

T
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

PRIMERA EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION
DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO PENSATIVO, SACATEPEQUEZ

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

POR

ADELSON REVOLORIO QUEVEDO

EN EL ACTO DE CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACEDEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

TODA LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE TRABAJO, ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA Y DE LA DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

SE PUBLICA CON LA AUTORIZACION RESPECTIVA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Anìbal Martìnez Muñoz
Vocal I.	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Mèndez G.
Vocal II.	Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas
Vocal III.	Ing. Agr. Wotzbeli Mèndez Estrada
Vocal IV.	P. Agr. Hernàn Perla Gonzàlez
Vocal V.	P. Agr. Julio Lòpez Maldonado
Secretario	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

11 de octubre de 1989

Ingeniero
Aníbal Martínez
Decano Facultad de Agronomía
Presente

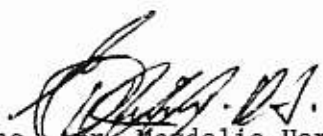
Señor Decano:

Comunicamos a usted que hemos asesorado el trabajo de investigación "Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos de la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez, Guatemala", desarrollado por el estudiante Adolfo Revolorio Quevedo, carnet número 81-14309.

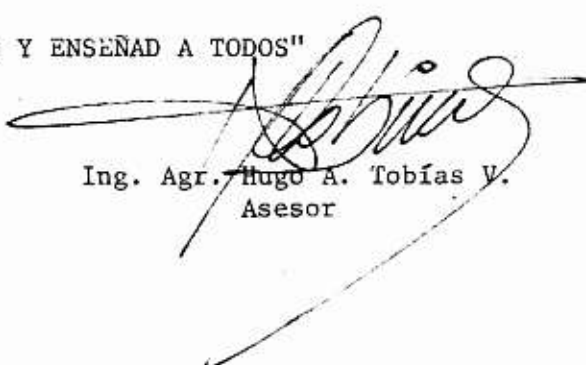
El trabajo de tesis del estudiante Revolorio lo consideramos como uno de los trabajos pioneros en la investigación básica sobre conservación de suelos y evaluación de prácticas agronómicas para el control de la erosión hídrica en el altiplano guatemalteco.

Después de haber asesorado todo el proceso de investigación así como revisado el informe final, consideramos que llena los requisitos de una tesis universitaria.

Atentamente,


Ing. Agr. Maxdelio Herrera
Asesor

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Hugo A. Tobías V.
Asesor

Guatemala, 12 de octubre de 1989

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

"PRIMERA EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION
DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO PENSATIVO, SACATEPEQUEZ"

Al presentarlo como requisito previo para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero merezca vuestra aprobación.

Atentamente:


Perito Agrónomo Adolfo J. Revolorio Q.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Ser Supremo a quien debemos todo
- Mis Padres: Felino Revolorio López
María A. Quevedo de Revolorio
Como mínimas recompensa a sus múltiples sacrificios, sabios consejos y enseñanzas.
- A Mi Tía: Graciela Quevedo de Navarro
Como segunda madre que ha sido para mi
- A Mi esposa: Blanca Bolaños de Revolorio
- A mis abuelitas: Ascención Monterroso de Quevedo
María Luisa López de Revolorio
- A la memoria
de: José Luis Quevedo (Q.E.P.D.)
Mateo Quevedo (Q.E.P.D.)
- A mis hermanos: Amalia, Rodolfo, Milvia, Gregorio, Raquel, Leonidas,
Carolina, Gladys y María Soledad
- Mi sobrino: Gustavo Adolfo
- A mis tíos y
primos: En General
- A la familias: Bolaños Quevedo
Roca Quevedo
Alburez Quevedo
- A mis amigos y compañeros de estudio y de trabajo

TESIS QUE DEDICO

A:

- MI PATRIA GUATEMALA
- EL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA
- EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO
- LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- LA FACULTAD DE AGRONOMIA
- EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
- EL INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA
- EL INSTITUTO SEMINARIO CONCILIAR DE SANTIAGO
- LA SECCION DE PARQUES NACIONALES DE DIGEBOS
- MIS PROFESORES EN GENERAL
- EL SUFRIDO CAMPESINADO DE MI PAIS

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi profundo y sincero agradecimiento a:

Los Ingenieros Agrónomos Hugo Antonio Tobías Vásquez y Maxdelio Herrera de León por su valiosa asesoría, tiempo, esfuerzos y gran interés puesto en la realización del presente estudio.

A los Ingenieros Agrónomos Sergio Miguel Godínez y Ogden Antonio Rodas Camas, por su incondicional apoyo moral e intelectual en las diferentes fases de este trabajo.

Al Ingeniero Agrónomo Salvador Castillo por su desinteresada colaboración en el trabajo de laboratorio.

Al Instituto de Investigaciones Agronómicas por impulsar y apoyar la presente investigación.

Al Departamento de Becas al Interior de la Unidad de Formación de Recursos Humanos, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, por haber financiado mi carrera universitaria.

Al personal de campo del Proyecto de Conservación de Suelos, Sub-región V-1 de la Dirección General de Servicios Agrícolas, Sacatepéquez.

A mis familiares, compañeros y amigos que siempre apoyaron mi formación profesional.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS	3
III. OBJETIVOS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
1. Factores de la erosión y la escorrentía	4
1.1 El clima	4
1.2 La topografía	4
1.3 La cobertura vegetal	7
1.4 Los suelos	9
2. Prácticas de conservación de suelos	11
2.1 Técnicas biológicas	12
2.2 Técnicas mecánicas	17
3. Medición de la escorrentía y la erosión	19
V. MATERIALES Y METODOS	21
1. Características generales de la cuenca	21
1.1 Ubicación	21
1.2 Dimensiones	21
1.3 Precipitación	21
1.4 Esorrentía	21
1.5 Sedimentos	22
2. Características del sitio experimental	22
2.1 Ubicación del sitio experimental	22
2.2 Clima y zona de vida	24
2.3 Suelos	24
3. Metodología para la determinación del es currimiento	25

3.1 Dimensiones de las parcelas de esco rrentía	25
4. Tratamientos evaluados	28
5. Diseño experimental	30
6. Manejo del experimento	31
6.1 Instalación de las parcelas experi- mentales	31
6.2 Instalación del pluviógrafo	32
6.3 Establecimiento de las estructuras de conservación	32
6.4 Establecimiento y mantenimiento del cultivo	32
7. Medición de la precipitación	32
8. Medición de variables	33
8.1 Escorrentía	33
8.2 Erosión	33
8.3 Análisis de sedimentos	33
8.4 Rendimiento del cultivo	34
VI. RESULTADOS Y DISCUCION	35
1. Precipitación	35
1.1 Precipitación total mensual	35
1.2 Frecuencia de las precipitaciones	36
1.3 Intensidad	37
2. Escorrentía	37
2.1 Cantidad de escorrentía	37
2.2 Relación de la escorrentía superfi- cial con las principales caracterís- ticas de la precipitación	42
3. Sedimentos	42
3.1 Cantidad	42

	Página
3.2 Características de los sedimentos	50
3.2.1 Granulometría	50
3.2.2 Estimación de la pérdida de fertilidad del suelo	53
3.3 Relación entre las pérdidas de se- dimentos y las características de la precipitación	55
4. Rendimiento del cultivo	55
5. Costos de establecimiento y mantenimien <u>to</u> de las prácticas evaluadas	60
VII CONCLUSIONES	63
VIII RECOMENDACIONES	65
IX BIBLIOGRAFIA	66
X ANEXO	69

INDICE DE CUADROS

No	Descripción	Página
1	Intensidad de las lluvias y pérdida de suelos en Chinchiná, Colombia	6
2	Pérdida de elementos en las aguas de escorrentía. Primer año de observaciones. Lluvia 3,137.6 mm Chinchiná, Colombia.	11
3	Pérdidas de tierra comparativa (ton/ha/año) para cultivos sin camellones y cultivos sobre camellones de contorno en Nanisama y Madagascar	13
4	Distanciamiento para barreras vivas en cultivos limpios y en cultivos densos	15
5	Precipitación mensual para el período de estudio y promedio mensual de 15 años en San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala	35
6	Frecuencia y precipitación (mm) para cinco clases de lluvias ocurridas en San Mateo Milpas Altas, del 13 de julio al 31 de diciembre de 1987	36
7	Escorrentía superficial en metros cúbicos por hectárea, para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1987	40
8	Análisis de varianza para la escorrentía superficial registrada	40

9	Prueba de Tuckey para los valores de esco- rrentía superficial	41
10	Sedimentos totales expresados en ton/ha pa ra tratamientos y repeticiones	44
11	Análisis de varianza para los sedimentos totales	47
12	Prueba de Tuckey para la media de los sedi mentos totales	48
13	Pérdida de elementos convertidos a fertili zantes en kg/ha, registrados en los sedi- mentos. Parcelas de escorrentía de San Ma teo Milpas Altas 1987	51
14	Rendimiento en grano de maíz kg/ha para tra tamientos y repeticiones. San Mateo Milpas Altas 1987	57
15	Análisis de varianza para el rendimiento de maíz kg/ha. Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1987	59
16	Costos por hectárea de las tres prácticas de conservación, con el cultivo de maíz, para el primer año de establecimiento	60
17A	Valores de la escorrentía (mm) para trata- mientos y repeticiones, correspondientes al mayor evento ocurrido al inicio de la evalua ción	70

18A	Análisis de varianza para la escorrentía (mm) correspondiente al mayor evento ocurrido al <u>i</u> nicio de la evaluación	70
19A	Prueba de Tuckey para la escorrentía (mm) correspondiente al mayor evento inicial	70
20A	Valores de la escorrentía en mm, para tratamientos y repeticiones, correspondiente al mayor evento ocurrido al final de la evaluación	71
21A	Análisis de varianza para la escorrentía (mm) correspondiente al mayor evento ocurrido al final de la evaluación	71
22A	Prueba de Tuckey para la escorrentía en mm correspondiente al mayor evento ocurrido al final de la evaluación	71
23A	Sedimentos en ton/ha para tratamientos y repeticiones correspondientes al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación	72
24A	Análisis de varianza para los sedimentos en ton/ha correspondientes al mayor evento ocurrido al <u>i</u> ncio de la evaluación	72
25A	Prueba de Tuckey para los sedimentos en ton/ha correspondientes al mayor evento ocurrido al <u>i</u> nicio de la evaluación	72

26A	Sedimentos en ton/ha para tratamientos y <u>re</u> peticiones, correspondientes al mayor evento ocurrido al final de la evaluación	73
27A	Análisis de varianza para los sedimentos en ton/ha correspondientes al mayor evento <u>ocu</u> rrido al final de la evaluación	73
28A	Prueba de Tuckey para los sedimentos en ton/ha correspondientes al mayor evento <u>ocurri</u> do al final de la evaluación	73
29A	Tabla de datos de comparaciones ortogonales entre las prácticas de conservación y el testigo para la <u>es</u> correntía total	74
30A	Tabla de datos de comparaciones ortogonales entre las prácticas de conservación y el testigo para los sedimentos <u>totales</u>	74
31A	Descripción del pedon representativo del <u>si</u> tio experimental	76
32A	Características físicas del perfil del suelo de las parcelas de <u>es</u> correntía de San Mateo Milpas Altas	78
33A	Características químicas del perfil del <u>sue</u> lo en las parcelas de <u>es</u> correntía de San <u>Ma</u> teo Milpas Altas	78
34A	Costos de producción para una hectárea de maíz en San Mateo Milpas Altas 1988	80

INDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Página
1	Mapa de la cuenca del río Pensativo, mostrando la ubicación del sitio experimental	23
2	Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo	27
3	Sección transversal de los tratamientos evaluados	29
4	Escorrentía (%) registrada en San Mateo Milpas Altas, 1987, según tratamientos	39
5	Relación entre la intensidad de la lluvia y el escurrimiento superficial	43
6	Sedimentos producidos en las parcelas de escorrentía, según tratamientos	45
7	Sedimentos registrados en cada tratamiento de acuerdo con la lluvia acumulada	46
8	Distribución del tamaño de partículas en los sedimentos, de acuerdo con los tratamientos evaluados	51
9	Relación entre la intensidad de la lluvia y el % de la fracción mayor de 2 mm	52
10	Relación entre la intensidad de la lluvia y las pérdidas de suelo	56
11	Rendimiento en kg/ha de grano de maíz de las parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas 1987	58

Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del Río Pensativo, Sacatepéquez, Guatemala.

First evaluation of three soil and water conservation practices at the Pensativo river watershed, in Sacatepéquez, Guatemala.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el primer año de evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del Río Pensativo, Sacatepéquez. La investigación se realizó en la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala, zona que en su mayoría presenta suelos con alta susceptibilidad a la erosión, fuertes pendientes con cultivos limpios y características que son representativas de la parte alta y media de la cuenca.

Las prácticas de conservación evaluadas fueron: Acequia de ladera con barrera viva, camellones en contorno con acequia y únicamente barrera viva, las cuales se compararon con un testigo sin ninguna práctica de conservación. Se estableció como cultivo el maíz (Zea maiz) con el manejo tradicional que se da al mismo en la región.

Para el desarrollo de la investigación se montaron lote's de escurrimiento de 49 metros cuadrados, distribuidos en un diseño experimental de bloques al azar, sobre un terreno con pendiente media de 32%. En cada lote de escurrimiento se midió la esorrentía superficial y el suelo erosionado; se analizan además las principales características físicas y químicas de los sedimentos y se cuantificó el rendimiento del cultivo.

Los principales resultados muestran que la menor esorrentía se presentó en la acequia con barrera viva y fue de 33.3 metros cúbicos por hectárea; mientras que la máxima se obtuvo en el testigo con un valor de 180 metros cúbicos por hectárea. Las pérdidas de suelo oscilan entre 167.9 kilogramos por hectárea para el tratamiento acequia con barrera viva y 3,380 kilogramos por hectárea para la técnica tradicional de manejo de los suelos de la región (testigo).

Entre las características de los sedimentos se determinó, que las arenas fueron las que en mayor porcentaje se perdieron en todos los tratamientos, lo cual se explica tomando en cuenta las características texturales de los suelos del sitio experimental.

La pérdida de elementos fertilizantes estuvo directamente relacionada con la cantidad de sedimentos, en consecuencia, las mayores pérdidas se presentaron en el testigo, en donde, para el caso del fósforo fueron 23 veces mayores que las registradas en los tratamientos con acequia y 2.6 veces mayores que en la barrera viva.

Las tres prácticas de conservación evaluadas redujeron sustancialmente la escorrentía y las pérdidas de suelo con respecto a la práctica tradicional de manejo de suelos del área. Entre estas prácticas, la acequia con barrera viva y los camellones en contorno con acequia mostraron ser las más efectivas en el control de la erosión hídrica. La barrera viva como práctica individual de conservación mostró su efectividad en dicho control, hasta que el material vegetativo utilizado alcanzó pleno desarrollo.

El rendimiento del cultivo no presentó diferencias entre las prácticas de conservación ni con respecto al testigo, debido al mínimo efecto que las mismas tuvieron en la primera fase de este estudio.

I. INTRODUCCION

En Guatemala según Leonard (1986), el problema de la degradación de los suelos está alcanzando proporciones críticas, y una de las principales causas es la erosión del suelo, producto de la intensa explotación y de la falta de prácticas adecuadas de conservación de suelos.

El área de estudio, comprendida entre la región del altiplano central, la cuenca del río Pensativo, presenta una alta o muy alta susceptibilidad a la erosión. Además en dicha cuenca, terrenos con fuertes pendientes son utilizados para la siembra de cultivos limpios como el maíz, sin considerar las medidas necesarias para contrarrestar los efectos de la erosión. Todo esto ha determinado que año tras año se pierdan en la cuenca grandes cantidades de este valioso recurso natural por efecto de la erosión hídrica. Según Cabrera (1986), la cuenca del río Pensativo presenta una degradación específica de 2,100 toneladas métricas por kilómetro cuadrado por año.

Una alternativa para el manejo de los suelos destinados a uso agrícola en esta cuenca, tendiente a reducir en parte el problema de la erosión hídrica, la constituye la aplicación de prácticas adecuadas de conservación de suelos. Sin embargo, previo a su implementación, es imprescindible conocer la eficiencia de las mismas de acuerdo a las características de los suelos y de la agricultura de la región.

Tomando en cuenta la consideración anterior, el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de San Carlos de Gua

temala, dentro del Sub-programa de Recursos Naturales Renovables, estableció en dicha cuenca una investigación para evaluar la efectividad en el control de la erosión hídrica de tres prácticas de conservación de suelos.

