4 en postrera.

- **Tratamiento 2 (T2)** se basó en la siembra de frijol rojo variedad Revolución 84 en surcos perpendiculares a la pendiente. Corresponde a las parcelas 2-4 en primera y 1-5 en postrera (Ver Fotografía 10).

Las parcelas (1-5) cultivadas con maíz en primera se rotaba con el cultivo de frijol en postrera y las parcelas (2-4) cultivadas con frijol en primera se rotaba con maíz en postrera.

- **Tratamiento 3 (T3)** consistió de parcelas con suelo completamente desprotejido, es decir sin cobertura vegetal; Correspondió a las parcelas 3-6 durante los dos ciclos (primera y postrera). (Ver Fotografía 9).

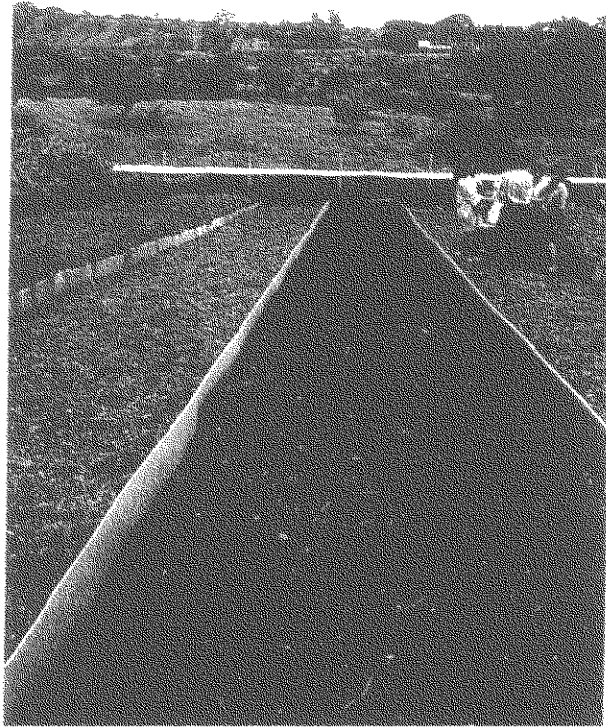


Foto.9. Parcelas desnudas (Tratamiento 3)



Foto.10. Parcelas cultivadas con maíz y frijol (Tratamiento 1 y 2)

3.10 Manejo agronómico

La preparación del suelo se realizó con un pase de arado, dos pases de grada y el surcado, la siembra se realizó de forma manual, para el cultivo de maíz se sembró a 0.80 metros entre surco y 0.20 metros entre plantas para obtener una densidad poblacional de 60,811 pts/ha. En el cultivo de frijol se sembró a 0.40 metros entre surcos y 0.10 metros entre plantas para obtener una densidad poblacional 225,224 pts/ha. Las densidades de siembra y las variedades de cultivos se determinaron por que éstas son las más utilizadas por los productores del área de estudio.

En las parcelas testigos (sin cobertura vegetal) no se realizaron prácticas de preparación de suelo, solamente se hacía control de malezas (chapia) cuando había presencia de éstas.

La fertilización se realizó de la siguiente forma: en maíz al momento de la siembra se aplicó completo (12-30-10) a razón de 129.2 kg/ha, y a los 30 dds se aplicó urea 46% a razón de 193.8 kg/ha. En frijol se aplicó 193.8 kg/ha de completo (10-30-10) al momento de la siembra.

En la época de postrera se realizó un control de insectos cortadores (*Feltia subterranea*), se hizo una mezclas de 0.5 lb de Dipterex, con 25 lb de afrecho y 0.5 lb de melaza, adicionando agua hasta humedecer, y para el control de enfermedad fungosa (Mancha angular) se aplicó Dithane M-45 a razón de 498 g/ha.

3.11 Variables Medidas

- Pérdida reales de suelo por cada evento lluvioso.
- Factor "R" de las precipitaciones globales.
- Factor longitud (L).
- Factor gradiente (S).
- Factor C (Porcentaje de cobertura)
- Factor P (tomado de la tabla editada por Kirby & Morgan, 1991).
- Factor K

Porcentaje de cobertura: Este se determinó por el método del espejo, el método consiste en un instrumento metálico, el cual posee en la parte superior una cinta métrica con 10 tubos (5 mm de diámetro) adheridos a una barra; en la parte inferior posee un espejo rectangular de 1.4 metro de largo por 0.03 metros de ancho. Este instrumento posee dos niveles, uno ubicado en uno de los extremos del espejo y otro en la parte central al lado del espejo.

En los cultivos menores a 1 metro de altura, se observa directamente a través del orificio de los tubos dispuestos en forma perpendicular al cultivo, y en los cultivos con alturas mayores a 1 metro los tubos son dispuestos perpendicularmente al espejo rectangular; se hacen las observaciones a través de los orificios reflejados en el espejo, cada tubo representa 1% de cobertura, a lo largo de la barra se hacen 10 observaciones cada 10 centímetros, si se observa verde a través de los orificios de los tubos esto representa que existe cobertura.

En parcelas con longitudes de 11 a 22 metros se recomienda para una mayor precisión marcar 3 puntos para medición de cobertura, uno en la parte superior, otro en la parte media y el tercero en la parte inferior . Los puntos para la observación de la cobertura del suelo deben ser demarcado inmediatamente después de la emergencia de las plántulas del cultivo. A partir de ese momento las determinaciones de cobertura del suelo serán realizados siempre en los mismos puntos (Da Veiga, 1993).

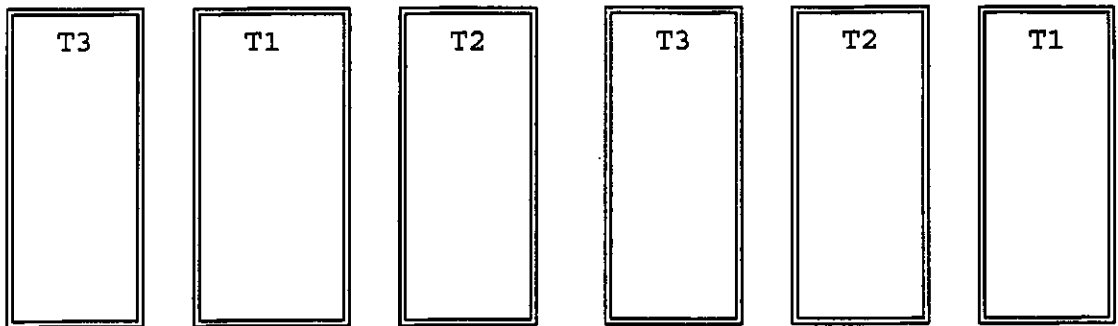
La metodología utilizada en el experimento para la cobertura vegetal fue la siguiente: En las parcelas cultivadas con Maíz y Frijol, se tomaron 3 surcos, y 30 observaciones, 10 perpendicular al surco y 20 paralelos a los surcos.

Las observaciones se tomaban cada 8 días en el caso del cultivo de Maíz y cada 6 días en el cultivo de Frijol. Dichas observaciones se hacían estratificadas en las parcelas (en la parte alta, parte media y parte baja).

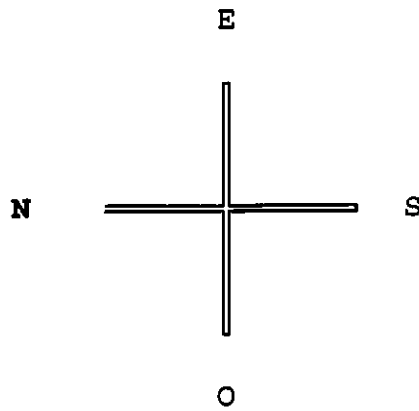
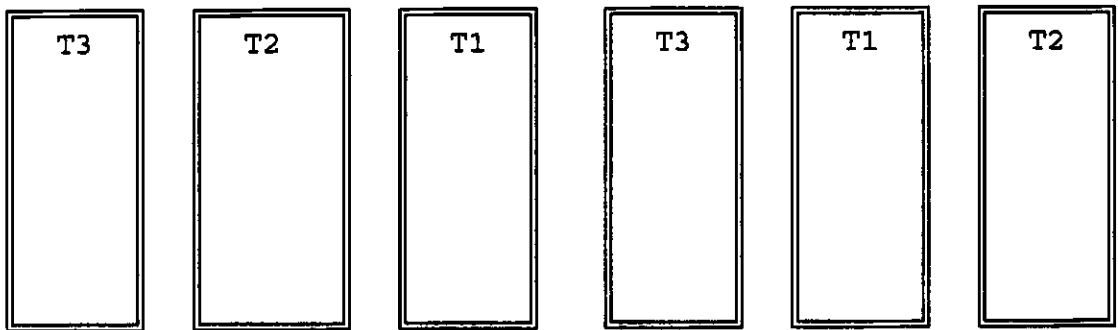
Por cada punto de observación en la parcela se registró un porcentaje de cobertura, Luego se obtuvo un promedio total sumando los porcentajes de cobertura de los tres puntos de observación, obteniendo así un porcentaje total de cobertura vegetal por parcela. Posteriormente se estimaba el índice de cobertura a través del diagrama de Wishmeier para lo cual se tomaba en cuenta tanto la cobertura vegetal como las alturas de los cultivos de maíz y frijol (Ver Anexo 3, Figura 12)

3.12 Figura distribución de los tratamientos

Primera



Postrera



IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Pérdida de suelo

La investigación ejecutada bajo la metodología de parcelas de escurrimiento de Wischmeier; se utilizó para estimar las pérdidas de suelo a través de la metodología de Coschoton, así como el uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

Los suelos donde se ubicó el área experimental son altamente susceptibles a la erosión hídrica debido a su formación de origen volcánico, al mal uso y manejo del suelo y a altos índices de erosividad de la lluvia como se demuestra en los siguientes incisos, lleva como consecuencia un proceso acelerado de degradación del suelo.