La fase preliminar de la investigación cuyos resultados son materia del presente documento, se realizó en la aldea San Mateo Milpas Altas del municipio de Antigua Guatemala.

II. HIPOTESIS

1. Al menos una de las prácticas de conservación de suelos, reducirá el escurrimiento superficial y la erosión hídrica con respecto a la práctica tradicional de manejo de los suelos del área.
2. Con la utilización de prácticas de conservación de suelos se incrementan los rendimientos en el cultivo de maíz.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Contribuir mediante la investigación básica en conservación de suelos a mejorar el manejo de la cuenca del río Pensativo.

2. Objetivos Específicos

- 2.1 Determinar el escurrimiento, la erosión y las características de los sedimentos por efecto de las precipitaciones pluviales en San Mateo Milpas Altas durante la época lluviosa del año 1987.
- 2.2 Determinar la efectividad en el control de la erosión hídrica de tres prácticas de conservación de suelos en el cultivo de maíz.
- 2.3 Determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo.

IV. REVISION DE LITERATURA

1. Factores de la erosión y la escorrentía:

Los cuatro factores principales que determinan la escorrentía y las pérdidas de suelo por la erosión son: clima, la topografía, la vegetación y el suelo (12, 18, 19).

1.1. El clima:

La erosión es causada por la acción sobre el suelo de factores climáticos bien definidos como el agua y el viento, los cuales en ciertas regiones del globo tienen un carácter agresivo, lo cual provoca cuando el suelo no está bien protegido por una vegetación lo suficientemente densa, una degradación rápida de los horizontes superficiales (12).

Las lluvias constituyen el factor climático de mayor influencia en la manifestación y desarrollo de la erosión hídrica (19, 30). Según experimentos realizados en Africa y Madagascar (12) se determinó que las características pluviométricas más importantes son: la columna de agua, la intensidad y la frecuencia de la lluvia.

1.1.1. La columna de agua:

Según Apolo (1), la cantidad de lluvia necesaria para que se produzca escorrentía superficial significativa y erosión varía de un lugar a otro; dicho autor encontró que para la Suiza, Turrialba, Costa Rica, se requiere de un valor promedio de 5 mm de precipitación para que se inicie la escorrentía.

Experimentos realizados en Madagascar (12) indican que para provocar el fenómeno de la erosión, la columna de agua caída al suelo debe alcanzar por lo menos 20 a 30 mm en un solo aguacero.

Según Jackson y Kowal citados por Apolo (1), no es tanto la cantidad anual de la precipitación que cae sobre un lugar, si no el efecto de aguaceros o eventos individuales los que determinan las pérdidas de agua y suelo.

1.1.2 Intensidad:

La intensidad es la lámina de agua que cae por unidad de tiempo, expresada generalmente en milímetros por hora (2). Es el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentía y la erosión, aunque ejerce mayor influencia sobre la erosión, constituyéndose en un importante parámetro potencial de erosionabilidad (16, 30).

La relación entre la intensidad del aguacero y las pérdidas de erosión son directas, de tal manera que grandes cantidades de lluvia a bajas intensidades pueden causar una erosión total mucho mejor que pequeñas cantidades de lluvia a altas intensidades (12).

En las regiones tropicales las intensidades de las lluvias son mayores que en las zonas templadas y pocos aguaceros durante el año acumulan un buen porcentaje de la lluvia total, produciendo las mayores pérdidas de suelo (12, 30). En un experimento realizado en el área del proyecto de conservación de suelos de la cuenca del río Michatoya, Guatemala (29), se estableció que un solo aguacero fue el responsable del 61.7% del total de las pérdi-

das de suelo registradas para ese año.

En el cuadro 1 se presentan datos registrados por Suárez de Castro (30) en Chinchiná Colombia, en los cuales se muestra la relación entre la intensidad de las lluvias y las pérdidas de suelo.

Cuadro 1. Intensidad de las lluvias y pérdida de Suelos en Chinchiná, Colombia

Cantidad lluvia (mm)	Intensidad má- xima en 5 mín. /mm	Escorrentía (mm)	Erosión Ton/ha
20.6	7.9	6.8	7.35
21.4	5.0	11.1	1.74
18.0	4.5	7.8	1.06
21.8	2.2	4.5	0.47
20.0	1.9	0.8	0.12
22.0	1.0	?	0.06

FUENTE: Suárez de Castro. Conservación de Suelos

Cómo se observa en el cuadro 1, aguaceros de similar cantidad total de agua caída pero de diferente intensidad, causaron pérdidas muy diferentes de suelo y agua, las cuales están directamente relacionadas con la intensidad de la precipitación.

Gourgon et al (12) señala que el estado de saturación del suelo juega un papel muy importante en la caracterización de los aguaceros erosivos, por lo tanto las lluvias de fuertes intensidades que se suceden a intervalos cortos causaran sin duda la máxima erosión.

1.1.3 Frecuencia:

Esta dada por los intervalos entre las lluvias. Intervalos cortos aumentan los riegos de que se originen escoorrentías aún con lluvias de baja intensidad; debido a que el contenido de humedad del suelo al comenzar éstas será alto (19, 30).

Cuando un suelo esta seco, la velocidad de infiltración es alta, de ahí que muchas lluvias consideradas fuertes no producen escoorrentía y erosión (1).

1.2 La Topografía:

El grado, la longitud y la uniformidad de la pendiente son las características topográficas de mayor influencia en relación con el desarrollo de los procesos erosivos (19).

El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión dependen de la velocidad con que ésta fluye, la cual, a su vez, es una resultante de la longitud y el grado de pendiente del terreno (30).

1.2.1. Grado de la Pendiente:

El grado de la pendiente del terreno es usualmente más importante que su longitud con respecto a la severidad de la erosión (19).

La erosión crece rápidamente con relación al grado de la pendiente del terreno y, se observa algunas veces un aumento conside

rable de las pérdidas de suelo por muy débil que sea el crecimiento de la misma (12).

1.2.2. Longitud de la pendiente:

El efecto de la longitud de la pendiente varía considerablemente con el tipo de suelo, En suelos de buena permeabilidad, pendientes de mayor longitud producen menor escorrentía que pendientes cortas, pues hay mayor oportunidad para que el agua se infiltre, dependiendo de la humedad del suelo (19). Sin embargo, según Millar (24) los terrenos con pendientes moderadas de gran longitud pueden sufrir una mayor erosión que los que tienen pendientes mayores, pero son de poca longitud.

1.3. La Cobertura Vegetal:

La cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Toda planta, desde la más minúscula hierba hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferentes (30).

La vegetación juega un papel muy significativo en el control de la erosión y sus efectos, el cual puede resumirse en dos aspectos: a) Actúa como interceptora de las gotas de lluvia y b) disminuye el volumen y la velocidad de la escorrentía (12, 19).

Un terreno recubierto por una vegetación permanente, prado o selva, no muestra prácticamente señales de erosión, puede haber escorrentía si la pendiente es fuerte, pero las pérdidas de tierra son nulas. Experimentos realizados en Sefá, Senegal (12) demostraron que el bosque protege al suelo 40 veces más que el barbecho natural y si un cultivo cubre bien al suelo, la erosión no

no sobrepasa de unas pocas toneladas por hectárea por año; en cambio, si las siembras son poco densas las pérdidas de tierra alcanzan de 8 a 15 Ton/ha/año y si los cultivos son diezmados por los insectos o las enfermedades, la erosión puede elevarse hasta 50 Ton/ha/año.

Forsythe (10) en experimentos realizados en San Isidro de El General, Costa Rica, encontró una relación de pérdida de suelo de 6:1 entre una parcela sin cobertura y otra con cobertura de zacate.

1.4 Suelos:

Las condiciones físicas y químicas de los terrenos, al impartirles mayor o menor resistencia a la acción de las aguas, tipifican y singularizan el comportamiento de cada suelo expuesto a condiciones similares de pendiente, lluvia y cubierta vegetal (30).

Baver et al citado por López (19) señala que los efectos de las propiedades del suelo sobre la erosión hídrica se manifiesta de dos formas: 1) aquellas propiedades que determinan la habilidad del suelo para permitir la penetración de la lluvia, la cual depende de: a) la condición de la superficie del suelo, representada por su porosidad; b) el contenido de humedad del suelo al momento de ocurrir la lluvia; y c) la permeabilidad del perfil del suelo. 2) Por las propiedades que imparten al suelo su resistencia a la dispersión, entre las cuales se encuentran la estructura, la textura, la mineralogía de las arcillas, el contenido de materia orgánica, los agentes cementantes, etcétera.

La profundidad del suelo y las características del sub-suelo

son también muy importantes y deben ser consideradas al elevar la erodabilidad o susceptibilidad de los suelos a la erosión. Asimismo el efecto piedra tiene una importancia primordial sobre la protección de un suelo, debido a que el arrastre de tierra se debe sobre todo al choque de las gotas de agua sobre el suelo (efecto-impacto), así en general, todos los suelos que presenten un horizonte superficial granzonoso son menos sensibles a la erosión que los otros (12, 16).

La consecuencia de la erosión no es solamente el arrastre de cierta cantidad de tierra; ella ejerce también una acción selectiva sobre los elementos constitutivos del suelo. Esto es lo que se llama "Erosión de la fertilidad", la cual se manifiesta en una modificación de las propiedades físicas y químicas del suelo(30). Casi siempre se encuentra en la tierra arrastrada 5 a 6 veces más cantidad de elementos finos (arcillas y limo) que en la tierra de sitio (in situ); y además siempre hay un arrastre importante de las bases intercambiables y, por consiguiente una disminución de las reservas de fertilidad (12).

Es más fácil visualizar los daños que la erosión ocasiona a los terrenos teniendo información no sólo sobre las toneladas de suelo perdido sino también sobre los kilogramos de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio extraídos por la escorrentía (30).

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos por Suárez de Castro (30) en una investigación sobre pérdida de elementos en las aguas de escorrentía en Chinchiná, Colombia.

Cuadro 2. Pérdidas de elementos en las aguas de escorrentía. Primer año de observaciones. Lluvia = 3,137.6 mm Chinchiná, Colombia

TRATAMIENTO	Escorrentía	kilogramos/hectarea			
	(mm)	Nitratos	Fósforo	Potasio	Calcio
Suelo desnudo	2,271	7.71	2.23	31.47	304.94
Potrero	866	4.12	0.26	9.64	48.75
Cafetal joven	471	1.29	0.05	4.43	8.63
Cafetal viejo	133	1.50	0.12	1.80	2.98

Fuente: Suárez de Castro. Conservación de suelos

Las relaciones entre los extremos (suelo desnudo y cafetal viejo) fueron de 6 a 1 para nitratos; 18 a 1 para fósforo; 17 a 1 para potasio; y de 100 a 1 para el calcio. Las pérdidas de fósforo son pequeñas, pero pueden ser de gran importancia en suelos de tan bajo contenido fosfórico como los de la zona tropical contribuyendo estas pérdidas en la reducción de la producción de los cultivos. Los suelos de la región tropical, con lluvias intensas, están más propensas a sufrir empobrecimientos de bases que de otros elementos (13, 30).

2. Prácticas de Conservación de Suelos:

Todas las prácticas encaminadas a aumentar las resistencias o disminuir las fuerzas que intervienen en la erosión, se denominan prácticas de conservación de suelos (30).

Según López F. (20) el manejo conservacionista de los suelos puede clasificarse en dos grupos de técnicas: las biológicas y las mecánicas.

2.1 Técnicas biológicas:

Consisten en procedimientos que tienen como objetivo la obtención de una cobertura adecuada y lograr el fortalecimiento de los caracteres y cualidades de los suelos para hacerlos más resistentes al proceso de la erosión; a estas técnicas también se les conoce como prácticas agronómicas y culturales de conservación de suelos.

Las prácticas agronómicas y culturales son las más sencillas de ejecutar y de mantener, y entre las principales prácticas de ésta clase están: a) la distribución adecuada de los cultivos, b) la siembra en contorno; c) la siembra en fajas; c) las rotaciones de cultivos; d) abonos verdes y plantas de cobertura y e) barreras vivas (30).

2.1.1 Distribución de los cultivos:

La distribución de los cultivos, constituye la base de todo programa de conservación y los mismos deben establecerse de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra; según la clasificación agrológica de la misma.

2.1.2 La siembra en contorno:

La siembra en contorno consiste en disponer las hileras de siembra y verificar las labores de cultivo en forma transversal a la pendiente siguiendo la curva de nivel (30).

El establecimiento de los surcos perpendiculares a la pendiente, y por ende al escurrimiento, ocasiona una fuerte dismi-

nución del proceso erosivo, por la fragmentación que causan los surcos al actuar como microdiques (20).

Otra práctica similar es el cultivo en camellones de contorno, obtenidos con el arado o con zanjadora, los cuales se caracterizan por su anchura y su altura, siendo ésta última lo suficiente para evitar que el agua represada se desborde. Este es un método aplicable preferentemente en terrenos suficientemente permeables (20).

De una manera general se puede señalar que el cultivo en camellones reduce notablemente las pérdidas de suelo, lo cual se puede constatar en los resultados obtenidos por Gougou et al (12) en Nanisama, Madagascar, los cuales se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Pérdidas de tierra comparativas (ton/ha/año) para cultivos sin camellones y cultivos sobre camellones de contorno en Nanisama, Madagascar

SIEMBRAS	MAIZ	CULTIVOS MANI	PAPAS
Sin camellones	19.1	12.3	5.1
Camellones de contorno	3.9	4.1	4.2

Fuente: Gougou, M. et al, Conservación de suelos en Regiones tropicales (Africa y Madagascar)

Puede observarse que las relaciones de pérdida de suelo entre estos dos sistemas de cultivo, son de 5 a 1 para el maíz y

de 3 a 1 para el maní.

La práctica de surcos de contorno o camellones de contorno, si se le emplea sola va perdiendo su eficiencia en la medida que aumenta la pendiente, pero sigue siendo eficaz si se la acompaña de otras medidas de protección adecuadas (20).

2.1.3 Cultivo en fajas:

Esta práctica consiste en establecer bandas cultivadas de anchura variable sobre terrenos con pendientes del 2-15%, siguiendo el sentido general de las curvas de nivel, de tal forma que se alternen plantas que ofrecen poca protección al suelo con otras de crecimiento denso (20, 30).

Este sistema participa de todas las ventajas del cultivo en contorno y del cultivo en rotación, además ofrece protección adicional al terreno por la acción de las fajas de cultivo denso que disminuyen la velocidad y el volumen de la escorrentía que llega a las zonas ocupadas con cultivos de escarda (30).

2.1.4 Las barreras vivas:

Son hileras de plantas perennes o semi-perennes de crecimiento rápido y denso, que se cultivan transversalmente a la pendiente del terreno, con determinado distanciamiento horizontal, el cual depende de la pendiente del terreno, y que casi siempre siguen las curvas de nivel (20, 30).

Es deseable que las especies utilizadas para barrera viva po sean características tales como ser de crecimiento rápido, enraizamiento profundo, reacción favorable al enterrado de su base, re producción asexual, buen amacollamiento y que sean perennes o de larga vida (13, 20).

Las barreras vivas, pueden emplearse tanto en cultivos limpios como en cultivos densos, y constituyen el método más sencillo y económico de formar terrazas de banco o bancales (30).

En el cuadro 4 se presentan los distanciamientos recomendables por Suárez de Castro (30) para el establecimiento de barreras vivas, dependiendo el tipo de cultivo y pendiente del terreno.

Cuadro 4. Distanciamiento para barreras vivas en cultivos limpios y en cultivos densos

Pendiente del Terreno en %	Distancia Horizontal metros	
	Cultivo limpio	Cultivo denso
5	20.0	25.0
10	15.0	20.0
15	10.0	18.0
20	9.0	15.0
25	8.0	15.0
30	6.5	12.0
35	6.0	12.0
40	6.0	9.0
50	.-	9.0
mayor de 60	.-	6.0

FUENTE: Suárez de Castro. Conservación de Suelos

Las barreras vivas constituyen un método eficaz para el control de la erosión hídrica. En experimentos realizados en Meta

lluvias que varían de los 1,700 a los 1,800 mm anuales, se reporta una relación de pérdidas de suelo entre parcelas cultivadas con maíz sin prácticas de conservación de suelo y parcelas cultivadadas con el mismo cultivo pero con barreras vivas de 1 a 1 para el primer año (año de establecimiento de la barrera) y luego de 14 a 1 para el segundo año.

2.1.5 Rotación de cultivos:

Consiste en una sucesión de diferentes cultivos en ciclos agrícolas continuos en el mismo terreno (30, 31). Con una buena rotación de cultivos se logrará mejorar las condiciones del suelo, lo cual se reflejará en reducciones grandes en las pérdidas de suelo y agua. En lo posible, los cultivos que se sucedenen en la rotación deben tener exigencias alimenticias diferentes no ser susceptibles a las mismas plagas y enfermedades y ofrecer grados diferentes de protección al suelo (30).

2.1.6 Plantas de cobertura y abonos verdes:

Las plantas de cobertura se utilizan para proteger el suelo contra la acción de las lluvias y mejorar sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo posterior, y cuando esas plantas se entierran se denominan abonos verde y sus efectos benéficos en el suelo son por el aumento de la materia orgánica y los efectos que ésta tiene sobre las propiedades físico-químicas del suelo, lo cual influyen en una reducción en la escorrentía y por ende en la pérdida del suelo por la erosión (20,31)

2.2. Técnicas Mecánicas:

Son todas aquellas prácticas que comprenden trabajos de conservación de suelos de naturaleza física (30, 31).

Las técnicas mecánicas consisten en realizar movimientos de tierra modificando las características topográficas del terreno (longitud y grado de pendiente) y facilitando la evacuación del agua, disminuyendo los escurrimientos superficiales y la erosión (20, 22).

Suárez y Castro (30) señala que las principales prácticas mecánicas son: a) los canales de desviación, b) las terrazas, c) las acequias de ladera y d) las represas.

2.2.1 Canales de desviación:

Los canales de desviación son zanjales que se construyen para cortar el flujo del agua de escorrentía de predios más altos a los terrenos de cultivo y llevar esas aguas a un desagüe bien protegido, impidiendo que causen daños en áreas vecinas más bajas (30).

Este tipo de obra constituye defensa de primera línea y su presencia resulta esencial al sistema de protección representado por las restantes estructuras (20).

2.2.2 Terrazas:

Las terrazas son camellones o terraplenes, o la combinación de bordos y canales, contruídos en sentido perpen

dicular a la pendiente del terreno, con el objeto de interceptar y desviar la escorrentía o acumularla en canales para facilitar su infiltración y almacenamiento en el suelo (20, 22).

La construcción de terrazas es una de las prácticas más efectivas para combatir la erosión en terrenos de cultivo; sin embargo, las terrazas mal diseñadas no solamente no retardan la erosión, sino que la aceleran. La construcción de terrazas es también una de las prácticas más costosas, y no deberán hacerse cuando haya otras alternativas de conservación del suelo, se deben construir solamente donde se justifique el costo de construcción y mantenimiento, con cultivos que paguen tal inversión (31).

Miranda (25) señala que en la región norte de Guatemala, la construcción de terrazas de banco continuas, es la práctica que presenta mayor eficiencia en el control de la erosión hídrica, sin embargo, su costo de construcción (promedio de Q.750.00 /ha) es mucho más elevado que las otras prácticas de conservación y en la mayoría de los casos es utilizada con cultivos de baja rentabilidad en la región (maíz), lo que no justifica su costo de construcción ni permite darle el mantenimiento respectivo de las mismas.

2.2.3 Acequias de ladera:

Son canales normalmente de sección trapezoidal de 30 cms. de ancho en el fondo, con taludes 1:1 y de profundidad y desnivel variables, contruídos siguiendo una curva a nivel del terreno. Normalmente a 15 cms. del borde superior de la acequia y a todo lo largo de ella, se siembra una barrera vi

va con objeto de filtrar el agua que llegue al canal y en esa forma disminuir la cantidad de material que en él se deposita (13, 30).

Las acequias reducen la escorrentía y la erosión al dividir la longitud de la pendiente en tramos, cortando la escorrentía antes de que la misma adquiriera velocidades perjudiciales, subdividiendo el volumen total de la escorrentía de un terreno en porciones pequeñas fáciles de manejar (30).

3. Medición de la Escorrentía y la Erosión:

Los lotes de escurrimiento o parcelas experimentales constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica (22).

Las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes: 1) el área experimental y 2) los dispositivos receptores del agua y del suelo que provienen del área experimental por efecto del escurrimiento originado por la lluvia. (26). Figura 1

3.1 El área experimental

El área experimental es una parcela, cuyas dimensiones están en función del objetivo de la investigación, sin embargo, la regla fundamental, es no darle a ésta área experimental una superficie demasiado grande, a fin de recoger un volumen de agua y tierra fácilmente medible (26).

3.2 El sistema receptor:

Las partes constitutivas del sistema receptor son: figura 1.

- a. Canal colector: situado en la parte inferior del área experimental, constituye el límite inferior de ésta. Su función es coleccionar el agua y la tierra arrastrada durante el proceso de escurrimiento y erosión.
- b. Canal evacuador: conduce el agua y los sedimentos del canal colector hacia el tanque receptor.
- c. Tanques receptores: depósitos donde se acumulan el agua escurrida y los elementos sólidos arrastrados (26).

En los países tropicales se ha avanzado muy poco en la determinación de los valores reales de la esorrentía y erosión; siendo necesario adaptar metodologías y criterios para una relativa baja tecnología disponible y diferentes condiciones ecológicas existentes (1).

En Guatemala a la fecha se han realizado 5 trabajos de investigación (tesis de grado) directamente relacionados con la pérdida de suelo y las prácticas de conservación de éste recuso en el país, sin embargo, solamente en una de las investigaciones se ha utilizado la metodología de los lotes de escurrimiento para cuantificar las pérdidas de suelo (28).

VI. MATERIALES Y METODOS

1. Características generales de la cuenca:

1.1 Ubicación:

La cuenca del río Pensativo se encuentra enmarcada completamente dentro del departamento de Sacatepéquez, se ubica entre los meridianos 90°39' a 90°44' longitud oeste y los paralelos del 14°35' al 14°31' latitud Norte. Comprende parcialmente los municipios de Antigua Guatemala, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas (5).

1.2 Dimensiones de la cuenca:

El área de la cuenca es de 29.97 kms cuadrados; el largo máximo es de 9.15 kilómetros y el ancho máximo es de 9.35 kilómetros (5).

1.3 Precipitación:

La precipitación varía desde 900 hasta 1,200 milímetros anuales. Los meses de mayor precipitación son junio y septiembre; la época lluviosa se distribuye de mayo a octubre.

1.4 Escurrentía superficial:

Cabrera (5) menciona que de acuerdo con la curva de duración de caudales a la salida de la cuenca, el caudal característico medio es de 19 litros por segundo; el caudal característico máximo de 195 litros por segundo y el caudal característico de estiaje de 8.5 litros por segundo.

1.5 Sedimentos:

Según Cabrera (5) con base en las características de la cuenca, tiene una degradación anual* de 64,000 toneladas métricas por kilómetro cuadrado, y una degradación específica** anual de 2,100 toneladas métricas por kilómetro cuadrado, y menciona que aproximadamente se acumulan año tras año en el cauce del río 40,000 metros cúbicos de sedimentos.

2. Características del sitio experimental:

2.1 Ubicación del sitio experimental:

La investigación se realizó en la aldea San Mateo Milpas Altas, municipio de Antigua Guatemala, la cual está ubicada al Nor-oeste de la cuenca, a una latitud de 14°34'45" y longitud 90°41'46", a una altitud de 1910 metros sobre el nivel del mar (21). (Figura 1).

Esta zona fue seleccionada por ser un área crítica de erosión en la cuenca, debido a las características del suelo y la presión demográfica existente sobre los recursos naturales del área, en especial sobre el recurso suelo (5). Además esta zona presenta características representativas de la parte alta y me-

* Degradación anual = valores calculados en función de sedimentos dragados anualmente del cauce del río Pensativo.

** Degradación específica = forma de evaluar la erosión potencial o riesgo de erosión en una cuenca. Se define como la cantidad de suelo que podría perderse por erosión expresada en $\text{ton/Km}^2/\text{año}$

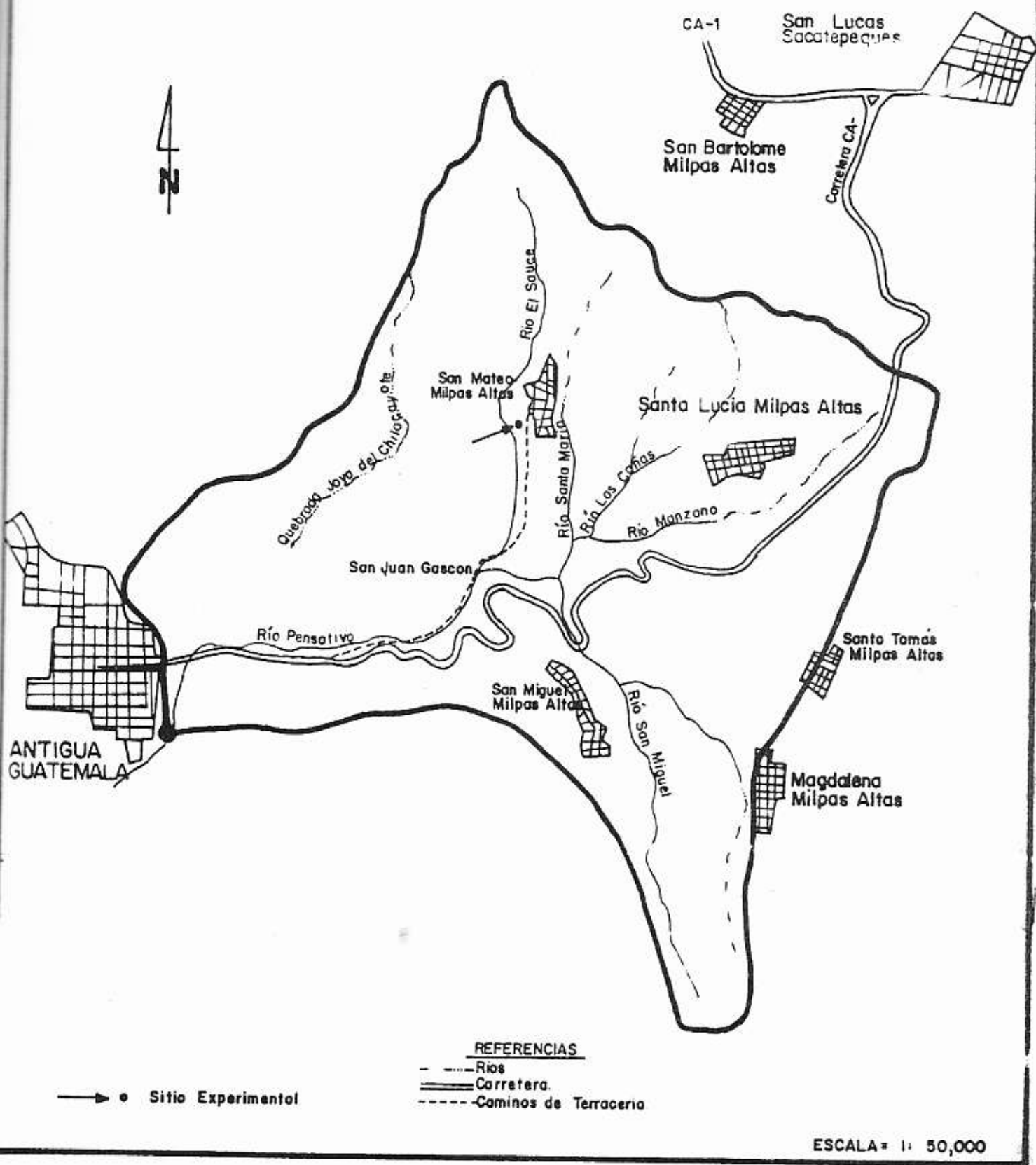


FIGURA 1. Mapa de la Cuenca del Río Pensativo, mostrando el sitio experimental

dia de la cuenca y del altiplano centro-occidental del país.

2.2 Clima y zona de vida:

La precipitación media anual es de 1,000 milímetros; la temperatura máxima es de 22.4°C, la mínima de 12.8°C y la temperatura medial anual es de 16.5°C; (14). La evapotranspiración potencial según el método Hargreaves es de 1,400 milímetros; la humedad relativa es del 80% y el brillo solar medio mensual es de 180 horas/sol (15).

Según J. de la Cruz (7), el área pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.

2.3 Suelos:

Para conocer las características físicas y químicas del suelo, se construyó una calicata en el sitio experimental; se tomaron muestras de suelo de cada horizonte genético y posteriormente se analizaron los resultados.

2.3.1 Estado de degradación del suelo:

El suelo sobre el cual se desarrolló la investigación, tiene más de 50 años* de utilizarse con cultivos limpios y sin prácticas de conservación de suelos por lo que en general, dentro del sitio experimental se ha perdido el 80% del horizonte A; asimismo existen algunas áreas muy pequeñas donde el horizonte A ha desaparecido

* Información proporcionada por el propietario del terreno

2.3.2 Características físico-químicas:

Estos suelos son bien drenados, medianamente profundos de color pardo oscuro amarillento, con un perfil constituído por una secuencia de horizontes Ap, Ac, 2B y 2C.

Las principales características físicas en los horizontes superficiales (Ap y AC) son: textura franco arenosa, estructura granular fina débilmente desarrollada, consistencia suave a seco y suelta en húmedo.

Las principales características químicas son: bajo contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico de 18.45 meq/100 ml. (Cuadro 31). Estos suelos están clasificados taxonómicamente como Entic Eutrandepts (5).

La pendiente promedio del terreno es de 32% en dirección norte-sur.

3. Metodología para la determinación del escurrimiento y la erosión:

Se utilizó el método de lotes de escurrimiento o parcelas de escorrentía, el cual fue diseñado con las siguientes características:

3.1 Dimensiones:

Para el tamaño de la parcela de escorrentía, se si-

guieron las recomendaciones de Ortiz (26), además se ajustaron las dimensiones de ésta a las condiciones del terreno disponible (área y forma) y del diseño experimental; finalmente se dió a las mismas una superficie de 49 metros cuadrados en forma cuadrada.

3.2 Confinamiento de las parcelas:

Con el fin de evitar la penetración de escorrentía de áreas externas a la parcela, se delimitó con tablas de madera (lepa) de 0.25 metros de ancho, las que se introdujeron verticalmente en el suelo hasta una profundidad de 0.15 metros, fijando las mismas al terreno con estacas de madera de 1.0 metros de largo y 0.05 metros de diámetro (figura 2)

3.3 Sistema colector de agua y sedimentos:

A cada parcela de escorrentía se le hizo en la parte inferior un sistema colector constituido por un canal colector, un canal de evacuación y un depósito o recipiente colector. (figura 2) Los canales colectores consistieron en zanjas construídas en la tierra de forma trapezoidal, las cuales se recubrieron con polietileno negro. Como canales de evacuación se utilizaron canales semicirculares de lámina de 0.70 metros de largo.

Los recipientes colectores consistieron en toneles plásticos de 200 litros de capacidad. Se instalaron dos por parcela; requerimiento determinado con base al escurrimiento máximo posible para el área, establecido por el método racional modificado (22). Cada tonel se introdujo dentro del suelo dejando la abertura del mismo 0.10 metro más abajo que el nivel del canal de evacuación; estos toneles se conectaron en su parte superior con tubo de P.V.C.