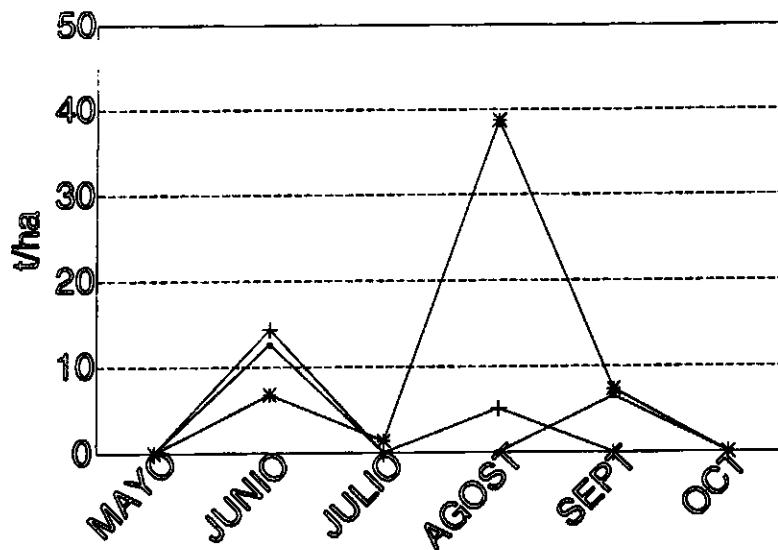
Durante la estación lluviosa que fue establecido el sistema de rotación única maíz-frijol se registraron un total de catorce eventos erosivos siendo dos de ellos los más importantes desde el punto de vista de remoción de suelos y uno en el ciclo de postrera, el cual se caracterizó por escasos eventos lluviosos con poder erosivo durante éste período.

En el transcurso del estudio el total de lluvias de los meses de Junio a Septiembre alcanzaron pérdidas de suelo por arriba de los niveles de tolerancia propuesto por Mennering (1981) y Schertz (1983) (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Pérdidas de suelo anuales por tratamiento estimados de Junio a Septiembre. Microcuenca "D" , de la Cuenca Sur del Lago de Managua.1995.

TRATAMIENTO.	PERDIDAS DE SUELO (t/ha/año).
1 (Cultivo de Maíz)	19.17
2 (cultivo de frijol)	19.51
3 (parcelas desnudas)	54.27
Total.	92.765

El tratamiento 3 con las parcelas desnudas resultó con las mayores pérdidas de suelo, debido a que estas fueron desprovistas de cobertura vegetal que protege el suelo para evitar el arrastre de las partículas por el agua, este proceso es más acentuado en el tratamiento anteriormente mencionado, por otro lado el tratamiento 1 con cobertura de maíz y el tratamiento 2 con cobertura de frijol , reportaron pérdidas de suelo anuales de 19.17 t/ha/año y 19.51 t/ha/año, muy por debajo de las pérdidas de suelo anuales obtenidas por Pacheco (1987) de 62.5 t/ha/año en maíz y 53.8 t/ha/año para frijol a favor de la pendiente en la comarca Cristo Rey (Telica), esta comparación es solamente en base al sistema de siembra dado que las condiciones de clima y suelo son diferentes a las condiciones de la Microcuenca "D".



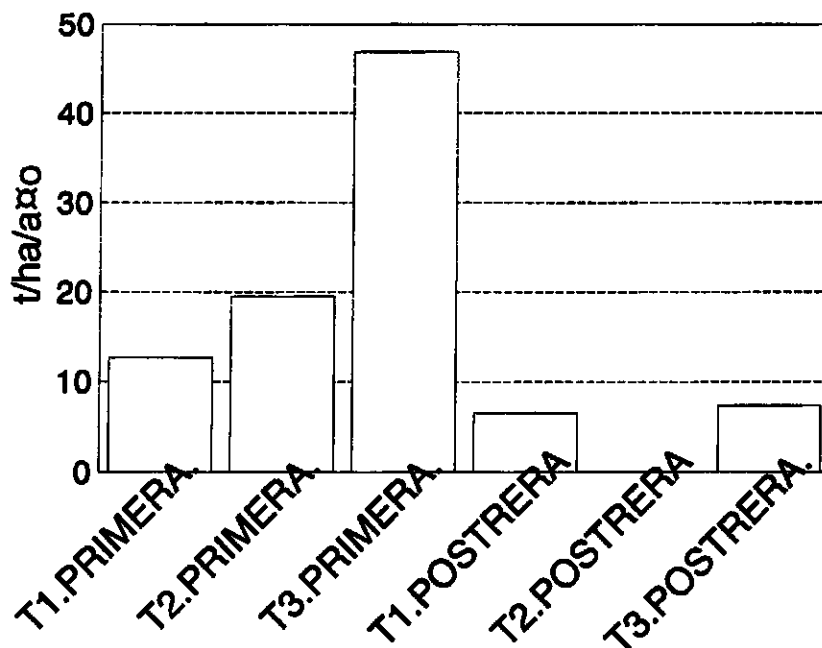
TRATAMIENTO 1.-	0	12.65	0	0	6.52	0
TRATAMIENTO 2.+	0	14.38	0	5.13	0	0
TRATAMIENTO 3.*	0	6.8	1.37	38.75	7.35	0

(Meses)

Figura 1. Comportamiento de las pérdidas de suelo por tratamiento en los meses de Junio a Septiembre. Microcuenca "D". 1995.

El tratamiento 3 con las parcelas desnudas resultó con las mayores pérdidas de suelo tanto en primera como en postrera. Por otro lado las parcelas cultivadas con maíz (tratamiento 1) en primera resultó con las menores pérdidas de suelo con 12.65 t/ha, observándose la disminución de pérdida de suelo a medida que el cultivo se desarrolla. En postrera las parcelas cultivadas con frijol (tratamiento 2) resultó ser el más efectivo el cual no presentó ninguna pérdida de suelo.

Las mayores pérdidas de suelo para los cultivos de maíz y frijol (tratamiento 1 y 2) se presentaron en el mes de Junio con valores de 12.65 t/ha y 14.38 t/ha respectivamente, resultando más altas que las parcelas desnudas (tratamiento 3) de este mismo mes, debido a que las parcelas de los tratamientos 1 y 2 se sometieron a remoción de suelo a causa de la preparación del terreno para la siembra dejándolo más susceptible a la erosión hídrica y no así el tratamiento 3 que solo se realizó una chapia para el control de malezas.



TRATAMIENTOS		12.65	19.51	46.92	6.52	0	7.35
--------------	--	-------	-------	-------	------	---	------

TRATAMIENTOS POR CICLOS.

Figura 2. Pérdidas de suelo por tratamiento en el ciclo de primera y postrera. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.

En el ciclo de primera las parcelas desnudas (tratamiento 3) reportó el 59% de las pérdidas de suelo total, seguida de las parcelas cultivadas con frijol (tratamiento 2) con 25% y la que resultó mejor fueron las parcelas con maíz (tratamiento 1) con el 16%.

En postrera las parcelas desnudas (tratamiento 3) reportó el 53%, las parcelas de frijol (tratamiento 2) no reportó ninguna pérdida de suelo y las parcelas de maíz (tratamiento 1) con 47% de las pérdidas de suelo. (Ver Figura 2).

Estos resultados son productos de las lluvias con gran poder erosivo ocurridos en el ciclo de primera, no así en postrera que solo presentó una lluvia que ocasionó las únicas pérdidas de suelo en este ciclo (Ver Anexo 2, Tabla 1), adicionando a esto los suelos de origen volcánicos y susceptibles a la erosión reflejados en los valores de erodabilidad "K" (Ver Tabla 5), otro factor es la pendiente del 15%, cuando el agua desciende por un terreno inclinado la pérdida de suelo es mayor (FAO,1967), y la cobertura vegetal de maíz y frijol respectivamente que ejerció máxima protección al suelo a los 20 y 77 dds, en el siguiente capítulo se aborda detalladamente el comportamiento de la cobertura vegetal sobre las pérdidas de suelo.

4.2 Efecto de la cobertura vegetal sobre las pérdidas de suelo

Las mayores pérdidas de suelo se presentaron cuando el cultivo de maíz y frijol se encontraban ya sea en estado de plántula, período en el cual el cultivo no ha alcanzado su pleno desarrollo vegetativo y en la madurez fisiológica (70 dds), debido a que se presenta marchitez del follaje producto de fenómenos fisiológicos propios en esta fase, por lo tanto el suelo queda descubierto y desprotegido.

Stockin & Elwell (1976), hacen notar que incluso con una buena cobertura vegetal superficial, en los cultivos altos como el Maíz puede ocurrir una erosión mayor que la esperada porque la altura desde la cual caen las grandes gotas coalescentes es suficiente para que se alcancen grandes velocidades terminales, por lo que se produce la erosión laminar y por salpicadura, eso se presenta en el ciclo de postrera en el cual el cultivo de maíz resultó con las únicas pérdidas de suelo y el cultivo de frijol para esa misma lluvia no presentó pérdida de suelo (Ver Figura 2), esto confirma que la rotación única maíz-frijol es más efectiva que frijol-maíz donde el productor obtendrá menos pérdidas de suelo.

En el caso del tratamiento 1 que representan las parcelas provistas de cobertura vegetal de maíz se aprecia en la Figura 3 que las mayores pérdidas de suelo se presentan cuando la cobertura del cultivo oscila entre el 18 y 23 por ciento en primera y en postrera con 10 por ciento de cobertura vegetal, coincidiendo con lo afirmado por Copelan (1965) que las escorrentías y la erosión aumentan rápidamente sobre suelos con menos del 70 por ciento de cubierta vegetal.

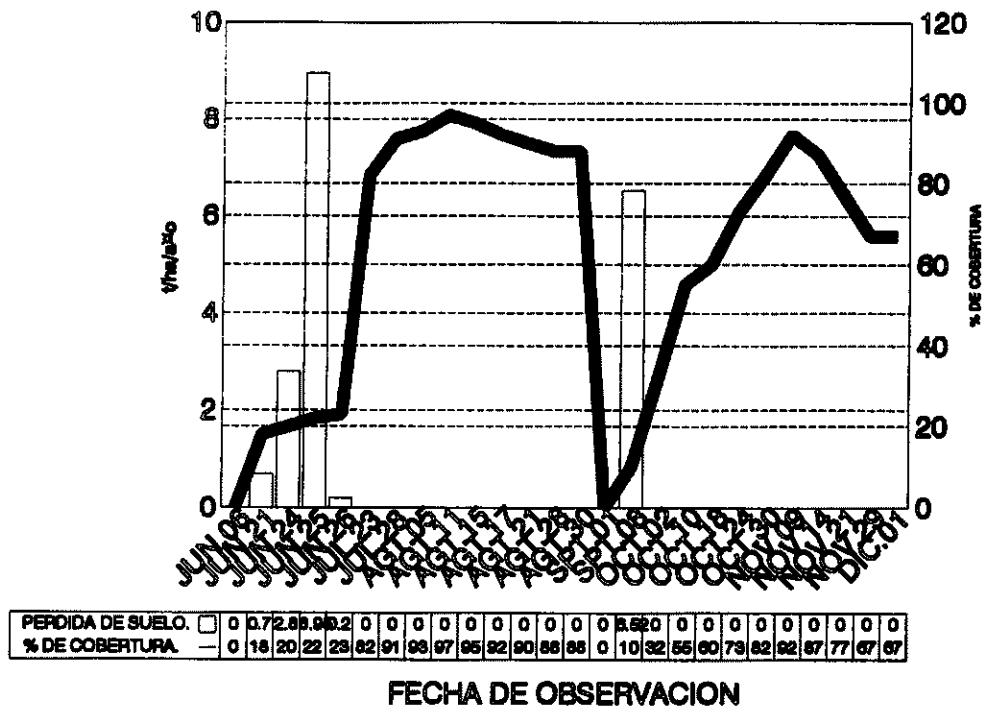


Figura 3. Efecto de la cobertura vegetal del cultivo de maíz sobre las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.

Las pérdidas considerables de suelo se presentaron en las primeras fechas de Junio cuando el cultivo de maíz se encontraba con 23 por ciento de cobertura y a los 20 dds, el mes de Agosto fue el mes que presentaron las lluvias más erosivas de la temporada (Ver Anexo 2, Tabla 14) sin embargo el cultivo alcanzó una cobertura de 93 por ciento lo cual garantizó protección al suelo y no se reportó pérdida de suelo en este mes.

En postrera la única pérdida de suelo se produjo al inicio de la temporada en el mes de Septiembre dado que en este mes solo se presentó una lluvia con poder erosivo y el cultivo tenía el 10 por ciento de cobertura en el estado de plántula (7 dds) (Ver Figura 3).

En el caso del cultivo de frijol común las mayores pérdidas de suelo se presentaron en los meses de Junio y Agosto pero más acentuadas que en el cultivo de maíz por que la cobertura fue menos exuberante debido al ataque de insectos cortadores (Ver capítulo 4.3.4 factor uso y manejo la de cobertura vegetal).

Además al laboréo al que fue sometido el suelo al momento de la preparación del terreno produjo remoción de las capas del suelo que son muy susceptibles a la erosión (Ver capítulo 4.3.2 factor de erodabilidad del suelo "K") lo cual incidió en las pérdidas de suelo mayores que los niveles de tolerancias propuestos por Mennering (1981) y Schertz (1993).

Cabe destacar que al momento de las mayores pérdidas de suelo el cultivo de frijol se encontraba a los 20 dds en Junio y a los 77 dds en Agosto. Períodos comprendidos en fase de plántulas y madurez fisiológica (Ver Figura 4).

En postrera en las parcelas cultivadas con frijol (tratamiento 2) fue más efectivo que las parcelas cultivadas con maíz (tratamiento 1) aunque el invierno no siguió con la misma intensidad que en primera.

Tomando en cuenta todo lo negativo en la microcuenca "D" en cuanto al tipo de suelo, regímenes de precipitación (1350 mm anuales), la pendiente del 15%, la práctica de cultivo de maíz y frijol en contorno resulta provechosa como lo demuestran las Figuras 5, 6 y 7 para evitar grandes arrastres de sedimentos hacia el Lago Xolotlan, pero no reduce las pérdidas de suelo al nivel de tolerancia propuesto por Mannering (1981) y Schertz (1993).

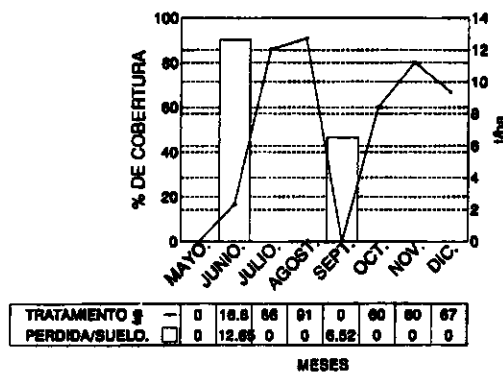


Figura 5. Comportamiento de la cobertura vegetal de maíz (mensual) y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.

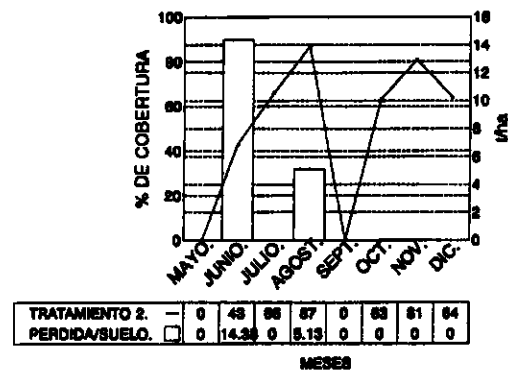
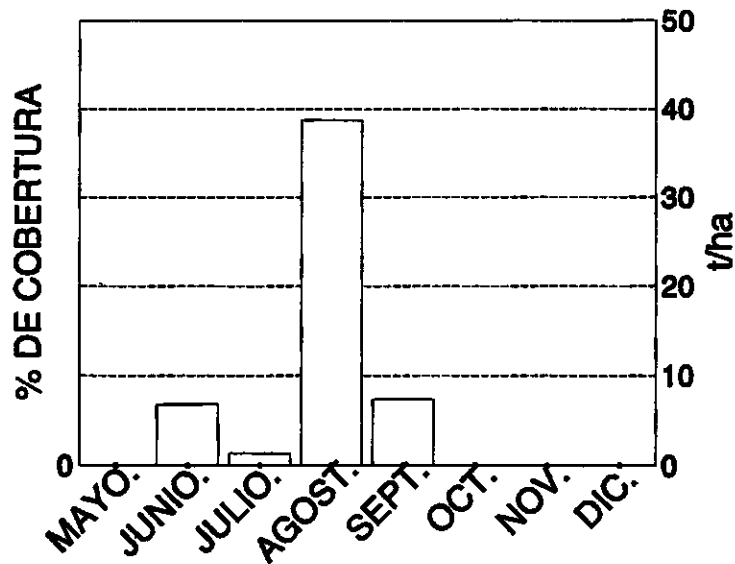


Figura 6. Comportamiento de la cobertura vegetal de frijol (mensual) y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.



TRATAMIENTO 3.	—	0	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDA/SUELO.	□	0	6.8	1.37	38.75	7.35	0	0	0

MESES

Figura 7. Comportamiento de las parcelas sin cobertura vegetal (mensual) y las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.

4.3 Factores de la E.U.P.S.

En el presente estudio se determinaron las pérdidas potenciales de suelo de la estación experimental de parcelas de escurrimiento ubicada en la Microcuenca "D" a través de la E.U.P.S., determinandose de cada uno de los factores de esta ecuación; presentando a continuación los valores obtenidos tanto para el ciclo de primera como para postrera en rotación única de Maíz - Frijol.

Tabla 5. Factores de la E.U.P.S. por tratamientos para los ciclos de primera y postrera.

TRATAMIENTO 1								
MES	mm	R	K	L	S	C	P	A
Junio	107.1	1472.75	0.025	1	2.2	0.79	0.7	44.79
Julio	86	107.98	0.025	1	2.2	0.39	0.7	1.62
Agosto	396.6	5930.11	0.025	1	2.2	0.50	0.7	144.15
Sept.	64	919.82	0.025	1	2.2	0.9	0.7	31.87
TRATAMIENTO 2								
Junio	107.1	1472.75	0.028	1	2.2	0.53	0.7	33.65
Julio	86	107.98	0.028	1	2.2	0.22	0.7	1.02
Agosto	396.6	5930.11	0.028	1	2.2	0.43	0.7	109.95
Sept.	64	919.82	0.028	1	2.2	1	0.7	39.66
TRATAMIENTO 3								
Junio	107.1	1472.75	0.025	1	2.2	1	1	81.00
Julio	86	107.98	0.025	1	2.2	1	1	5.94
Agosto	396.6	5930.11	0.025	1	2.2	1	1	326.16
Sept.	64	919.82	0.025	1	2.2	1	1	50.59