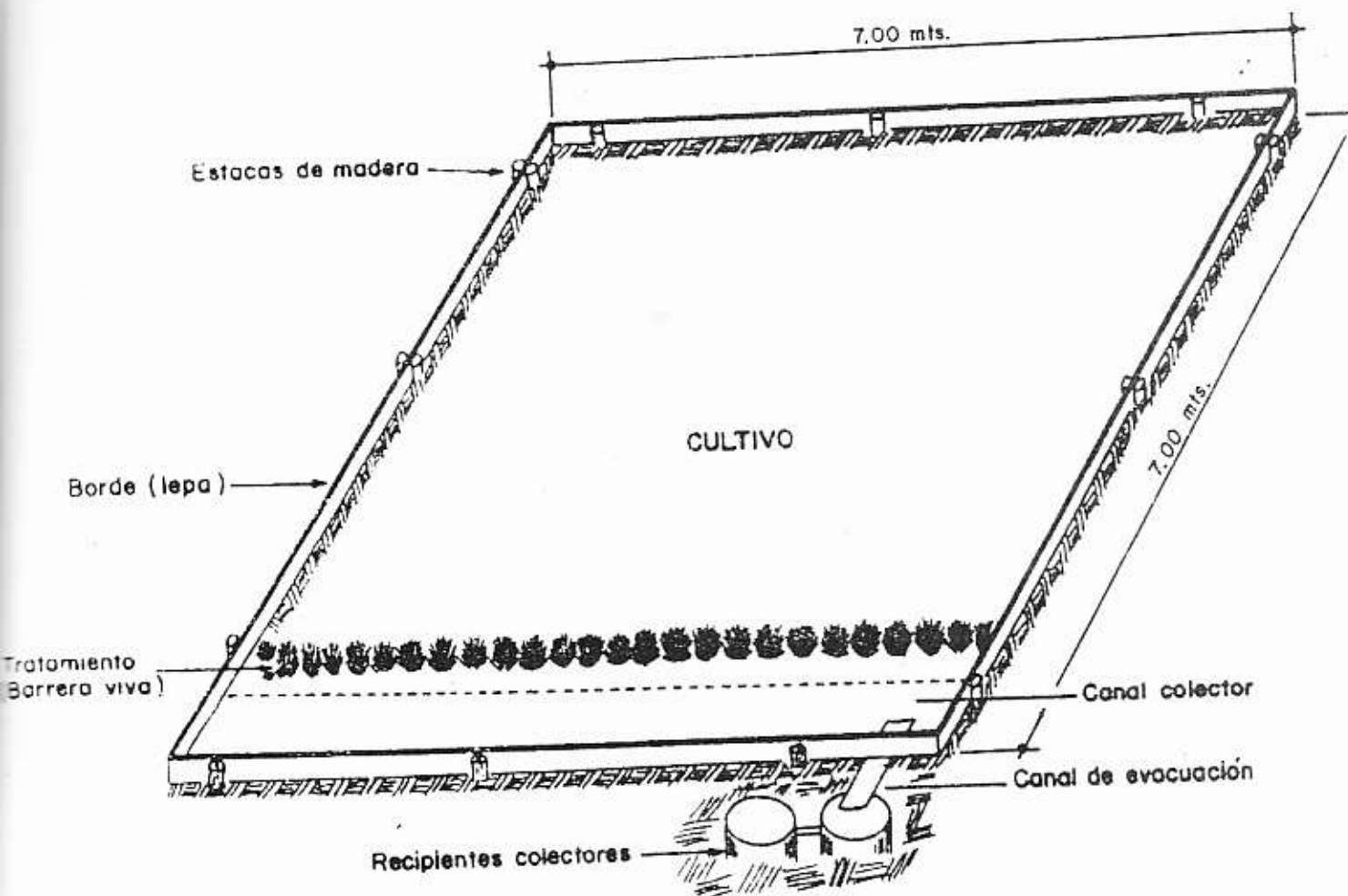


FIGURA 2 : Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo

4. Tratamientos evaluados

Se evaluaron los siguientes tratamientos (figura 3)

- a. Acequia de ladera con barrera viva (AC+Bv)
- b. Camellones en contorno con acequia sin barrera viva (Cc+AC)
- c. Barrera viva (Bv)
- d. Testigo (cultivo tradicional)

Las tres prácticas de conservación evaluadas se seleccionaron con base en las características edáficas, agronómicas y socioeconómicas del área.

El tratamiento camellones en contorno con acequia sin barrera viva, es una práctica de conservación que están utilizando algunos agricultores de la región. La misma consiste en la construcción de camellones siguiendo la curva a nivel, colocando la acequia en la parte baja del terreno. Esta práctica se realiza como parte de la preparación del terreno para la siembra.

En los tratamientos con barrera viva se utilizó como barrera la gramínea conocida regionalmente como zacatón (Panicum sp); especie forrajera de rápido crecimiento, con buen amacollamiento y buena adaptación a las características climáticas y edáficas del área.

El testigo consistió en cultivar la tierra sin la aplicación

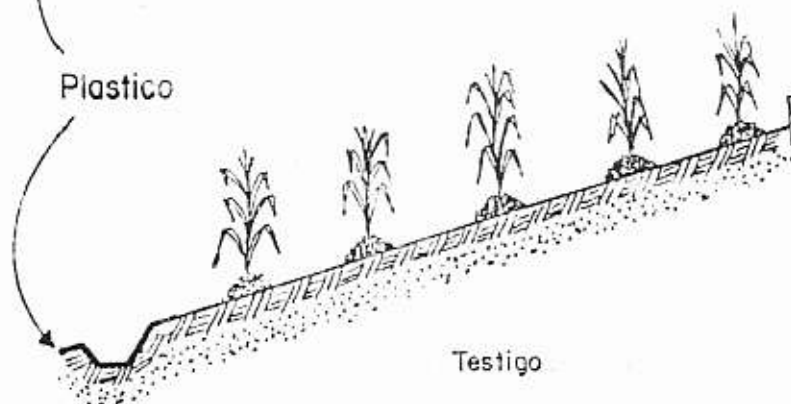
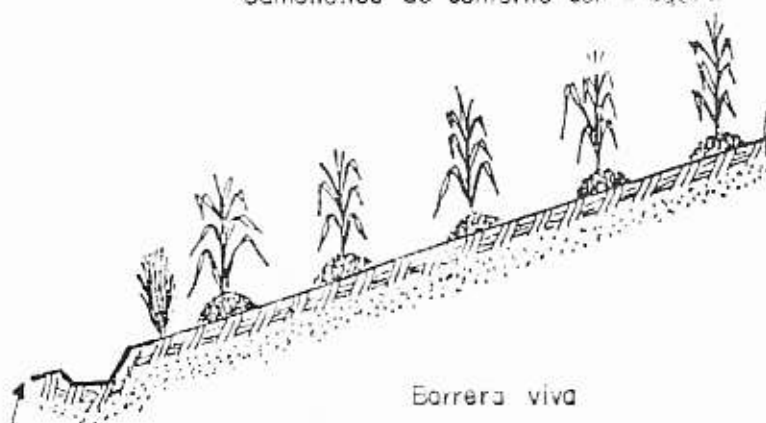
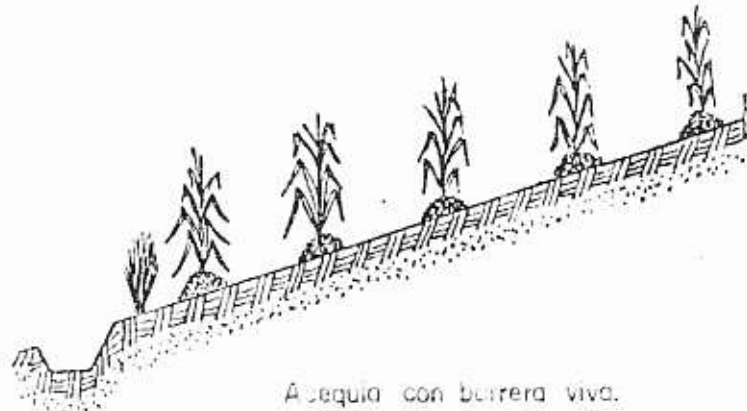


FIGURA 3: SECCION TRANSVERSAL DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS CON CULTIVO DE MAIZ.

de ningún tipo de práctica de conservación de suelos, siguiendo el sistema tradicional de cultivo empleado por la mayoría de agricultores de la región.

5. Diseño experimental:

Se utilizó el diseño experimental "bloques al azar", estableciéndose 5 repeticiones (5 bloques).

5.1 Unidad experimental:

Se utilizó como unidad experimental una parcela de escurrimiento.

5.2 Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Y_{ij} = Cualquier valor de la ij -ésima variable respuesta

U = efecto de la media

T = efecto de los tratamientos

B_j = efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = error experimental en la i -jésimo unidad experimental

5.3 Variables respuestas:

Cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea y sus características

Esgurrimiento superficial (agua de escorrentía) en metros cúbicos por hectárea.

Rendimiento del cultivo en kilogramos por hectárea de grano de maíz al 14% de humedad.

5.4 Análisis de la información:

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para la pérdida de sedimentos totales, escurrimiento medio y rendimiento del cultivo. Además se efectuó análisis de varianza para el escurrimiento y los sedimentos totales para el mayor evento individual ocurrido al inicio de la evaluación y el mayor evento registrado al final de la misma.

En los casos que se encontró variabilidad entre tratamientos se efectuó prueba de medias de Tuckey y contrastes ortoganales entre las prácticas de conservación y el testigo. Se efectuó también un análisis de correlación lineal simple entre las pérdidas de sedimentos y características de los mismos y las pérdidas de agua de escorrentía con las principales características de la precipitación (cantidad de lluvia por evento e intensidad media).

6. Manejo del experimento:

6.1 Instalación de las parcelas experimentales:

Consistió básicamente en la preparación del terreno, trazo de parcelas, confinamiento de éstas y establecimiento del sistema colector.

6.2 Instalación de pluviógrafo:

El pluviógrafo se instaló a 15 metros de distancia de las primeras parcelas de escorrentía.

6.3 Establecimiento de las estructuras de conservación:

Consistió en la construcción de los camellones en contorno, de las acequias de ladera y la siembra de la barrera viva

6.4 Establecimiento y mantenimiento del cultivo:

En el sitio experimental se sembró maíz, cultivo tradicional del área, utilizando semilla local, estableciendo 5 surcos por parcela. En el establecimiento y manejo del cultivo se siguió la tecnología utilizada por los agricultores de la región las distancias de siembra fueron 1.20 metros entre surcos y 0.60 metros entre posturas; se colocaron 5 semillas por postura. Se aplicaron dos limpias y una fertilización

7. Medición de la precipitación:

Se midió en un pluviógrafo de sifón con banda semanal de 10 mm de altura; con cuyos datos se obtuvo la lluvia total (mm), el tiempo de lluvia (horas) y la intensidad media para cada evento registrado. En la definición de los eventos, se siguió el mismo criterio de Wischmeir y Mannering citados por Apolo (1), "evento independiente es toda lluvia separada de otra por un período de 6 horas sin precipitaciones mayores a un milímetro".

La precipitación se registró desde el 25 de mayo hasta el

31 de diciembre de 1987.

8. Medición de las variables:

8.1 Escorrentía:

Se cuantificó a través de la medición del volumen en litros de agua escurrida contenida en los recipientes colectores.

8.2 Erosión:

El material erosionado se cuantificó tomando en cuenta los materiales sólidos en suspensión y los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores; a éstos primeramente se les determinó el peso en húmedo y posteriormente el peso seco por el método gravimétrico (23).

Las mediciones de la escorrentía y la erosión se efectuaron después de cada evento o eventos que produjeron escorrentía y erosión. Tanto la escorrentía como los sedimentos se cuantificaron a partir del 12 de julio hasta el final de las lluvias de 1987.

8.3 Análisis de sedimentos:

A cada una de las muestras de sedimentos se les efectuó las siguientes determinaciones:

Porcentaje de humedad; método gravimétrico (23).

Densidad; método de la probeta (6)

Granulometría; método del hidrómetro de Bouyucos (3)

Elementos extraíbles; método de Carolina del Norte (4)

8.4 Rendimiento del cultivo:

Se tomó como base una parcela neta de 19.5 metros cuadrados; se eliminó un surco a ambos lados de la parcela. La cantidad de granos obtenidos de cada parcela neta se pesó con un porcentaje de humedad del 14%.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Precipitación:

1.1 Precipitación total mensual:

En el cuadro 5 se presentan los valores de la precipitación mensual para el período del estudio y los valores promedio para 15 años de registros.

Cuadro 5. Precipitación mensual registrada durante el presente estudio y el promedio mensual de 15 años en San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala

MES	1987 <u>1/</u> (mm)	Promedio 15 años <u>2/</u> (mm)
Junio	171.2	227.1
Julio	167.7	195.1
Agosto	63.3	174.8
Septiembre	129.7	210.8
Octubre	14.4	104.3
Noviembre	4.4	32.2
Diciembre	0.0	6.3

1/ Valores obtenidos en el sitio experimental

2/ Valores calculados a partir de información proporcionada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulconología, Meteorología e Hidrología, Estación Florencia, Santa Lucía Milpas Altas.

En el cuadro anterior, se observa que todos los valores de la precipitación mensual en el período y área de estudio, se encuentran por debajo del promedio general, lo cual indica que fue un año muy seco (42% menor de lo normal). Posiblemente esta situación influyó sobre la escorrentía registrada, disminuyéndola en alguna forma, ya que al disminuir la cantidad de precipitación el suelo permaneció con menor humedad, absorbiendo gran cantidad de las lluvias.

1.2 Frecuencia de las precipitaciones:

En el siguiente cuadro se presentan los valores correspondientes a la precipitación (mm) y frecuencia para cinco clases de lluvia.

Cuadro 6. Frecuencia y precipitación (mm) para 5 clases de lluvias ocurridas en San Mateo Milpas Altas, del 13 de julio al 31 de diciembre de 1987

Clase (mm)	Frecuencia	%	Precip. (mm)	%
0 - 5	36	65.45	66.0	21.62
5 - 10	8	14.54	60.9	19.94
10 - 15	5	9.09	58.4	19.12
15 - 20	2	3.64	34.5	11.30
mayor de 20	4	7.27	85.6	28.03
TOTAL	55	100.00	305.4	100.00

El cuadro anterior muestra que la mayor cantidad de precipitación ocurrida durante el período de estudio, está dada por un bajo número de eventos (6 eventos mayores de 15 mm) que representan el 39% de la precipitación registrada, lo cual confirma lo

mencionado por Suárez de Castro, Jackson y Gougon citados por Apolo (1), en el sentido que existe en las zonas tropicales una tendencia a acumularse buena cantidad de la precipitación en pocas lluvias.

La mayor precipitación individual registrada, ocurrió el 25 de julio y fue de 22.3 milímetros, con una intensidad media de 37 milímetros por hora.

Del total de eventos registrados, únicamente 16 fueron de precipitaciones mayores a 6 milímetros y son los que produjeron escurrimiento, representando el 29% del total de eventos registrados.

1.3 Intensidad:

La intensidad promedio de las lluvias para las mediciones efectuadas, tuvo una fluctuación entre 3.85 milímetros por hora y 37 milímetros por hora. Se consideró únicamente la intensidad media y no la intensidad máxima para 30 minutos (I_{30}) debido al tipo de registro del pluviógrafo utilizado.

2. Escorrentía:

2.1 Cantidad de escorrentía:

La escorrentía superficial total registrada en todos los tratamientos fue de 1.39%* equivalente a 33.22 metros cúbicos por hectárea para el menor valor, correspondiente a la práctica a cequia de ladera con barrera viva; 1.44% (34.4 metros cúbicos por hectárea) en la práctica camellones en contorno con acequia,

$$\text{* \% de Escorrentía} = \frac{\text{volumen de agua escurrida en cada parcela}}{\text{volumen de agua de lluvia caída en la parcela}} \times 100$$

5.71% (136.5 metros cúbicos por hectárea) en el tratamiento barrera viva y 7.52% (179.7 metros cúbicos por hectárea) que fue el mayor valor y le correspondió al testigo, (figura 4).

Estos valores de escorrentía estuvieron influenciados además de las características del suelo por la poca precipitación registrada durante el período de estudio, específicamente por las bajas intensidades de las lluvias; ya que si se consideran únicamente los dos eventos de mayor intensidad, el escurrimiento superficial se eleva considerablemente, alcanzando un valor promedio de 14.37% para la práctica tradicional de manejo de los suelos de la región (testigo).

En el cuadro 7 se presentan los valores de escorrentía superficial en metros cúbicos por hectárea registrados en todos los tratamientos. En el mismo se puede observar que la relación entre los valores de la escorrentía correspondiente al testigo y la registrada en la combinación de las prácticas individuales a cequia de ladera con barrera viva y camellones en contorno con a cequia, es de 5 a 1; mientras que con respecto al tratamiento Barrera viva es de 1.3 a 1, lo cual demuestra principalmente que con la barrera viva se obstaculiza el material erosionado, pero siempre escurre a través de la misma un buen porcentaje de escorrentía.