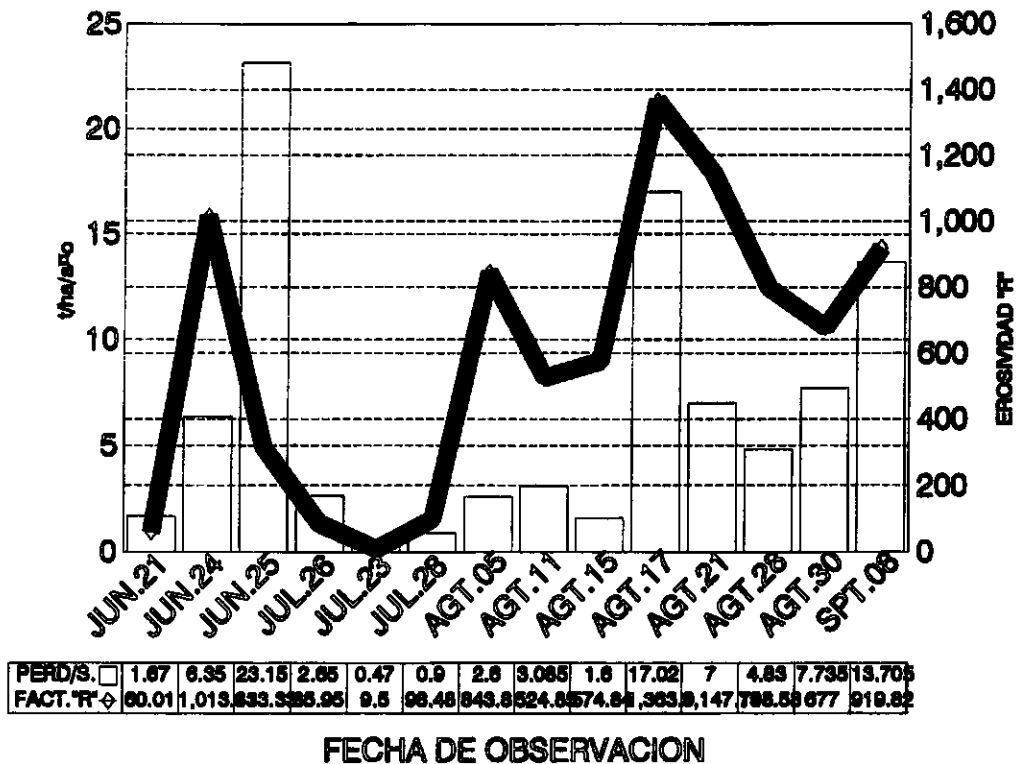


Figura 8. Comportamiento de la erosividad de las lluvias sobre las pérdidas de suelo. Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua. 1995.

4.3.1 Erosividad de la lluvia "R"

El evaluar la degradación del suelo involucra el análisis de la erosividad de la lluvia (Hudson 1982). El factor de la erosividad de la lluvia "R" es una definición como resultado de la precipitación pluvial, que a su vez esta dada por la energía cinética y la intensidad máxima de precipitación durante treinta minutos, Wischmeier (1956), por lo tanto a mayor intensidad y duración de la lluvia, mayor pérdida de suelo (Ver Figura 8).

Los eventos lluviosos durante el año 1995 registraron 653.7 mm de precipitación total para los meses de Junio a Septiembre (Ver Anexo 2, Tabla 14), el valor de la erosividad total para este año fue de 8430.66 MJmm/ha/h, los meses con mayor erosividad corresponden a Junio, Agosto y Septiembre con 1472.75, 5930.11 y 919.82 MJmm/ha/h, correspondiendo también a los meses con mayores pérdidas de suelo, (Ver Anexo 2, Tabla 8 y Tabla 9). Mendoza (1994) obtuvo valores de erosividad en la zona de Ticuantepe de 1523.20 MJmm/ha/h y Rivas (1992) para esa misma zona obtuvo 2000 MJmm/ha/h.

4.3.2 Factor erodabilidad del suelo "K"

El parámetro que sirve para medir la susceptibilidad del suelo, a la erosión hídrica, que es el factor "K" a través del Nomograma de Wischmeir que para su determinación se toman en cuenta la textura, materia orgánica, estructura, y permeabilidad; da valores de 0.025-0.028 t/ha/a/MJmm/ha/h. Los valores de materia orgánica oscilaron entre 1.85 y 3.49 por ciento donde se demuestra que la estructura y la fertilidad del suelo se han deteriorado (Ver Anexo 2, Tablas 11,12,13).

Se determinó calcular el factor erodabilidad también a través del despeje de la E.U.P.S. para comprobar la efectividad de la información del nomograma de Wischmeir, a continuación en la Tabla 5 se encuentran los valores por los dos métodos :

Tabla 6. Valor de la erodabilidad del suelo(factor "K") a través de la E.U.P.S y el Nomograma de Wischmeir.

TRATAMIENTO.	K (ECUACION) .	K (NOMOGRAMA) .
Tratamiento 1.	0.025	0.025
Tratamiento 2.	0.028	0.028
Tratamiento 3.	0.025	0.025

El cálculo del factor de "K" demuestra que estos suelos son muy susceptibles a la erosión, dado que son suelos volcánicos con una alta inestabilidad estructural (Greenland et al., 1975), además el cálculo por las dos vías da iguales valores lo que da confianza la información de la E.U.P.S., lo que indica que estos dos medios de estimación de la erodabilidad del suelo es confiable.

4.3.3 Factor pendiente "LS"

4.3.3.1 Longitud de la pendiente "L"

El valor de la longitud de la pendiente es de 1, para una longitud de 22.2 m con un exponente de 0.6 y una pendiente de 15%.

4.3.3.2 Gradiente de la pendiente "S"

El valor obtenido fue de 2.2 para una caída vertical por 100 unidades a lo largo de la superficie del terreno de 15%.

4.3.4. Factor uso y manejo de la cobertura vegetal "C"

4.3.4.1 Porcentaje de cobertura vegetal

El porcentaje de cobertura vegetal esta determinada por las características morfológicas del cultivo y por su desarrollo fisiológico; está representada por los cultivos de maíz y frijol (tratamientos 1 y 2) , el cual registraba también la cobertura de malezas a través del aparato del espejo, aunque la insidencia de malezas fue muy baja. El cultivo de Maíz alcanzó el 50% de su cobertura en primera a los 31 dds y en postrera a los 36 dds; en el cultivo de Frijol el 50% de la cobertura la alcanzó a los 28 dds en primera y 37 dds en postrera.

En el caso de la cobertura de Maíz en postrera a los 64 dds el cultivo sufrió el problema de acame en este momento se dio la máxima floración la cual fue afectada, el cultivo no cayó totalmente y sufrió posteriormente elongación mermando los rendimientos para éste período.

Por otro lado el cultivo del Frijol en postrera a los 68 dds debido al exceso de humedad se presentó ataque de la enfermedad fungosa Mancha angular causada por *Isariopsis griseola* , posteriormente se presentó incidencia de insectos cortadores, gusano cuerudo *Feltia subterranea* en la parte baja de la parcela 5 reduciendo en un 40% la cobertura vegetal en esa parcela.

4.3.4.2 Índice del valor de cobertura

Los valores promedios anuales del factor "C" para los tratamientos 1, 2 y 3 oscilaron entre 0.577, 0.469, 1 respectivamente. En la Tabla 5 se podrá observar como los índices de cobertura inciden sobre las pérdidas de suelo mostrando las mayores pérdidas de suelo cuando este índice se aproxima a 1. También en la Tabla 5 se plasma como el índice de cobertura tiene un valor de 1 en el tratamiento 3, en la cual no existe cobertura vegetal que amortigüe la caída de las gotas de lluvias y más los suelos altamente susceptibles a la erosión hídrica y altos valores de erosividad, el arrastre de los sedimentos es mayor que en los tratamientos 1 y 2.

4.3.5 Factor práctica de control de erosión "P"

Los valores fueron 0.7,0.7 para las parcelas cultivadas con maíz y frijol respectivamente y 1 para las parcelas desnudas, los cuales expresan el valor de 0.7 el cultivo en contorno con una pendiente del 15% y el valor 1, significa que no se implementan ninguna práctica de control de erosión (Ver Tabla 5).

4.3.6 Pérdidas potenciales "A"

Las pérdidas potenciales son producto de cuatro eventos erosivos en Junio, dos eventos en Julio, siete eventos en Agosto y un evento en Septiembre resultando más altos que las pérdidas de suelo reales (Ver Anexo 2, Tabla 9), esto es debido a que la E.U.P.S. es una ecuación creada para condiciones diferentes al clima tropical.

4.4 Especificación de las pérdidas de nutrientes en sedimentos del suelo erosionados

En el desarrollo de la investigación se planificó la toma de 10 muestras de sedimentos de las lluvias más erosivas para analizar la cantidad de nutrientes que se pierden en los sedimentos. Este monitoreo no se realizó en todos los tratamientos sino en las parcelas con mayor pérdidas de sedimentos debido a convenios establecidos entre las partes coordinadora del "Proyecto Parcelas de Esgurrimiento", pero sí es un buen indicador para sensibilizar al productor a cerca de la magnitud de las pérdidas de nutrientes y para insentivar la profundización de la investigación en esta vía con el fin de conocer el proceso de degradación de los suelos.

Después de dos años de estudio desde que se montó el primer ensayo por el proyecto "PARES" en las parcelas de escurrimiento de Villa Fontana ubicada en la Microcuenca "D" de la Cuenca Sur del Lago de Managua, se registró un descenso en los niveles de materia orgánica bajo las condiciones de rotación maíz-frijol cultivados en contorno, Salmeron & Miranda (1994) afirman que a mayor contenido de materia orgánica mayor fertilidad tendrá un suelo, por lo tanto estos suelos debido a la erosión hídrica ha venido sufriendo una degradación y un descenso en su fertilidad.

Uno de los elementos que más se perdió fue el Ca debido a que en suelos originados de material parental básicos (Cenizas volcánicas, rocas sedimentarias, etc) son ricos en Ca, además es un elemento muy móvil que puede ser "lavado" fácilmente (Salmeron & Miranda, 1994).

Por otro lado la pérdida de materia orgánica implica pérdida de N del suelo (Salmeron & Miranda, 1994), después del Ca el Mg y el N fue uno de los elementos que más se perdió con los sedimentos.

El P y K se pierden en menos proporción. Podrá observarse en la Tabal 7, que en Agosto se registraron pérdidas de nutrientes considerables, las parcelas que tuvieron mayor pérdida de nutrientes fueron las parcelas sin cobertura vegetal (parcelas testigos) debido a que hay mayor pérdida de sedimento lo que provoca una degradación del suelo y consecuentemente su capacidad de sostener una agricultura productiva. De ahí la importancia de conservar el suelo para facilitar un buen desarrollo del cultivo, mantener la fertilidad del suelo y favorecer la economía del productor.

Tabla 7. Pérdidas de nutrientes por eventos lluviosos monitoreados por las parcelas con mayor sedimento recolectados (kg/ha).