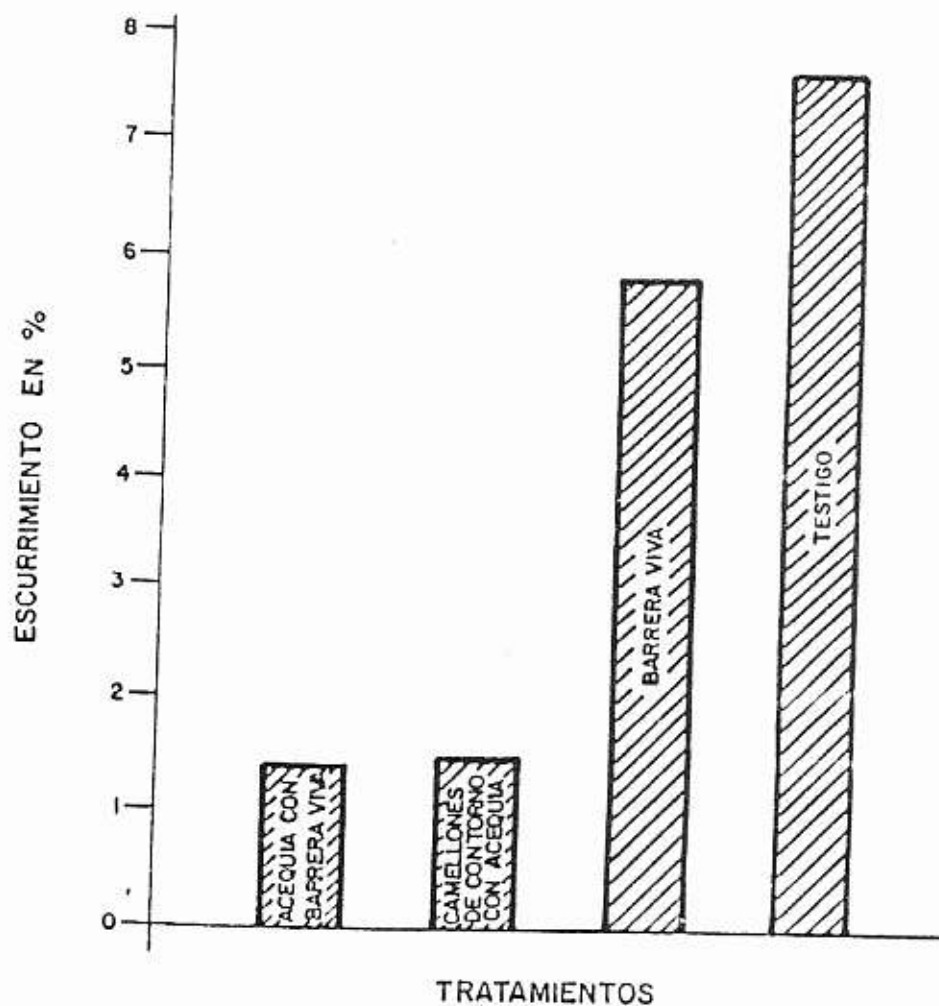


FIGURA 4 : Escorrentia (%) registrada en San Mateo Milpas Altas, 1987, segun tratamientos.

Cuadro 7 Escorrentía superficial en metros cúbicos por hectárea, para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1987

Trata- mientos	REPETICIONES					Total	Prome- dio
	I	II	III	IV	V		
Ac + Bv	28.70	32.30	35.80	37.00	32.30	166.10	33.22
Cc + Ac	30.60	30.80	35.80	44.00	31.00	172.20	34.44
Bv	125.20	120.20	142.70	170.40	124.00	682.50	136.50
Testigo	163.70	180.40	180.90	217.20	156.30	898.50	179.70
TOTAL	348.20	363.70	395.20	468.60	343.60		

En el cuadro 7 se aprecia que la escorrentía superficial fue considerablemente mayor en el suelo que se cultivó sin la aplicación de ninguna práctica de conservación (testigo), en comparación con los valores de escorrentía registrados en las dos prácticas de conservación con acequia de ladera, lo cual es atribuido a la intercepción de la escorrentía por la acequia, permitiendo una mayor infiltración, cosa que no sucedió con el testigo.

En el siguiente cuadro se presenta el análisis de varianza para la escorrentía registrada en los diferentes tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la escorrentía superficial registrada.

F. V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft (5%)
Bloques	4	2652.102	663.025		
Tratamientos	3	81884.490	27294.830	222.35	3.49
Error	12	1473.058	122.75		(s)
Total	19	86009.650			

C. V. = 12%

Con base en el análisis de varianza presentado en el cuadro 8, se comprueba la diferencia de valores de la escorrentía entre tratamientos; por lo que se efectuó la prueba de formación de contrastes ortogonales entre las prácticas de conservación y el testigo.* Con base en los resultados de esta prueba, se determinó que la escorrentía superficial registrada en las prácticas de conservación, fue estadísticamente diferente a la escorrentía registrada en el testigo que presentó los mayores valores. Por lo tanto se establece que con la aplicación de éstas prácticas de conservación se reduce la escorrentía superficial de los suelos del área.

Mediante la prueba de Tuckey (cuadro 9) se llegó a determinar que la media de la escorrentía de los tratamientos acequia de ladera con barrera viva y camellones en contorno con acequia, que son los tratamientos que más redujeron la escorrentía, son estadísticamente iguales.

Cuadro 9. Prueba de Tuckey para los valores de escorrentía superficial

TRATAMIENTOS	MEDIA DE LA ESCORRENTIA m ³ /ha
Ac + Bv (Maíz con Acequia y Barreras vivas)	33.22
Cc + Ac (Maíz con camellones de contorno con acequia)	34.44
Barrera viva (Maíz con Barrera viva)	136.50
Testigo (Solo maíz sin estructura de mantenimiento)	179.70

$$W = 20.81$$

Los datos del cuadro 9 muestran que la escorrentía superficial registrada en el testigo es diferente a la de los otros tratamientos; así mismo en la barrera viva la escorrentía fue diferente con respecto a las otras dos prácticas de conservación; por lo que se determina que las prácticas acequia de ladera con

* Ver Anexo I, Cuadro 29 A

barrera viva y camellones en contorno con acequia fueron más eficientes en el control de la escorrentía superficial, porque al interceptar la escorrentía con la acequia se logra mayor infiltración y se reduce la cantidad de agua escurrida, en comparación con el testigo.

2.2. Relación de la escorrentía superficial con las principales características de la precipitación:

Se determinó que existe una alta correlación (coeficiente de correlación mayor de 0.8) para todos los tratamientos entre la intensidad media de la lluvia y el porcentaje de escorrentía, no ocurre lo mismo con respecto a la cantidad total de lluvia por eventos, la cual presenta un coeficiente de correlación menor de 0.5 en todos los tratamientos. Esto determina que la intensidad media de la lluvia fue la característica de la precipitación que más influyó sobre la escorrentía, a la vez que se confirma lo descrito por Suárez de Castro (30) en el sentido que la intensidad de las lluvias es el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentía y la erosión.

En la figura 5 se presenta la relación entre la intensidad media de la lluvia y el porcentaje de escorrentía superficial, pudiendo observarse el efecto de los diferentes tratamientos sobre la escorrentía para intensidades medias de 5 a 60 milímetros por hora.

3. Sedimentos:

3.1 Cantidad

En el cuadro 10, se presentan los valores del total de

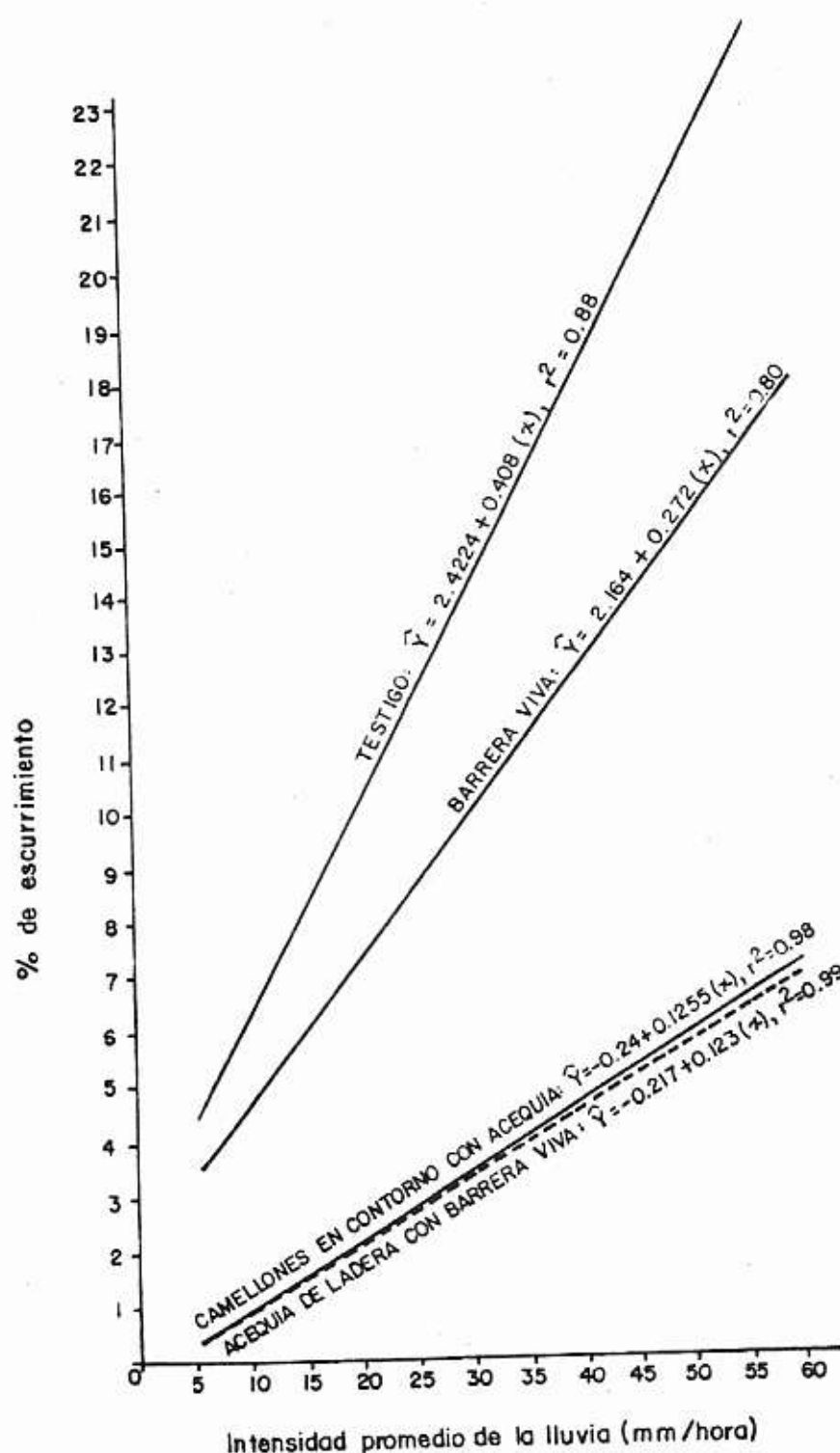


FIGURA 5: Relación entre la intensidad de la lluvia y el escurrimiento superficial.

los sedimentos registrados en los diferentes tratamientos. En el mismo, puede observarse que los menores valores corresponden a los tratamientos acequia de ladera con barrera viva y camellones en contorno con acequia, mientras que las mayores pérdidas son para el testigo o cultivo tradicional (figura 6). Es de hacer notar que más del 50% del total de las pérdidas de suelo registradas en todos los tratamientos, fueron producidas únicamente por los dos eventos de mayor intensidad y cantidad de precipitación, confirmando lo expuesto por Gougou et al y Suárez de Castro (12, 30), quienes señalan que en las regiones tropicales, unos pocos aguaceros son los causantes de la casi totalidad de las pérdidas de suelo por erosión.

Cuadro 10. Sedimentos totales expresados en ton./ha para tratamientos y repeticiones

Tratamientos	Repeticiones					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
Ac + Bv	0.1523	0.1579	0.1842	0.2013	0.1438	0.8395	0.1679
Cc + Ac	0.1708	0.1996	0.1796	0.2719	0.1444	0.9663	0.1933
Bv	1.0295	1.2802	1.5602	1.6519	0.9940	6.5158	1.3032
Testigo	2.9595	3.2224	3.6462	4.4405	2.6548	16.9234	3.3847
TOTAL	4.3121	4.8601	5.5702	6.5656	3.9370	25.2450	

Con base en los datos del cuadro anterior, se determina que la relación de pérdida de suelo entre el testigo y los otros tratamientos es de 20 a 1 para la acequia de ladera con barrera viva; de 17 a 1 para los camellones en contorno con acequia y de 2.6 a 1 para la barrera viva.

En la figura 7, se presenta la forma de distribución de las

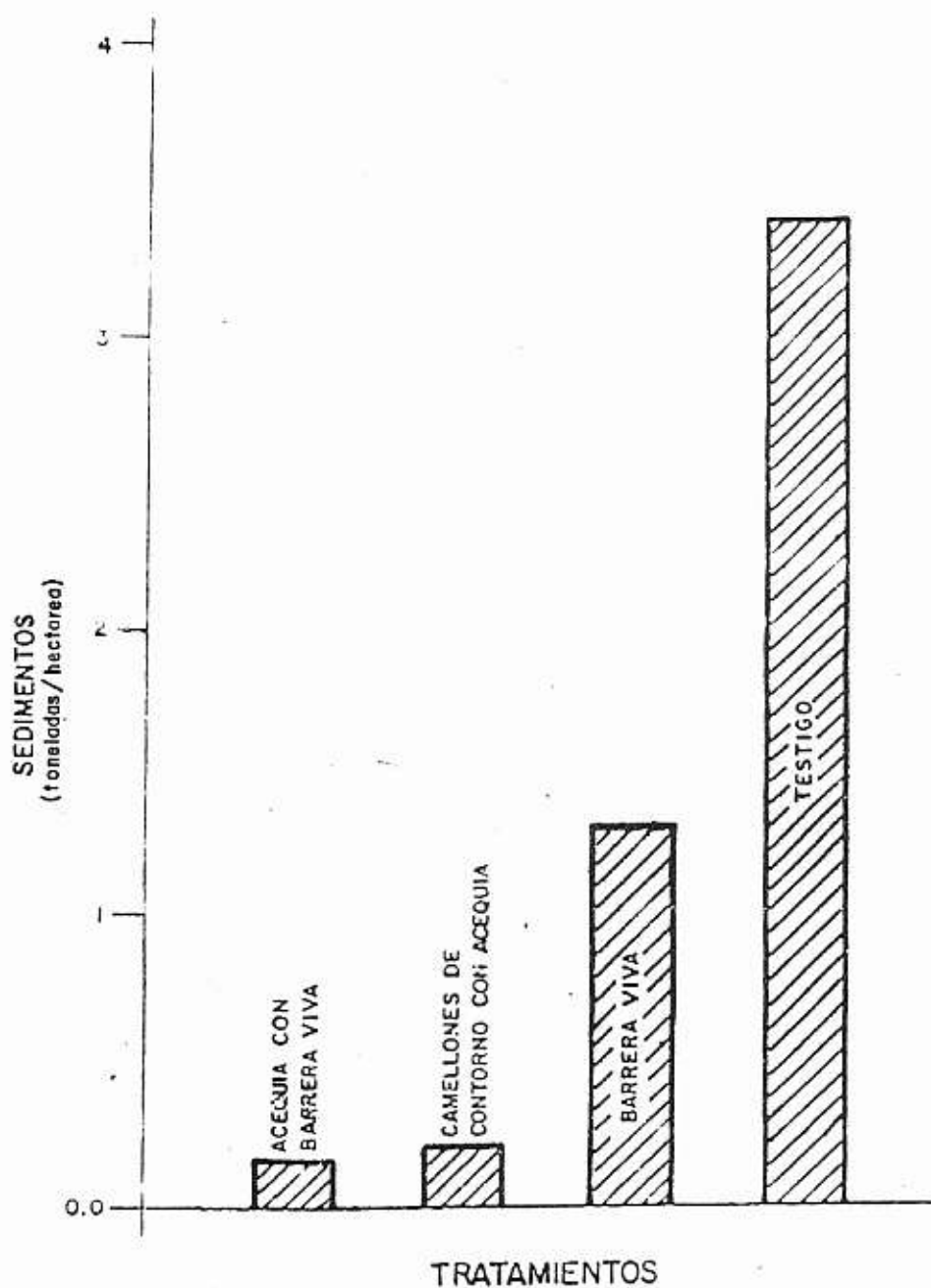


FIGURA 6. Sedimentos producidos en las parcelas de escorrentia, según tratamientos.

pérdidas de suelo durante el período de la evaluación, se aprecia que las mayores pérdidas (mayores pendientes del polígono) para todos los tratamientos, corresponden a la segunda y penúltima medición, ambas producto de eventos independientes que a la vez fueron los de mayor intensidad y cantidad de precipitación. Estos fueron responsables de más del 50% de las pérdidas de suelo registradas en todos los tratamientos; mientras que al resto de mediciones les corresponde más de un evento pero todos de menor intensidad, no obstante que en total hacen mayor cantidad de precipitación. Con lo anterior se confirma lo evaluado por Cabrera (5), quien realizó mediciones de sedimentos en el río Pensativo a la salida de la cuenca, concluyendo que después de una lluvia fuerte (de gran intensidad), se incrementa el contenido de sedimentos casi en 150%.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de varianza para las pérdidas totales de suelo, registradas en cada tratamiento durante el período de evaluación.

Cuadro 11. Análisis de varianza para los sedimentos totales

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft (5%)
BLOQUES	4	1.0967			
TRATAMIENTOS	3	34.2336	11.4112	114.44	3.49 (S)
ERROR	12	1.1965	0.0997		
TOTAL	19	36.5269			

Coefficiente de variación = 25%

De los datos presentados en el cuadro 11, se determina que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Con base en comparaciones ortogonales entre los mismos, se concluye que existe diferencia significativa entre las pérdidas de suelo regis

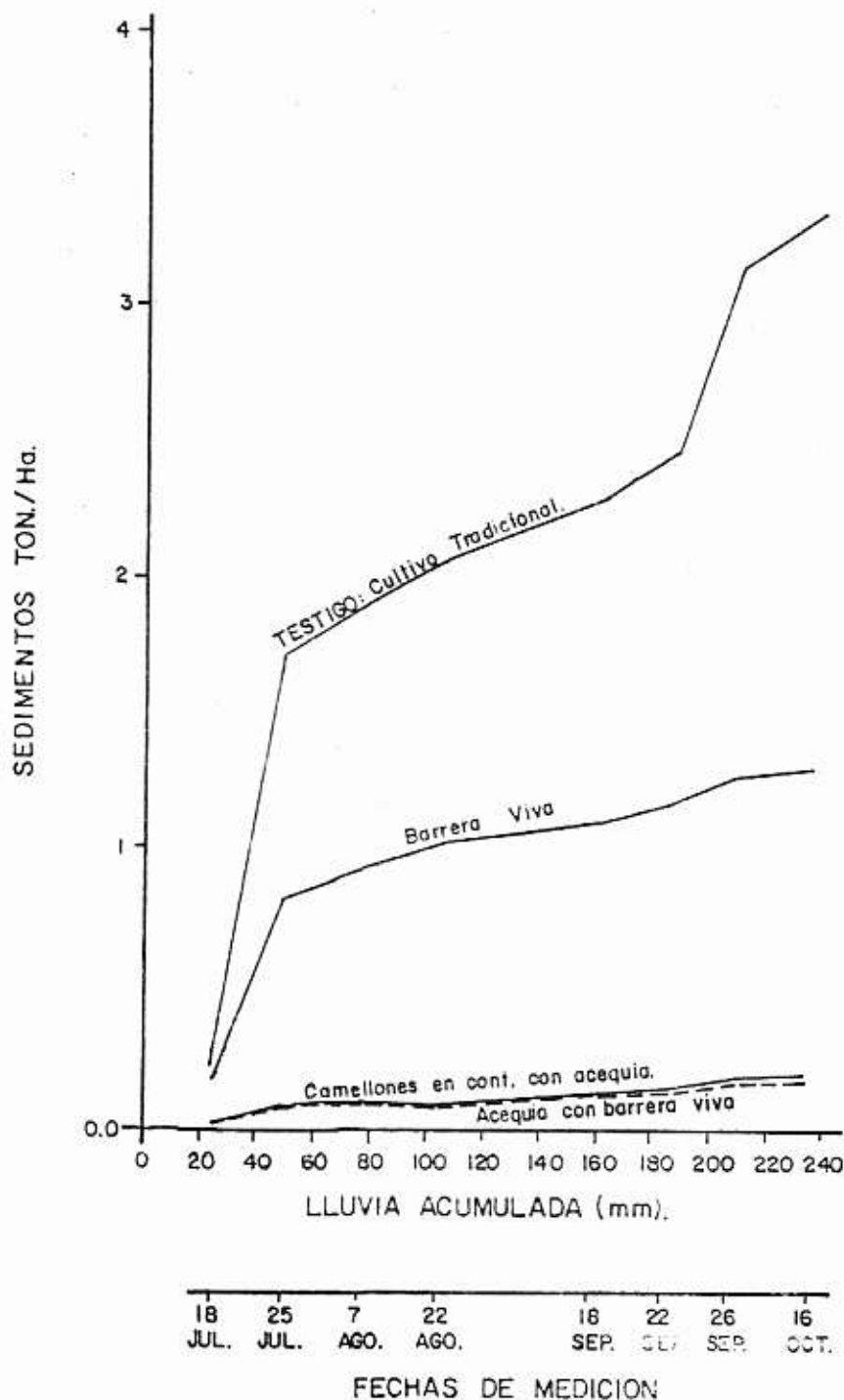


FIGURA 7: Sedimentos registrados en cada tratamiento de acuerdo a la lluvia acumulada.

$$2.2 K_f =$$

$$1.3847 \frac{Kg}{49m^2} \times \frac{1 TON}{45 Kg} \times \frac{10,000 m^2}{1 Ha} = \boxed{307.71 \frac{TON}{Ha}}$$

tradas en el testigo y los sedimentos que se dieron en los otros tres tratamientos.* Por lo tanto, se establece que con la aplicación de las prácticas de conservación evaluadas, se reducen las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica, aceptándose la primera hipótesis planteada.

Mediante la prueba de Tuckey (cuadro 12), se demuestra que la media de los sedimentos registrados en las prácticas acequia de ladera con barrera viva y camellones en contorno con acequia, son estadísticamente iguales. Estos tratamientos son los que presentaron las menores pérdidas de suelo (figura 6), y a la vez fueron los que más redujeron la escorrentía superficial (cuadro 7). En consecuencia, se determina que estas prácticas de conservación fueron las más eficientes en el control de la erosión hídrica.

Cuadro 12. Prueba de Tuckey para la media de los sedimentos totales

TRATAMIENTOS	MEDIA DE LOS SEDIMENTOS EN ton/ha
Ac + Bv (maíz + acequia con barrera viva)	1.6074 0.1679 2.0148
Cc + Ac (maíz + camellones de contorno + acequia)	1.1589 0.1933 2.3191
Barrera viva (maíz + barrera viva)	7.8192 1.3032 15.6384
Testigo (maíz solo)	20.3082 3.3847 40.6164

$$W = 0.593$$

$$\bar{X} = 5.0481$$

$$15.1473$$

En el cuadro 12 se aprecia que la media de los sedimentos del tratamiento barrera viva es diferente a la del testigo. Al mismo tiempo este valor es diferente a los de las otras dos prácticas de conservación, sin embargo, al analizar el comportamiento de este tratamiento en los dos eventos mayores que ocurrieron

$$0.1679 \frac{ton}{49m^2} \times$$

$$0.1679 \frac{ton}{49m^2} \times \frac{10,000 m^2}{1 Ha} = 1679$$

durante la evaluación, se tiene que para el primer evento (ocurrido el 25 de julio) los sedimentos registrados son estadísticamente diferentes con respecto a los otros tres tratamientos. Para el segundo evento (ocurrido el 26 de septiembre) las pérdidas de suelo en la barrera viva no mostraron diferencias con respecto a los valores registrados en las otras dos prácticas de conservación. Sin embargo, si existieron diferencias con respecto al testigo, pese a que los dos eventos fueron similares en cuanto a la intensidad y cantidad de lluvia.

Este comportamiento se debió específicamente a que, cuando ocurrió el primer evento, la barrera viva tenía 23 días de establecida y aún no había alcanzado plenitud en su desarrollo, mientras que, para el segundo evento ésta ya tenía más de dos meses y medio de haberse establecido, cumpliendo en mejor forma con la función de protección. Esta función fue evidente en la medida en que el material vegetativo utilizado como barrera alcanzaba su pleno desarrollo.

Los datos presentados en el cuadro 10, muestran que el tratamiento acequia con barrera viva es el que presenta los menores valores de pérdidas de suelo. Al respecto, cabe señalar que se observó, aunque no se evaluó; el comportamiento al inicio de las lluvias, cuando aún no se han efectuado los trabajos de labranza del cultivo, que el tratamiento camellones en contorno con acequia, fue el más efectivo en cuanto al control de la escorrentía y la erosión. Esto debido a que cada camellón constituye prácticamente una acequia invertida y para que esto ocurra, cada camellón debe seguir exactamente la curva a nivel evitando de esta manera los desbordes de la escorrentía en los extremos de los mismos.

3.2 Características de los sedimentos:

3.2.1 Granulometría:

3.2.1.1 Fracción mayor de 2 milímetros

Las mayores pérdidas de este tipo de partículas se presentaron en el testigo (10.03%); mientras que el menor valor se registró en la práctica de conservación acequia con barrera viva (4.3%) figura 8.

Los mayores valores en el testigo se atribuyen a que al no haber obstáculos para la escorrentía (mediante prácticas de conservación), ésta alcanza mayor aceleración por su masa, y por lo tanto, mayor capacidad de arrastre.

Los valores de sedimentos registrados en el testigo, son similares a los valores encontrados por Cabrera (1986) en el cauce del río Pensativo a la salida de la cuenca.

En la figura 9 se presenta la relación entre la intensidad media de la lluvia y el porcentaje de la fracción mayor de 2 mm, para todos los tratamientos según el modelo de regresión lineal. En la misma se aprecia que el testigo presenta las mayores pendientes, y por lo tanto, las mayores pérdidas de este tipo de partículas al incrementarse la intensidad de las lluvias.

3.2.1.2 Fracción menor de 2 milímetros

En la figura 8 se presentan los valores expresados en porcentajes de las partículas de arcilla, limo y arena. Puede observarse que en todos los tratamientos

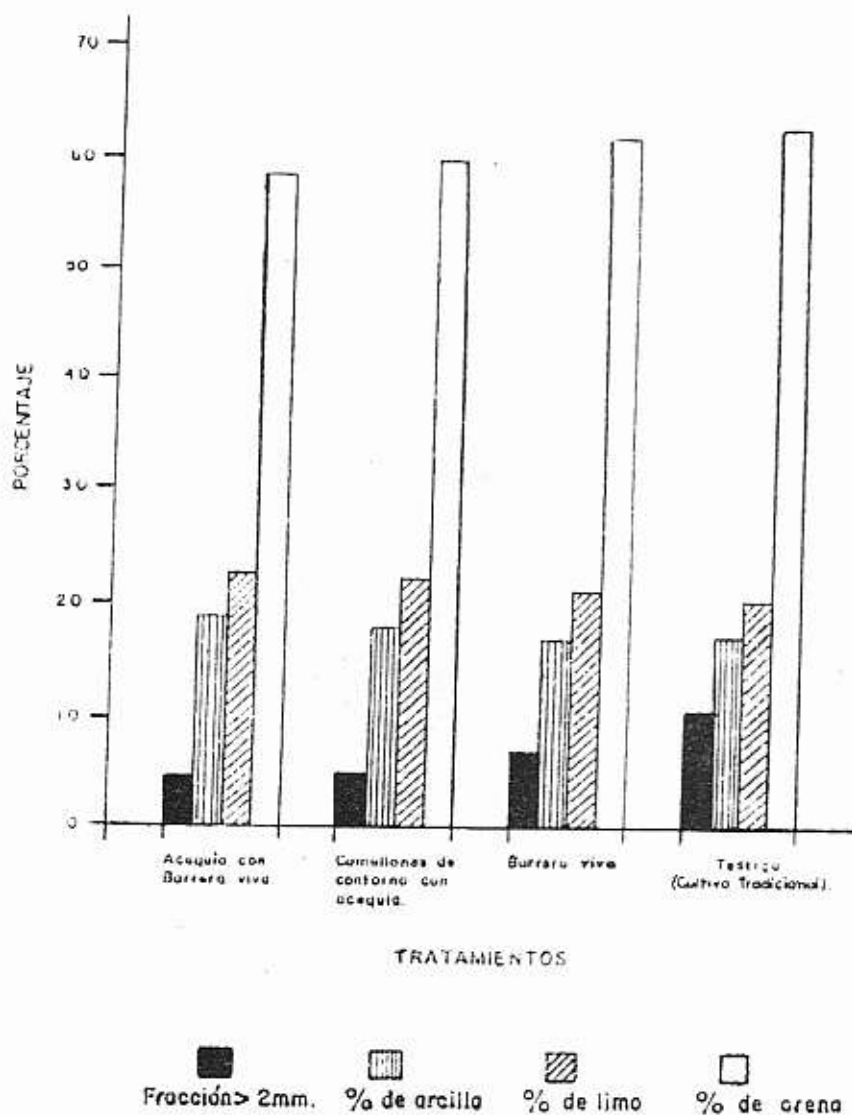


FIGURA 8: Distribución del tamaño de partículas en los sedimentos, de acuerdo a los tratamientos evaluados.

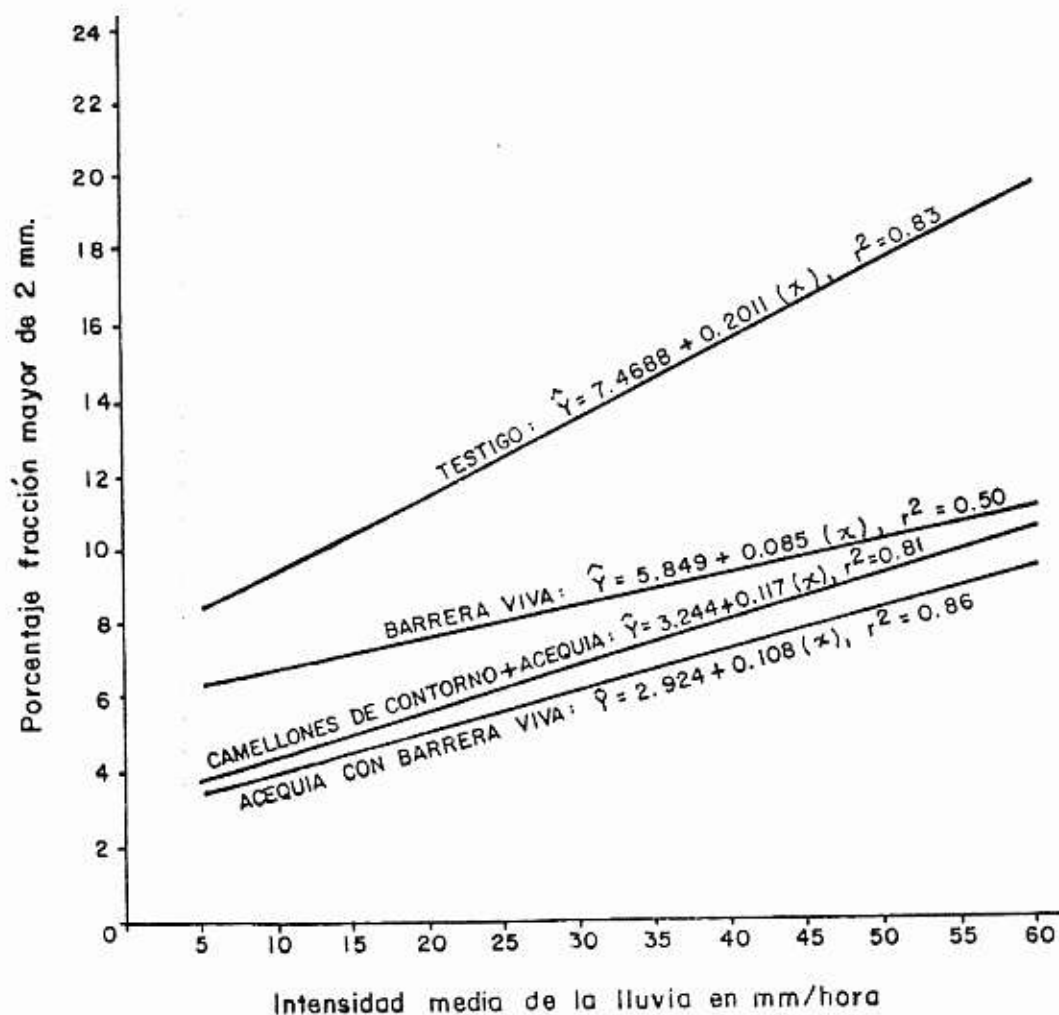


FIGURA 9: Relación entre la intensidad de la lluvia y el % de la fracción mayor de 2 mm.

la partícula que más se perdió fue la arena, presentando valores superiores a 55%. Esto se debió principalmente a las características textuales del suelo en el sitio experimental, el cual presenta en los horizontes superficiales una textura franco arenosa; sin embargo, los porcentajes de limo y arcilla son superiores en todos los tratamientos a los valores determinados para los horizontes superficiales del perfil del suelo del sitio. Lo anterior está de acuerdo con lo reportado por Gougon et al y Suárez de Castro (12, 30), quienes indican que generalmente se encuentra más cantidad de elementos finos (arcilla y limo) en la tierra arastrada por la escorrentía que en la tierra del sitio experimental.