EVENTOS.	PARCELAS.	N.	P ₂ O ₅ .	K ₂ O.	CaO.	MgO.
21/06/95	3	1.25	0.02	0.43	8.14	1.65
26/06/95	1	0.10	0.01	0.50	1.68	0.30
26/06/95	2	0.30	0.08	0.50	9.80	1.50
26/06/95	3	1.17	0.08	0.60	11.6	2.05
26/06/95	4	1.87	0.05	0.41	8.47	1.31
28/07/95	3	2.70	0.15	0.84	17.90	3.60
11/08/95	3	3.70	0.21	1.60	29.00	5.90
18/08/95	6	20.80	1.10	10.60	183.00	35.30
30/08/95	4	1.80	0.09	1.90	14.60	2.90
08/09/95	3	12.40	0.72	5.16	104.16	19.64

4.5 Rendimiento de los cultivos de maíz-frijol (tratamientos 1 y 2) para los ciclos de primera y postrera. 1995

Tapia, (1983) afirma que el rendimiento es la interacción de los factores ecológicos y el genotipo de la planta, en este caso un factor ecológico importante son las precipitaciones con gran poder erosivo que arrastran los sedimentos.

En este estudio los rendimiento en el cultivo de maíz y frijol son considerados bajos en la zona según SUWaR (1993), en primera los rendimiento en maíz fueron más aceptables que los rendimientos de frijol esto debido a que el cultivo de maíz es más exigente en cuanto a humedad se refiere no así el frijol que es susceptible a enfermedades fungosas.

En este estudio se obtuvo bajos rendimiento de maíz en el ciclo de postrera, debido principalmente al acame ocasionado por los fuertes vientos en la zona y la caída de lluvias que aunque no con poder erosivo pero sí mantuvieron la humedad del suelo, a esto le adicionamos el poco desarrollo de las raíces producto de la presencia de material superficial (talpetate), coincidiendo con Jugenheimer (1990), quien afirma que existe una relación positiva entre el acame, el número y la ramificación de las raíces de anclaje, en frijol de postrera presentó un descenso en la densidad poblacional a causa de ataque de plagas.

(Ver Figura 9).

A lo largo de tres años de estudio ha habido una disminución de la materia orgánica lo cual indica que la fertilidad del suelo ha sido afectada como lo refleja el capítulo 4.4, los niveles de Nitrógeno por ende han disminuido, esto confirmado por Follet & Stewart, (1985) quien afirma que el declive de los rendimientos es atribuido a la pérdida de materia orgánica, Nitrógeno, retención de humedad e infiltración, el fuerte lavado a que estos suelos son expuesto y la presencia de talpetate fragmentados a los 25 cm de profundidad, el monocultivo practicado en la zona está afectando los rendimientos.

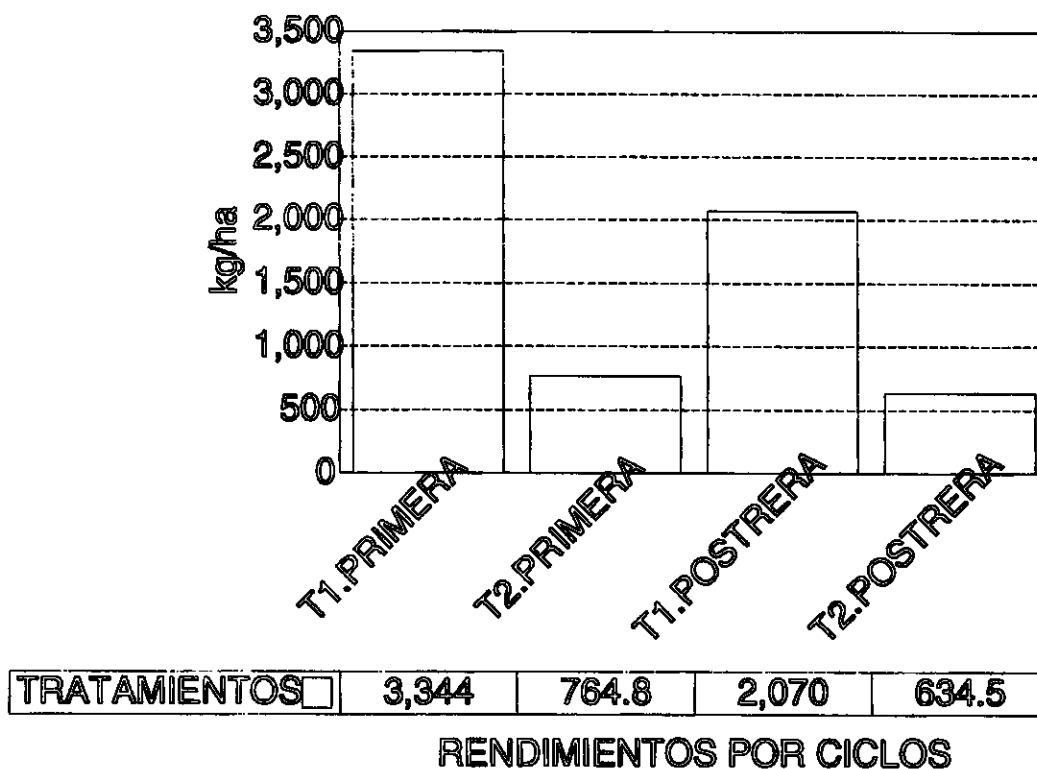


Figura 9. Rendimientos de los cultivos maíz y frijol (tratamientos 1 y 2 respectivamente). 1995.

Numero de vainas por planta

En el período de primera se calculó una media para la parcela 2 de 5 vainas por planta, y en la parcela 4 una media de 6 vainas por planta. En postrera se calcularon para la parcela 1 un promedio de 7 vainas y 4 vainas para la parcela 5.

Número de granos por vaina

Se calculó un promedio para el ciclo de primera y postrera de 3 granos por vaina.

Número de mazorcas por planta

En primera y postrera las plantas presentaron 2 mazorca.

Número de granos por mazorca

En el ciclo de primera se obtuvo una media por mazorca de maíz de 130 granos, y en el ciclo de postrera 136 granos.

V CONCLUSIONES

Existe una relación directa entre la erosividad de las lluvias y las pérdidas de suelo pero ésta pérdida de suelo puede ser acelerada o disminuida dependiendo de las condiciones del suelo, la topografía y la presencia de una cubierta vegetal.

El cálculo del factor "K" no varía al realizarlo por medio de la Ecuación Universal de pérdida de suelo y el Nomograma de Wischmeir.

El tipo de cobertura influye en evitar mayores pérdidas de suelo; a mayor cobertura mayor protección del cultivo. El período que presenta mayor riesgo de pérdida de suelo fueron las fases de siembra (0 a 20 dds) y madurez fisiológica (77 dds) próximo a la cosecha.

Sembrando cultivos en contorno en suelos en laderas se reduce las pérdidas de suelo (de 54.27 t/ha/año en las parcelas sin cobertura vegetal a 19.17 t/ha/año y 19.51 t/ha/año en los cultivos de maíz y frijol respectivamente). Aunque no es suficiente para un efectivo control de erosión hídrica.

La acción protectora de la vegetación en contra de la erosión del suelo depende del tipo de la misma y las condiciones climáticas del momento.

El uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo presenta pérdidas de suelo mayores, en comparación con las pérdidas de suelo reales. Las pérdidas de suelo potenciales estimadas fueron de 463.69 t/ha/año para las parcelas desnudas, 222.43 t/ha/año para maíz y 184.28 t/ha/año para frijol y las pérdidas de suelo reales fueron de 54.27 t/ha/año para las parcelas desnudas, 19.17 t/ha/año para maíz y 19.51 t/ha/año para frijol.

El monitoreo de las pérdidas de nutrientes indican que estos suelos han sufrido una degradación paulatina que repercuten en la productividad de estos suelos.

VI RECOMENDACIONES

Establecer prácticas combinadas, como asocio de cultivos u otras técnicas de conservación, ya que la práctica de cultivos en contorno por sí sola, no reduce considerablemente las pérdidas de suelo.

Establecer estudios sobre intercalamiento de cultivos con diferentes sistemas radiculares como (yuca, frijol, maíz), de manera que proteja al suelo durante los períodos de cosecha y el crecimiento del cultivo siguiente, con el fin de dar mayor protección al suelo contra la erosión hídrica.

Dar seguimiento al estudio de la utilización de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo para la estimación pérdidas de suelo potenciales en Nicaragua.

Continuar el estudio de pérdidas de nutrientes monitoriando el mayor número de muestras posibles y establecer un análisis económico de remoción de los macronutrientes y micronutrientes.

Se debe continuar el estudio implementándose un modelo de diseño experimental con mayor números de repeticiones para enriquecer aún más la información ya que la esta invetigación se presentó de forma descriptiva por que el número de repeticiones fueron muy pocas (solo dos réplicas).

Dar seguimiento al este estudio a fin de determinar la densidad de siembra óptima para evitar mayores pérdidas de suelo, ya que se determinaron densidades de siembra utilizadas por productores de la zona de estudio.

Difundir esta información para mejor provecho de los productores de la zona mediante organismos o instituciones que trabajen en estas áreas como PASOLAC, MARENA, entre otras.

VII BIBLIOGRAFIA

Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. (1971).

Levantamiento de suelo de la región del pacífico de Nicaragua.
Ministerio de Agricultura y Ganadería volumen II, Managua,
Nicaragua.

Copelan, O. L. (1965). Land use ecological factors in relation to
sediment yields. En: Proceeding of the federal inter-agency
sedimentation conference (Agricultural Research Service
Miscellaneous, Publication N°970), Departamento de Agricultura
de los Estados Unidos, Washington D.C. 72-84 p.

Da Veiga, M. (1993). Manual para la instalación y conducción de
experimento de pérdidas de suelo. Organización de las Naciones
Unidas para la agricultura y la alimentación. Santiago, Chile.
34 p.

F.A.O. (1967). La erosión del suelo por el agua. Roma Italia.
45 p.

F.A.O. (1980). Metodología provisional para la evaluación de la
degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.