3.2.2 Estimación de la pérdida de Fertilidad del suelo:

La pérdida de elementos fertilizantes se determinó únicamente en los sedimentos. En el siguiente cuadro se presentan los valores correspondientes a las pérdidas de fósforo y potasio.

Cuadro 13. Pérdida de elementos convertidos a fertilizantes en Kg/ha, registrados en los sedimentos. Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1987

TRATAMIENTO	FERTILIZANTES	
	P ₂ O ₅	(Kg/ha) K ₂ O
Acequia con B.v.	0.0042	0.070
Camellones con Ac.	0.0043	0.081
Barrera viva	0.0400	0.523
Testigo	0.1020	1.326

Con base a los datos del cuadro 13, se establece que la relación de pérdida de elementos fertilizantes registradas en el testigo, son para el caso del fósforo de 24 a 1 con respecto a los tratamientos con acequia y de 2.5 a 1 con respecto a la barrera viva; similares relaciones se dieron para el caso del potasio.

Es de hacer notar que las pérdidas de elementos fertilizantes son relativamente bajas, debido a que las mismas fueron registradas únicamente en los sedimentos. Si se hubieran tomado en cuenta además las pérdidas por solución en la escorrentía, éstas podrían haber estado de acuerdo con las encontradas por Cabrera (1986) quien reporta para el caso del fósforo pérdidas de 1,134 kg para toda el área de la cuenca. Lo anterior se fundamenta en que según Duley citado por Suárez de Castro (30), las pérdidas de sales solubles en la escorrentía constituyen una de las formas más importantes de empobrecimiento de los suelos en elementos nutritivos.

Por otro lado, si se generalizan las pérdidas ocurridas en el testigo a toda el área con uso agrícola en la cuenca, la cual según Cabrera (1986) es de 10.01 Km² (1001 has), se tendrá que con este tipo de manejo de los suelos se perderán como mínimo alrededor de 102.1 kilogramos de P₂O₅ y 1,327 kilogramos de K₂O sólamente en los sedimentos; mientras que si se toman en cuenta las prácticas de conservación evaluadas, las pérdidas se reducen hasta 4.2 kilogramos de P₂O₅ y 75 kilogramos de K₂O. De acuerdo con lo anterior, para el caso del fósforo se estaría perdiendo con la práctica tradicional de manejo de los suelos de la región (testigo), el equivalente a 15 quintales de un fertilizante de fórmula completa como el triple quince (15-15-15); mientras que para el potasio sería el equivalente a 195 quintales de la misma fórmula comercial.

3.3 Relación entre las pérdidas de sedimentos y las características de la precipitación.

Entre las características de la precipitación, la que mejor correlacionó con las pérdidas de suelo fue la intensidad, presentando un coeficiente de correlación mayor de 0.8 para todos los tratamientos a excepción de la barrera viva. Una de las principales razones por las que no se encontró un alto grado de correlación en este tratamiento; es el hecho de que conforme fue desarrollando el material vegetativo de la barrera, así también se fueron reduciendo las pérdidas de suelo en el tratamiento, de tal manera que, lluvias de similares características tuvieron efectos diferentes dependiendo del grado de desarrollo alcanzado por la barrera viva.

La cantidad total de lluvia por eventos con respecto a la producción de sedimentos, mostró un coeficiente de correlación bajo para todos los tratamientos, reafirmando con esto lo descrito por Gómez (12) en el sentido que, en general, la cantidad total de lluvia es un parámetro que no correlaciona bien con la erosión de los suelos.

En la figura 10, se presentan las curvas de regresión para el modelo lineal simple entre la intensidad media de la lluvia y las pérdidas de suelo en todos los tratamientos. En la misma se observa que existe una notable diferencia entre la pendiente de las prácticas de conservación que llevan acequia y la del testigo, presentando mayor pendiente esta última, lo cual indica que al incrementarse la intensidad de la lluvia, se dan mayores incrementos en las pérdidas de suelo.

4. Rendimiento del cultivo:

En el siguiente cuadro se presentan los valores del rendimiento en grano de maíz obtenido con los diferentes tratamientos.

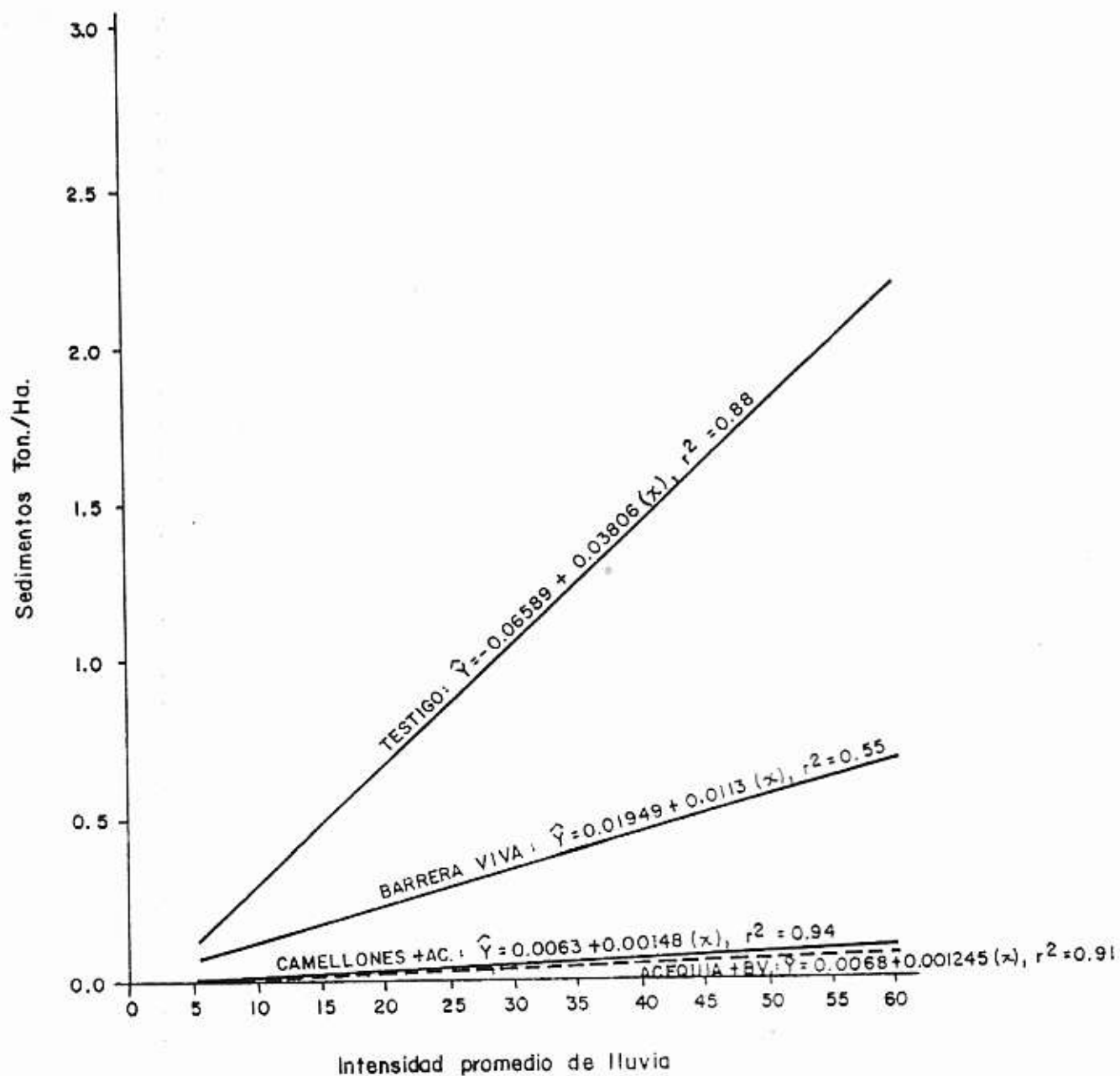


FIGURA 10: Relación entre la intensidad de la lluvia y las pérdidas de suelo.

Cuadro 14. Rendimiento en grano de maíz (Kg/ha) para tratamientos y repeticiones. San Mateo Milpas Altas, 1987

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
Ac + Bv	3618.73	3402.39	3176.50	2547.02	2940.62	15685.26	3137.05
Cc + Ac	3886.88	3587.37	3389.66	2640.64	2639.74	16144.29	3228.86
B.V.	3481.92	3785.08	3199.68	2495.66	3111.05	16073.39	3214.68
Testigo	3665.91	3556.92	2675.19	1660.29	2533.38	14091.69	2818.34
TOTAL	14653.44	14331.76	12441.03	9343.61	11224.79		

Con base en los datos del cuadro 14, se observa que, el menor rendimiento se obtuvo en el bloque IV, al mismo tiempo en este bloque fue donde se registraron las mayores pérdidas de suelo (cuadro 10), lo cual demuestra la influencia de la erosión del suelo sobre el rendimiento obtenido.

El mayor rendimiento del cultivo se presentó con el tratamiento camellones en contorno con acequia, mientras que el menor valor se obtuvo en el testigo (figura 11); sin embargo, con base en el análisis de varianza (cuadro 15) se llegó a determinar que no existe diferencia significativa en el rendimiento obtenido entre los tratamientos.

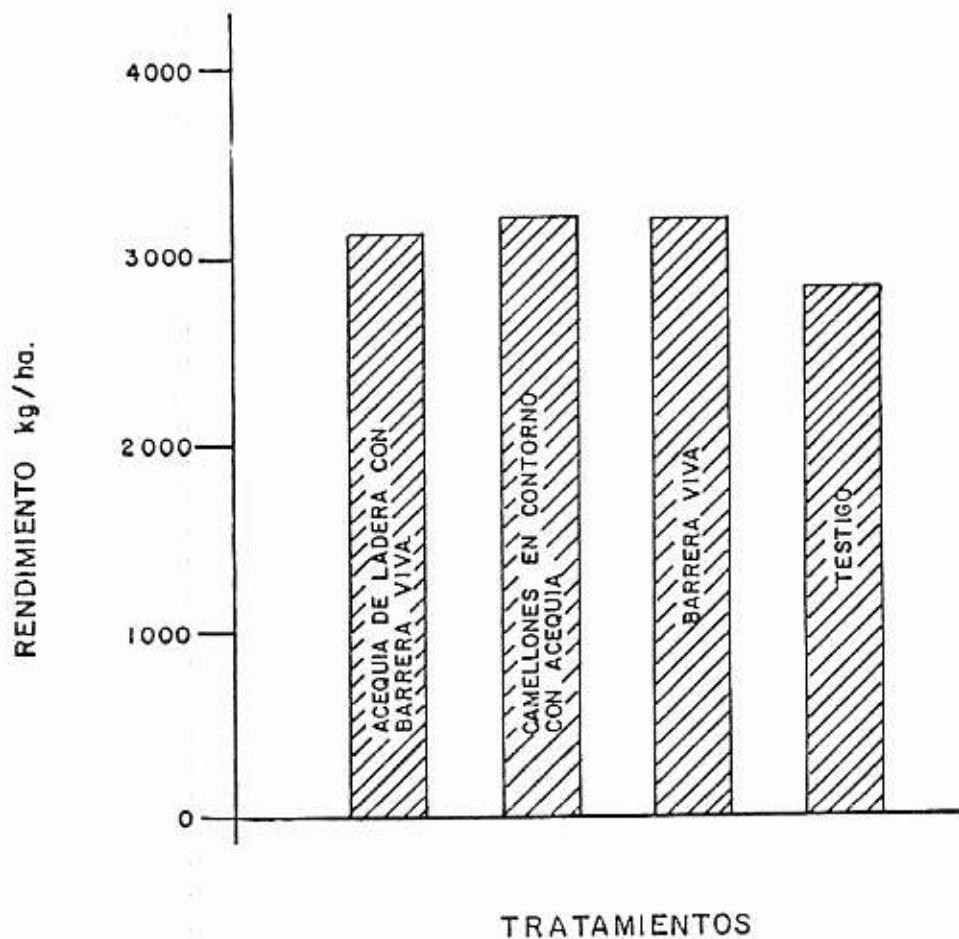


FIGURA II: Rendimiento en kg/ha. de grano de maíz de las Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1,987.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el rendimiento de maíz (Kg/ha) Parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas 1987

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft (5%)
BLOQUES	4	4883501.18			
TRATAMIENTOS	3	552307.40	184102.47	3.01	3.49 N.S
ERROR	12	733963.34	61163.61		
TOTAL	19	6169771.91			

C.V. = 8%

El análisis de varianza presentado en cuadro anterior, muestra que no hubo ningún efecto significativo de las prácticas de conservación sobre el rendimiento del cultivo en comparación con los valores obtenidos en el testigo por lo tanto se rechaza la segunda hipótesis planteada. Esto puede explicarse tomando en cuenta que el efecto directo de las prácticas de conservación de suelos sobre el rendimiento de los cultivos, no es inmediato sino a mediano y largo plazo. De lo anterior, se puede señalar que por ser el primer año de evaluación aún no son evidentes los efectos de éstas prácticas de conservación sobre el rendimiento del cultivo, pese a que las diferencias en cuanto a la pérdida de suelo y escorrentía si fueron significativas.

A pesar de que los rendimientos se dieron de una parcela neta que fue igual para todos los tratamientos, las prácticas de conservación que llevan acequia, significan para el agricultor prácticamente la pérdida de un surco de cultivo. Esto se deduce tomando en cuenta el área que estas ocupan, aspecto que hay que tomar muy en cuenta dadas las características socioeconómicas de la región. Según Cabrera (1986), en el área la relación tierras

agrícolas por familia es de 4 cuerdas (0.45 ha.). Si se toma como base el promedio de los rendimientos obtenidos por surco de cultivo, se tiene que para el caso del testigo y de la barrera viva, al disponer del área que cubren las acequias se lograría un incremento en los rendimientos del cultivo de aproximadamente 370 kilogramos por hectárea (cuadro 16). Para el caso del testigo estos incrementos en el rendimiento no compensan el costo económico y el impacto ambiental que no es cuantificable.

5. Costos de establecimiento y mantenimiento de las prácticas evaluadas:

En el cuadro 16 se presentan los costos de establecimiento y mantenimiento de las prácticas de conservación evaluadas. Estos costos se determinaron con base en la información recabada en el sitio experimental (costos de las prácticas en el proyecto de investigación) y a información proporcionada por el coordinador del proyecto de conservación de suelos sub-región V-1 de la Dirección General de Servicios Agrícolas, Sacatepéquez.

Cuadro 16. Costos por hectárea de las tres prácticas de conservación, con el cultivo de maíz, para el primer año de establecimiento 1987.

TRATAMIENTO				
CONCEPTO	ACEQUIA+BV.	CAMELLONES+Ac.	BARRERA V.	TESTIGO
I. Costos				
1. Costos de establecimiento (Q)	225.00	180.00	135.00	---
2. Costos de mantenimiento (Q)	30.00	30.00	---	---

3. Costos de producción 1 ha de maíz				
1/	1674.40	1674.40	1674.40	1674.40
COSTO TOAL	1929.40	1884.40	1809.40	1674.40
II. Rendimiento en kg/ha	3136.81	3228.64	3507.27	3189.18
III. Ingreso bruto (Q) 2/	1380.20	1420.60	11543.20	1402.80
IV. Ingreso Neto (Q)	-549.20	-463.80	-266.20	-271.60
V. Rentabilidad (%)	- 28.46	- 24.61	- 14.71	- 16.22

1/ Costos del año 1988 tomado de López (21).

2/ Precio de venta Q.20/qq (precio de 1988) (21).

El cuadro anterior muestra que el costo total de producción de una hectárea de maíz es mayor al aplicar prácticas de conservación; sin embargo, hay que analizar que el mayor costo de estas prácticas es el de establecimiento. Por lo tanto, a excepción de la práctica de camellones en contorno, las otras dos prácticas en los próximos años no tendrán el costo de establecimiento. Lo anterior indica que el costo total de producción se reduce y además que los beneficios económicos que se lograraán al reducir la erosión serán considerablemente mayores en comparación con los posibles beneficios económicos que se obtendrían al reducir los costos de producción.