- F.A.O. (1981). Informe del proyecto de zonas agroecológicas de América del Sur y Central. 66 p.
- Follet R. F., & Stewart B. A. (1985). Soil erosion and crop productivity. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, U.S.A. 13, 341 p.
- Greenland, D. J., Rimmer, D., & Payne, D. (1975). Determination of the structural stability class of English and Welsh soil, using a water coherence tes. J. Soil Sci., 26, 294-303 p.
- Hudson N. (1982). Conservación de suelo. Editorial Reverté. Barcelana, España. 250 p.
- IRENA. (1983). Plan de ordenamiento y manejo. Planificación de cuencas hidrográficas. Vol 1. Cuenca Sur del Lago de Managua y su región de referencia. Managua, Nicaragua.
- IRENA. (1994). Plan de acción ambiental. Editorial El Nuevo Amanecer S.A. Managua, Nicaragua. 50 p.
- Jugenheimeir R. W. (1990). Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa, México D.F. 247 p.

- Mannering, J. V., (1981). The use of soil loss tolerances as a strategy for soil conservation. En Morgan(ed) soil conservation : Problems and prospects. Wiley. Chich. Eng, 337-349 p.
- Mendoza R. B. (1994). Evaluación de prácticas agroclturales de conservación de suelos sobre la erosión y la producción de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. 80 p.
- Kirkby M.J. & Morgan R. (1991). Erosión de suelos. Editorial Limusa. México, DF. 42, 43, 54, 55, 56, 60, 68 p.
- Pacheco, M. A. (1987). Pérdidas de suelo en cultivos agrícolas colocados en microparcelas de erosión. Proyecto de Control de Erosión de Occidente. Comarca Cristo Rey, municipio de Telica, Leon. IRENA, Región II.
- Rivas, D. (1992). Factores que afectan la erosión en los cultivos de Maíz y piña. Años 1990-1992. Municipio de Ticuantepe, Masaya. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA). 60 p.
- Salmeron, F., & Miranda L. (1994). Fertilidad y fertilización de suelos. Universidad Nacional Agraria. (U.N.A.). Managua, Nicaragua. 15, 71 p.

- Schawb G. O. et al., (1990). Ingeniería de conservación de suelos y agua. Editorial Noriega Editores, Limusa. México, DF. 122 p.
- Schertz, D. L. (1983). The basis for soil loss tolerance. J. Soil water cons :38(1) : 10-14 p.
- SUWaR (Sustainable Use or Water Resources). (1992). Plan de Proyecto 1991/94 Nicaragua. Real Universidad de Estocolmo (CITEC), Suecia. 50-54 pp
- SUWaR (Sustainable Use or Water Resources). (1993). Diagnóstico Rápido Participativo de la Microcuenca "C", de la Cuenca Sur del Lago de Managua, Nicaragua. 10 p.
- Stocking M. (1984). Erosion and soil productivity: a review. Consultants' working paper N°1 AGLS, FAO, Roma, 120p.
- Stocking M. & Elwell, H. (1976). Vegetation and erosion: a review Scottish Geographical Magazine, 92,4-16 p.
- Tapia, B. H. (1983). Un método práctico para determinar la madurez fisiológica en frijol común (Phaseolus vulgaris L.) 87 P. En Humberto Tapia. Dos años de cooperación para el mejoramiento del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en Nicaragua. MIDINRA, DGT/SAREC. Managua, Nicaragua.

Young, A. (1989). Agroforestry for soil conservation. C. A. B. International. LTD. Exeter G. B. 276 p.

Wischmeier, W. H. (1956). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation Proc. Soil. Sci. Soc. Am., 23, 246, 249 p.

Wischmeier W. H. & Smith D. D. (1965). Predicting Fainfall erosicn losses from Cropland East of the Rocky Mountains, Agriculture Handbook N° 282, United State Department of agriculture, Washington, D. C.

Wischmeier W. H. (1976). Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. J. Soil and Water Conerv., 31, 5-9 p.

Wischmeir, W. H. & D. D. Smith, (1978). Predicting raifull erosion losses a guide to conservation planning. US Dept. Agric. Handbook N°537.

ANEXO 1

DESCRIPCION DE LA SERIE NEJAPA

Serie Nejapa (NJ)

La serie Nejapa consiste de suelos que son en su mayoría moderadamente profundos (60 a 90 cm), bien drenados, parduscos, con estrato endurecido continuo pero fragmentado.

Los suelos se han derivado de ceniza volcánica suelta o cementada.

La profundidad al estrato endurecido varía de 30 a 90 cm., dependiendo de las pendientes. Poseen alta capacidad de humedad disponible.

Estos suelos se localizan al sur, sureste y suroeste de Managua en planicies ligeramente onduladas a escarpadas.

Tienen una superficie de 92.20 km²

Zonas de vida

Según el mapa de zonas de vida de HOLDRIGE Y J.A. TOSI, en la cuenca sur del lago de Managua hay 3 zonas de vida diferenciadas y una de transición, de las cuales en la sub-cuenca II donde se ubica la microcuenca "D" se identifican dos zonas de vida definidas y la de transición a continuación detalladas.

Bosque sub-tropical Húmedo, cálido, transición tropical

(Bh-s)

Se caracteriza por tener una precipitación promedio anual en un rango de 1000 y 2000 mm/año, una biotemperatura entre 12 y 24 °C. El piso altitudinal es Montano Bajo. La región latitudinal es Templada (baja sub-tropical) y la provincia de humedad es "Húmeda".

Bosque Tropical Seco, transición sub tropical (Bs-T)

Caracterizado por tener una precipitación media de 1000 a 2000 mm/año y una biotemperatura anual arriba de 24 °C. La región latitudinal es tropical y la provincia de humedad es "sub húmedo".

Bosque Subtropical Húmedo, transición subhúmedo

(Bh-S)

Esta es una zona de transición entre las dos zonas de vida diferenciadas en la microcuenca "D".

Geomorfología

Nicaragua está dividida en cinco provincias fisiográficas principales de oeste a este, ellas son: Costanera del pacífico, Volcánica del pacífico, Depresión Nicaragüense, Tierras altas del interior y las planicies de la Costa Atlántica.

La microcuenca "D" esta inmersa en dos de estas provincias, la Volcánica del Pacífico y la Depresión Nicaragüense

Origen y Formas de relieve

La Microcuenca "D" tiene la forma de un gran abanico fluvial, que nace en el parte aguas del Crucero y la nubos por el sur y se desprende hacia el norte por un sistema de cañadas, cuestas, crestas, taludes, lechos de inundación y sedimentación, cárcavas y planicies hasta desembocar en el lago de Managua o Xolotlán.

Esta microcuenca drena en su totalidad en la ciudad capital y es una de las más problemáticas en la Cuenca sur, las razones son las siguientes:

.- En una distancia de 22 km aproximadamente la diferencia de altura entre Managua y el Crucero es de más o menos 900 metros.

.- Las pendiente van desde 5 hasta 75 %.

.- Los drenes son paralelos y viajan de sur a norte a través de suelos frágiles directamente a la ciudad.

.- Los despales indiscriminados que se dieron en el pasado y el mal uso de la tierra a que ha estado sometida.

En esta microcuenca las formas del relieve y los pisos altitudinales dan origen a cuatro paisajes que son: Montaña, pie de monte, planicie de Managua y sistema volcánico del oeste; los cuales se subdividen en subpaisajes que son: Crestas, cañadas, cuestas, colinas, cárcavas, calderas cratéricas, lechos, planicies (específicas), taludes y valles.

a - Montaña (más de 500 m.s.n.m.)

Este paisaje se ubica en la parte alta de la subcuenca, su límite norte se encuentra próximo a la cota de 500 m.s.n.m. y en su ascenso hacia el sur, el relieve se vuelve fuertemente escarpado hasta alcanzar la divisorias de aguas en El Crucero y las nubes. Comprende los subpaisajes siguientes: Lechos, cañadas, cuestas, crestas, que a continuación se describen:

Lechos coluvio-aluvial de inundación y sedimentación, de ligera a moderadamente inclinados, predominan los suelos profundos bien drenados.

.- Cañadas de moderadamente profundas a profundas en forma de "V", los suelos predominantes van de poco profundos a moderadamente profundos, bien drenados.

.- Cuestas volcánicas moderadamente disectadas, los suelos predominantes van de superficiales a muy superficiales, bien drenados.

- Crestas volcánicas fuertemente escarpadas, los suelos van de superficiales a muy superficiales y son bien drenados.

b - Pie de Monte (de 300-500 m.s.n.m.)

El Pie de Monte limita por el norte con el paisaje de planicie de Managua, por el oeste con el paisaje Sistema Volcánico del oeste, por el sur con el paisaje montañoso y por el este con el parte aguas de la subcuenca, en esta unidad el relieve se suaviza bajando moderadamente hasta la planicie de Managua.

En este paisaje tenemos los subpaisajes siguientes:

Lechos: coluvio-aluviales de inundación y sedimentación; en este subpaisaje la actividad humana es mayor, las tierras están siendo utilizadas para cultivos anuales, los suelos son predominantemente profundos y bien drenados.

Cañadas: Consiste en depresiones que van de moderadamente profundas a profundas, sus secciones transversales tienen forma de "V" y "U", los suelos son poco profundos a moderadamente profundos.

Cuestas Volcánicas: Moderadamente inclinadas y moderadamente disectadas. Sus suelos son muy superficiales y en muchas unidades están severamente erosionados por mala orientación de la actividad humana. En muchas unidades el material limitante está aflorando o aparece mezclado con el poco suelo que queda.

Taludes Volcánicos: Son unidades fuertemente inclinadas, sus suelos van de superficiales a muy superficiales, se recomienda que se mantengan bajo cobertura vegetal boscosa permanentemente.

c - Planicie de Managua (de 0-300 m.s.n.m.).

Sus pendientes oscilan entre 0-15 %, limita por el sur con el pie de monte y el parte aguas de la cuenca, a partir de estos limites se extiende hacia el norte hasta llegar al lago, por el oeste está limitado por la ciudad de Managua.

En esta planicie se presentan variantes por diferencias genéticas que inducen a subdividir el paisaje en unidades consideradas a nivel de subpaisaje; a dichas unidades se les ha llamado en forma genérica "Planicie Específica", entendiéndose con ello que tal especificidad hace referencia en cada caso particular a su origen y a continuación se mencionan:

- .- Planicie Volcánica de Managua.
- .- Planicie Aluvial uniforme de Sabana Grande.
- .- Planicie fluvio-lacustre de inundación.
- .- Planicie lacustre de inundación.

d - Sistema Volcánico del oeste.

Este paisaje limita por el noroeste con el lago, al sur con el pie de monte de Managua y por el oeste con el parte aguas de la subcuenca y por el este con la ciudad de Managua; esta constituido por un intrincado sistema de valles, calderas, lagunas cratéricas, colinas o conos volcánicos y taludes.

Anexo 2.

Tabla 8. Pérdidas de suelo reales en cada uno de los tratamientos por eventos lluvios.

FECHA.	R	T1	T2	T3
21/06/95	60.01	0.695	0.025	0.95
24/06/95	1013.43	2.80	2.90	0.65
25/06/95	313.33	8.95	10.25	3.95
26/06/95	85.98	0.20	1.20	1.25
23/07/95	9.50	0.0	0.0	0.47
28/07/95	98.48	0.0	0.0	0.90
05/08/95	843.80	0.0	0.0	2.60
11/08/95	524.85	0.0	0.0	3.085
15/08/95	574.84	0.0	0.55	1.05
17/08/95	1363.90	0.0	0.90	16.12
21/08/95'	1147.14	0	0.0	7.0
28/08/95	798.58	0.0	0.50	4.33
30/08/95	677	0.0	3.175	4.56
08/09/95	919.82	6.52	0.0	7.35
TOTALES.	8430.66	19.16	19.50	54.27

T1 : Tratamiento de cultivo de Maíz. (t/ha)

T2 : Tratamiento de cultivo de Frijol (t/ha)

T3 : Tratamiento de parcela testigo (desnuda) (t/ha)

R : Erosividad de la lluvia. (MJmm/ha/h).

Tabla 9. Determinación del factor de erosividad "R" y pérdidas de suelo reales "A".

Fecha	E.C	I ₃₀	R	A.
21/06/95	4.173	14.4	60.01	1.67
24/06/95	12.45	81.4	1013.43	6.35
25/06/95	7.496	41.8	313.33	23.15
26/06/95	3.412	25.2	85.98	2.65
23/07/95	1.319	7.2	9.50	0.47
28/07/95	3.862	25.5	98.48	0.90
05/08/95	12.32	68.49	843.80	2.60
11/08/95	11.58	45.34	524.85	3.085
15/08/95	9.24193	62.6	574.84	1.60
17/08/95	19.94	68.4	1363.90	17.02
21/08/95	12.67	90.54	1147.14	7.0
28/08/95	12.25	65.19	798.58	4.83
30/08/95	12.01	56.37	677	7.735
08/09/95	12.43	74	919.82	13.705

E.C.:Energía Cinética (MJ/ha).I₃₀:Intensidad de la presipitación pluvial(mm/h). R:Factor erosividad (MJ.mm/ha/a). A : Pérdida de suelo reales(t/ha/año).

Tabla 10. Valores promedios de índices de cobertura vegetal de los Tratamientos 1 y 2 representadas por los cultivos de Maíz y Frijol respectivamente. 1995.

CICLO DE PRIMERA				
MES.	CULTIVO.	INDICE "C".	CULTIVO.	INDICE "C".
Junio.	Maíz.	0.79	Frijol.	0.53
Julio.	Maíz.	0.39	Frijol.	0.22
Agosto.	Maíz.	0.50	Frijol.	0.43
CICLO DE POSTRERA				
Septiembre.	Maíz.	0.9	Frijol.	1
Octubre.	Maíz.	0.42	Frijol.	0.46
Noviembre.	Maíz.	0.47	Frijol.	0.32
Diciembre.	Maíz.	0.67	Frijol.	0.45

Tabla 11. Organización de los análisis físicos y químicos de suelos de las parcelas de escurrimiento de villa fontana.

PARCELAS.	FRACCIONES TEXTURALES EN %.			MO.	ESTRUC.	PERM. cm/h	K.
	AMF+L.	AG.	ARCILLA				
P1 ALTA.	31.66	49	19.10	3.13	BSAM.	18.19	0.028
P1 MEDIA.	25.52	57.49	19	3.10	BSAM.	18.19	0.026
P1 BAJA.	39.72	38.41	21.8	3.03	BSAM.	18.19	0.031
P2 ALTA.	34.48	43.19	22	3.49	BSAM.	18.19	0.028
P2 MEDIA.	29	56.19	14.80	2.87	BSAM.	18.19	0.029
P2 BAJA.	30.42	48.12	19.94	2.57	BSAM.	18.19	0.027

P1... : Parcelas.

AMF : Arena muy fina.

L : Limo.

AG : Arena gruesa.

MO : Materia orgánica.

ESTRUC : Estructura.

PERM : Permeabilidad.

K : Factor de erodabilidad.
(t/ha/año/MJmm/ha/hr).

BSAM : Bbloques sub angulares y masivos.

Tabla 12. Organización de los análisis físicos y químicos de suelo de las parcelas de escurrimiento de villa fontana.

PARCELAS.	FRACCIONES TEXTURALES EN %			MO.	ESTRUC.	PERM. cm/h	k
	AMF+L	AG.	ARCILLA.				
P3 ALTA.	31.5	49	19	3.28	BSAM.	18.19	0.028
P3 MEDIA.	28	57	15	2.15	BSAM.	18.19	0.027
P3 BAJA.	23	64	13	2.36	BSAM.	18.19	0.026
P4 ALTA.	23	64	13	2.57	BSAM.	18.19	0.026
P4 MEDIA.	28	55	18	3.28	BSAM.	18.19	0.027
P4 BAJA.	29	58	14	1.85	BSAM.	18.19	0.029

AMF : Arena muy fina.

L : Limo.

AG : Arena gruesa.

MO : Materia organica.

ESTRUC. : Estructura.

PERM. : Permeabilidad.

K : Factor erodabilidad del suelo
(t/ha/año/MJmm/h/hr)

BSAM : Bloques sub angulares y masivos.

Tabla 13. Organización de los análisis físicos y químicos de suelo de las parcelas de escurrimiento de villa fontana.

PARCELAS.	FRACCIONES TEXTURALES EN %.			MO.	ESTRUC	PERM.cm/h	k.
	AMF+L.	AG.	ARCILLA.				
P5 ALTA.	27	58	15	2.51	BSAM.	18.19	0.024
P5 MEDIA.	24	56	20	2.46	BSAM.	18.19	0.018
P5 BAJA.	26	58	16	2.96	BSAM.	18.19	0.023
P6 ALTA.	26	56	18	2.76	BSAM.	18.19	0.022
P6 MEDIA.	28	55	17	3.04	BSAM.	18.19	0.021
P6 BAJA.	26	55	19	3.10	BSAM.	18.19	0.024

P4... : Parcelas.

K : Factor erodabilidad del suelo.
(t/ha/año/MJmm/Ha/hr)

AMF : Arena muy fina.

BSAM. : Bloques sub angulares y masivos.

AG : Arena gruesa.

PERM : Permeabilidad.

MO : Materia organica.

ESTRUC. : Estructura.

Tabla 14. Consolidado de pérdida de suelo total.

FECHA.	R	E.C.	I ₃₀	mm.	P1	P2	P3	P4	P5	P6
21/06/95.	60.01	4.173	14.4	18.5	0.66	0.05	0.97	0	0.73	0.93
24/06/95.	1013.43	12.45	81.4	45.8	5.6	5.8	1.3	0	0	0
25/06/95.	313.33	7.496	41.8	30.2	11.4	6.9	7	13.6	6.5	0.9
26/06/95.	85.98	3.412	25.2	12.6	0.2	1.3	1.3	1.1	0.2	1.2
23/07/95.	9.50	1.319	7.2	66	0	0	0.94	0	0	0
28/07/95.	98.48	3.862	25.5	20	0	0	1.8	0	0	0
05/08/95.	843.80	12.32	68.49	59	0	0	3.8	0	0	1.4
11/08/95.	524.85	11.58	45.34	38	0	0	3.5	0	0	2.67
15/08/95.	574.84	9.2419	62.6	35.2	0	0.7	2.1	0.4	0	0
17/08/95.	1363.90	19.94	68.4	81.4	0	0.6	15.23	1.2	0	17.01
21/08/95.	1147.14	12.67	90.54	79	0	0	8.4	0	0	5.6
28/08/95.	798.58	12.25	65.19	56	0	0.9	4.12	0.1	0	4.54
30/08/95.	677	12.01	56.37	48	0	4.45	3.98	1.9	0	5.14
08/09/95.	919.82	12.43	74	64	0	4.33	11.48	8.7	0	2.9

R : Factor erosividad de la presipitación pluvial (MJmm/h),

E.C. :Energía Cinética (MJ/ha), I₃₀ : Intencidad de la presipitación pluvial en 30 minutos (mm/h),

mm : Lámina precipitada, P1 SUEL...P6 SUEL. : Pérdidas de suelo por cada parcela de escurrimiento (t/ha).

ANEXO 3.

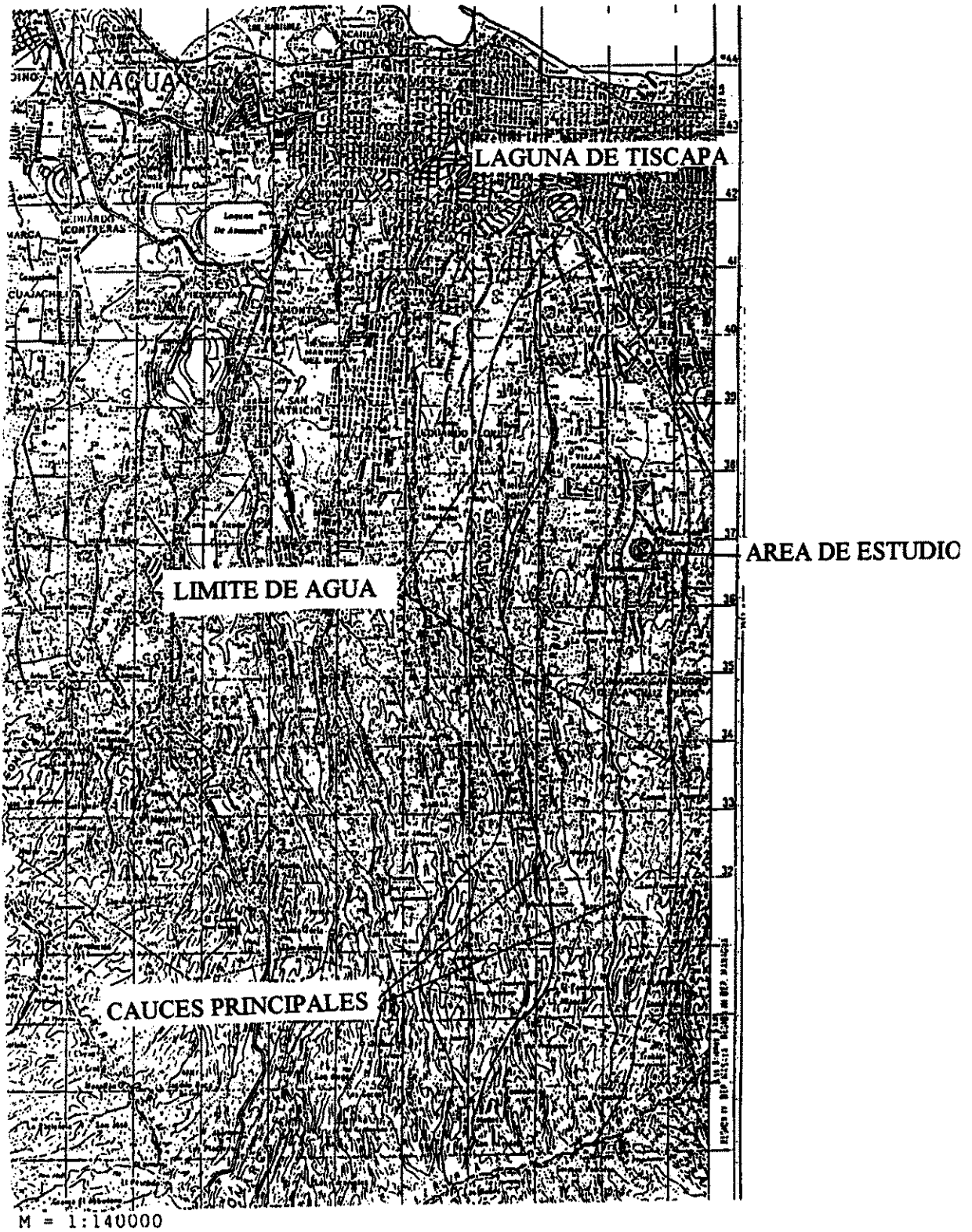
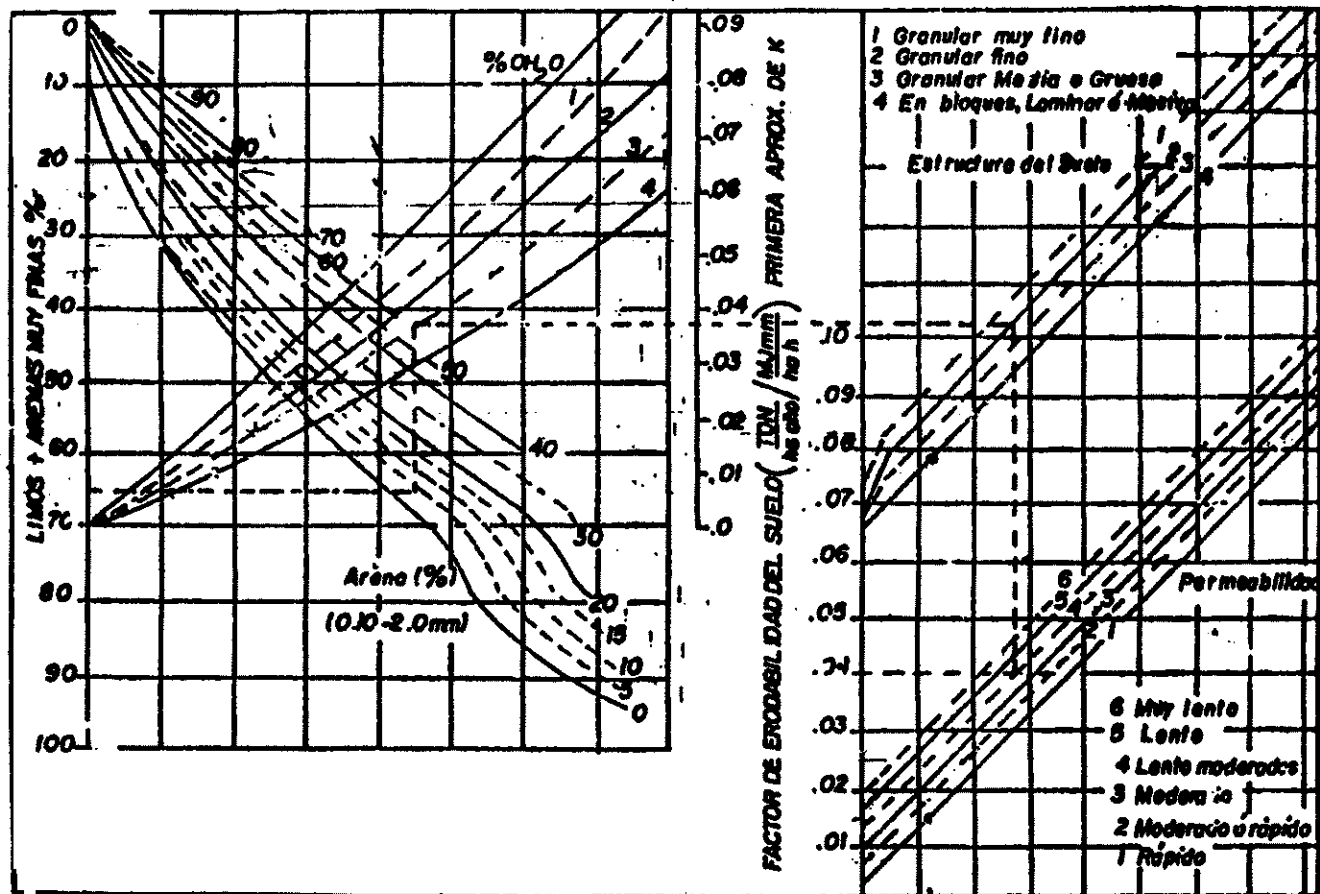


Fig.10 Mapa de la ubicación de la Microcuenca "D", de la Cuenca Sur del Lago de Managua.



NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL VALOR DE K (WISCHMEIER et al 1971).
 MODIFICADO POR FOSTER et al (1981)

fig.11 Nomograma para determinar el valor del factor de erodabilidad "K".

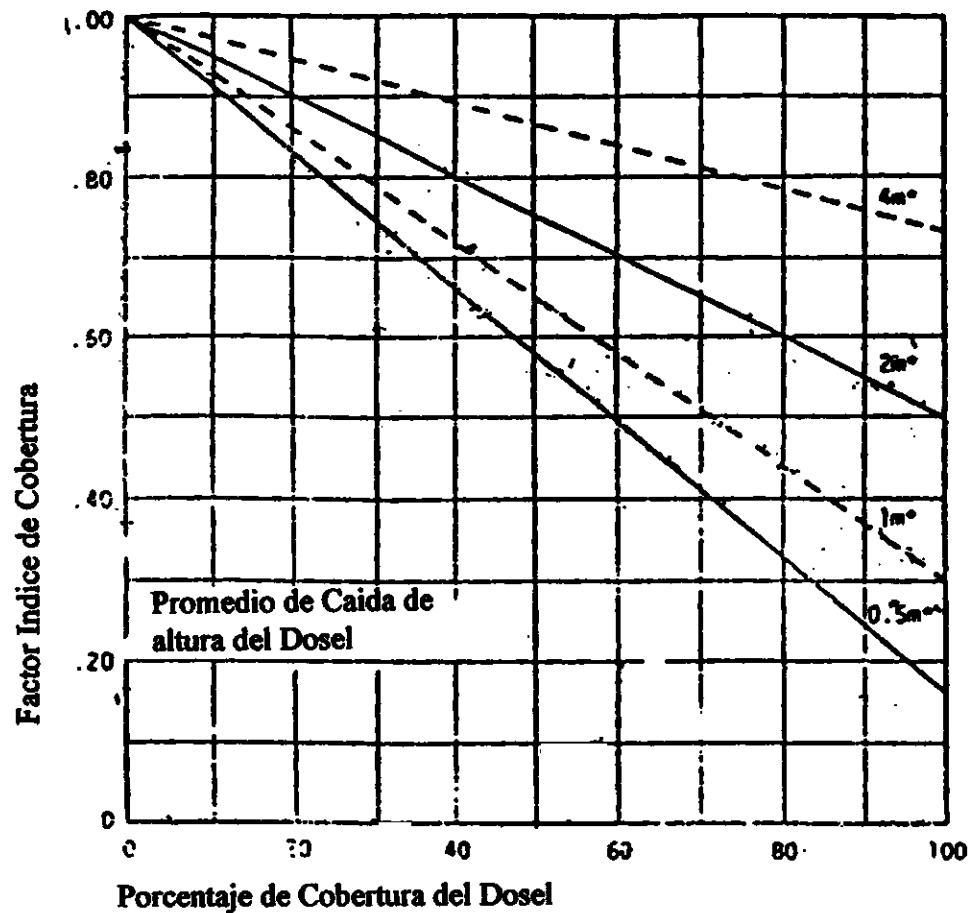


Fig.12 Diagrama para determinar el valor del factor de índice de cobertura vegetal "C".