La rentabilidad del cultivo resultó negativa en todos los tratamientos, lo cual se debe a que este tipo de cultivo no es rentable en esta región, ya que según López H. (21) el cultivo de maíz en el área presenta una rentabilidad negativa de 37%.

La barrera viva como práctica individual de conservación,

presentó el menor costo de establecimiento en comparación con las otras prácticas evaluadas (cuadro 16). Esta ocupó la menor área disponible para cultivo a la vez que redujo sustancialmente las pérdidas de suelo en comparación al testigo (figura 6); de tal manera que esta práctica puede ser la alternativa de conservación de suelos para esta región dada la problemática de la escasa disponibilidad de tierras agrícolas. Además se considera que la barrera viva no sólo ayuda en la protección del suelo contra la erosión hídrica, sino que también puede representar para el agricultor una fuente de forrajes para la alimentación de ganado. Para tener mayor información al respecto se hace necesario continuar la evaluación de estas prácticas de conservación por un período no menor de 5 años, lo que dará una mejor base para tal determinación.

VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se desarrolló el primer año de la investigación, se tienen las siguientes conclusiones:

1. De las escorrentía, erosión y características de los sedimentos:
 - 1.1 Los valores de escorrentía superficial y pérdidas de suelo registradas con la práctica tradicional de manejo de los suelos del área (testigo), sumaron $180 \text{ m}^3/\text{ha}$ y $3,380 \text{ Kg/ha}$ respectivamente, lo que equivale a por lo menos 1.3 y 2.6 veces los valores obtenidos con la utilización de cualquiera de las tres prácticas de conservación evaluadas.
 - 1.2 Las cantidades de partículas encontradas en los sedimentos fueron en orden decreciente; arena, limo, arcilla y fragmentos mayores de 2mm, en todos los tratamientos.
 - 1.3 La cantidad de la fracción arcilla encontrada en los sedimentos fue mayor que la cantidad de arcilla presente en el suelo superficial.
2. De la efectividad de las prácticas de conservación:
 - 2.1 Las tres prácticas de conservación evaluadas redujeron las pérdidas de escorrentía superficial y de sedimentos con respecto a la técnica tradicional de cultivo de la región (testigo); por lo que se acepta la primera hipótesis planteada.

2.2 Los menores valores de pérdidas de suelo y escorrentía se presentaron en los tratamientos acequía con barrera viva y camellones en contorno con acequia, mostrando ser más efectivos en el control de la escorrentía y la erosión.

2.3 Entre las prácticas de conservación evaluadas, la barrera viva fue la que presentó el menor costo de establecimiento y a la vez ocupó la menor área del terreno disponible para cultivo, incrementando la producción de maíz.

3. Del rendimiento del cultivo

Las prácticas de conservación evaluadas, no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento en el cultivo de maíz, durante el primer año de su establecimiento, por lo tanto se rechaza la segunda hipótesis planteada.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la evaluación de estas prácticas de conservación por un período no menor de cinco años para darle más confiabilidad a los datos obtenidos, considerando la medición de la escorrentía y de los sedimentos desde el inicio de las lluvias, ya que es entonces cuando se presentan las mayores pérdidas. Esto permitirá tener mejor fundamento en la determinación de la efectividad en el control de la erosión hídrica.
2. Evaluar otro tipo de material vegetativo que ofrezca una biomasa con valor comercial y que a la vez presente las características ideales de una barrera viva.
3. Evaluar principalmente al inicio de las lluvias el efecto protector de la práctica de conservación comellones en contorno con acequia, por ser la práctica en la que se observó ocurrieron las menores pérdidas de suelo y escorrentía al i nicio de las lluvias, y por ser además una práctica que ya la aplican algunos agricultores de la región.
4. Establecer este tipo de investigación en otras áreas de la cuenca, evaluando el efecto de la longitud de la pendiente, la cobertura vegetal y el tipo de labranza del terreno

IX. BIBLIOGRAFIA

1. APOLO BERRU, W.A. 1980. Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con árboles aislados en la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 68 p.
2. BASSO, E. et al. 1971. Proyecto hidrometeorológico centroamericano; estudios hidrológicos. San José, Costa Rica, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 540 p.
3. BAZAN, R. s.f. Curso de productividad y fertilidad de suelos; análisis de textura. Turrialba, C.R., CATIE. 3 p.
4. BRAEUNER, M.E.; CASTILLO, S. 1976. Instructivo de prácticas de edafología II. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 33 p.
5. CABRERA, G. 1986. Caracterización de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Pensativo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 212 p.
6. CASTILLO, S. 1970. Prácticas de edafología I. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 17 p.
7. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
8. FAUSTINO, J. 1986. Fundamentos de conservación de suelos en el manejo de cuencas. In Seminario Taller de Fundamentos del Manejo de Cuencas (1986, Antigua Guatemala, Gua.) Ed. por M. Basterrechea. Antigua Guatemala, Gua., CATIE p. 69-75.
9. FLORES, Z. 1979. Quinto informe de las parcelas para la investigación del control de la erosión y escorrentía superficial en el distrito forestal de Metapán. El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. 31 p.
10. FORSYTHE, W.M. 1976. Parcela demostrativa en el control de erosión en un cultivo de maíz. Turrialba, Costa Rica,

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 4 p.

11. GOMEZ, A. 1986. Sistema I.U.M. para la determinación del uso y manejo de los suelos de ladera. Chinchiná, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café. 15 p.
12. GOUGON, M. et al. 1977. Conservación de suelos en regiones tropicales (Africa y Madagascar). Trad. por José A. Castillo. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 120 p.
13. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. 1980. Construya sus acequias de ladera a nivel. Guatemala. 16 p.
14. ----- . INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjetas de datos climatólogicos de la estación Florencia, Santa Lucia Milpas Altas, de 1960 a 1975. Guatemala. s.p.

Sin publicar.
15. ----- . 1988. Atlas climatológico de la República de Guatemala. Guatemala, 20 p.
16. HUDSON, N. 1985. Soil conservation. 2 ed. New York, EE.UU., Cornell University Press. 324 p.
17. LEONARD, J. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central. Trad. por Gerardo Baudowsky. San José, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 131-135.
18. LINSLEY, R.; KOHLER, M.; PAULHUS, J. 1981. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, McGraw Hill. 425 p.
19. LOPEZ, F. 1988. Defensa y recuperación de los suelos agrícolas. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 73 p.
20. ----- . 1988. La degradación y pérdida de los suelos agrícolas. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 94 p.
21. LOPEZ, H. 1988. Diagnóstico de la situación actual de los

cultivos principales de la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 27 p.

22. MANUAL DE conservación de suelos y del agua. 1979. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 585 p.
 23. MEDINA, G. 1984. Instructivo de prácticas de laboratorio de suelos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 5 p.
 24. MILLAR, C.; TURK, L.; FOTH, H. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad, por Juan Nava Díaz, México, CECSA. 527 p.
 25. MIRANDA A. 1987. Análisis de ejecución del proyecto de conservación de suelos en la Región II de la Dirección General de Servicios Agrícolas. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. 1 p.
 26. ORTIZ, V. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 94 p.
 27. RENARD, K.; FOSTER, G. s.f. Soil conservation principles of erosion by water. Tucson, Arizona, Department of Agricultura. p. 155-168.
 28. REVOLORIO, Q. 1987. Proyectos de investigación sobre conservación de suelos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 11 p.
- Presentado en: ENCUESTO NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS. (1., 1987. Quetzaltenango, Gua.) s.n.t.
29. SANCHEZ, M. 1979. Determinación de escurrimiento superficial y erosión en el suelo del área de proyecto de conservación de suelos Michatoya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Facultad de Agronomía. 54 p.
 30. SUAREZ DE CASTRO, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 315 p.
 31. TORRES, R. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. México, Diana. 163 p.

Vo. Bo.
Patruale



A N E X O I

Cuadro 17A. Valores de la escorrentía (mm) para tratamientos y repeticiones, correspondientes al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
Ac + Bv	0.59	0.72	0.73	0.77	0.78	3.59
Cc + Ac	0.57	0.68	0.65	0.88	0.62	3.40
Bv	2.15	2.35	2.45	3.29	2.27	12.51
Testigo	2.93	3.18	3.29	4.38	2.66	16.44
TOTAL	6.24	6.93	7.12	9.32	6.33	

Cuadro 18A. Análisis de varianza para la escorrentía en mm, correspondiente al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	4	1.56287				
Tratamientos	3	25.66018	8.5534	96.11	3.49*	5.95**
Error	12	1.06797	0.0890			
Total	19	28.29102				

Coefficiente de variación 16.8%

* significativo al 5%

** significancia al 1%

Cuadro 19A. Prueba de Tuckey para la escorrentía en mm correspondiente al mayor evento inicial

TRATAMIENTO	MEDIA DEL ESCURRIMIENTO
Cc + Ac	0.680
Ac + Bv	0.718
Bv	2.502
Testigo	3.288

Cuadro 20A. Valores de la escorrentía en mm para tratamientos y repeticiones, correspondientes al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
Ac + Bv	0.63	0.79	0.74	0.78	0.74	3.68
Cc + Ac	0.76	0.65	0.86	0.90	0.76	3.93
Bv	1.78	1.68	1.89	2.44	1.55	9.34
Testigo	2.31	2.98	2.87	3.40	2.65	14.21

Cuadro 21A. Análisis de varianza para la escorrentía en mm, correspondiente al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	4	0.63532				
Tratamientos	3	15.08210	5.02737	111.29	3.49*	5.95**
Error	12	0.54208	0.04517			
Total	19	16.2595				

Coefficiente de variación 17.03%

* significanté al 5%

** significanté al 1%

Cuadro 22A. Prueba de Tuckey para la escorrentía en mm correspondiente al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

TRATAMIENTOS	MEDIA DEL ESCURRIMIENTO
Ac + Bv	0.736
Cc + Ac	0.786
Bv	1.868
Testigo	2.842

Cuadro 23A. Sedimentos en Ton/ha para tratamientos y repeticiones, correspondiente al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
Ac + Bv	0.0558	0.0388	0.0494	0.0513	0.0458	0.2411
Cc + Ac	0.0463	0.0585	0.0506	0.0667	0.0340	0.2561
Bv	0.4852	0.6571	0.7619	0.8810	0.4957	3.2809
Testigo	1.3545	1.3319	1.6733	1.9157	1.1486	7.4240

Cuadro 24A. Análisis de varianza para los sedimentos en Ton/ha, correspondientes al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación

F.V	G.L.	S.G.	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	4	0.23026				
Tratamientos	3	6.92610	2.3088	105.82	3.49*	5.95**
Error	12	0.26181	0.0218			
Total	19	7.41840				

Coefficiente de variación 26.37%

* significativa al 5%

** significativa al 1%

Cuadro 25A. Prueba de Tuckey para los sedimentos en Ton/ha correspondientes al mayor evento ocurrido al inicio de la evaluación

TRATAMIENTOS	MEDIA DE LOS SEDIMENTOS
Ac + Bv	0.0482
Cc + Ac	0.0512
Bv	0.6562
Testigo	1.4848

Cuadro 26A. Sedimentos en Ton/ha para tratamientos y repeticiones, correspondientes al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
Ac + Bv	0.0329	0.0410	0.0385	0.0394	0.0306	0.1824
Cc + Ac	0.0402	0.0442	0.0471	0.0583	0.0337	0.2235
Bv	0.0769	0.0848	0.1214	0.1293	0.0833	0.4957
Testigo	0.5733	0.7131	0.6588	0.8481	0.5693	3.3626
TOTAL	0.7233	0.8831	0.8658	1.0751	0.7169	4.2642

Cuadro 27A. Análisis de varianza para los sedimentos en Ton/ha, correspondientes al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	4	0.02143				
Tratamientos	3	1.41800	0.47268	164.43	3.49*	5.95**
Error	12	0.03450	0.00288			
Total	19	1.47393				

Coefficiente de variación 25.15%

* significancia al 5%

** significancia al 1%

Cuadro 28A. Prueba de Tuckey para los sedimentos en Ton/ha correspondientes al mayor evento ocurrido al final de la evaluación

TRATAMIENTOS	MEDIA DE SEDIMENTOS	Ton/ha
Ac + Bv	0.0365	
Cc + Ac	0.0447	
Bv	0.0991	
Testigo	0.6725	

Cuadro 29A. Tabla de datos de comparaciones ortogonales entre las prácticas de conservación y el testigo para la escorrentía total

TRATAMIENTOS	Ac+Bv	Cc+Ac	B.V.	Test.					
COMPARACION	166.1	172.2	682.5	898.5	YiCi	(YiCi)	r	Ci ²	SCc
Ac+Bv+Cc+Ac +Bv									
Vrs									
Testigo	1	1	1	-4	-2573.2	6621358.2	95	69698.51	
F calculada = 567.8					F tabulada (5%) = 4.75 (S)				

Cuadro 30A. Tabla de datos de comparaciones ortogonales entre las prácticas de conservación y el testigo para los sedimentos totales

TRATAMIENTOS	Ac+Bv	Cc+Ac	B.V.	Test					
COMPARACION					YiCi	(YiCi) ²	r	Ci ²	SCc
Ac+Bv+Cc+Ac +Bv									
Vrs									
Testigo	1	1	1	-4	-59.37	3525.03	95	37.11	
F calculada = 372.17					F tabulada (5%) = 4.75 (S)				

A N E X O I I

Cuadro 31A. Descripción del pedon representativo del sitio experimental

Clasificación taxonómica: ENTIC EUTRANDEPTS
 Ubicación: San Mateo Milpas Altas, 200 metros al suroeste de la Iglesia Elim
 Fecha de observación: 24-IV-87
 Reconocedores: S. M. Godínez, A. Revolorio Q. y H. A. Tobías V.
 Altitud: 1900 metros sobre el nivel del mar
 Posición fisiográfica: Colina
 Forma del terreno circundante: Inclinado a fuertemente inclinado
 Pendiente: 32° en dirección noroeste
 Vegetación: Zea maiz, Argemone mexicana, gramíneas, rubiaceas
 Uso: Cultivos limpios
 Material originario: Ceniza volcánica
 Pedregosidad: Clase 0
 Erosión: Hídrica, fuerte, laminar y en surcos
 Drenaje: Bien drenado

DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	Profundidad	Descripción
Ap	0-22	Pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo, pardo oscuro amarillento (10YR/4) en seco, franco arenoso, estructura granular fina, débilmente desarrollada, suelto en seco, suelto en húmedo, no adherente, no plástico, raíces abundantes finas y pequeñas, límite gradual y ondulado.
AC	22-38	Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4) en húmedo pardo amarillento (10YR 5/5) en seco; franco arenoso, estructura granular fina muy débil-

CONTINUACION DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	Profundidad	Descripción
2B	38-90	Pardo oscuro amarillento (10YR 3/4) en húmedo, pardo oscuro amarillento (10YR 4/5) en seco, franco arcillo arenoso, estructura en bloques sub-angulares, medianos, débilmente desarrollados, ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo, ligeramente adherente y ligeramente plástico, raíces pocas y medias, límite gradual y plano.
C	mayor de 90	Pardo oscuro amarillento (10YR 4/6) en húmedo, pardo amarillento (10YR 5/8) en seco, franco arenoso, estructura en bloques sub-angulares moderadamente gruesos, medianamente desarrollados, ligeramente duro en seco y firme en húmedo, ligeramente adherente y no plástico, raíces pocas y medianas.

Cuadro 32A. Características físicas del perfil del suelo en las parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas

Hte	Prof (cms)	(1) Distribución partículas			(1) Densidad		% de humedad (2) Gravimétrica	
		% Arc.	% limo	% Arena	Rea l	Ap.	1/3 Bar	15 Bars
Ap	0-22	18.45	13.20	68.35	2.06	1.24	25.40	15.57
AC	22-38	16.77	12.83	70.40	1.97	1.26	25.84	16.08
2B	38-90	30.75	17.30	51.95	1.89	1.09	33.80	23.95
C	+ 90	17.06	10.13	72.82	2.03	1.28	28.22	19.05

Cuadro 33A. Características químicas del perfil del suelo

Hte	Prof	M.O. % (1)	Elementos disponibles (3)				Bases cambiables				CIC	S.B. %	pH (3) H ₂ O
			ppm P	K	meq/100 g. Ca	Mg	Ca	meq/100 gr (3) Mg	Na	K			
Ap	0-22	5.46	8.33	460	10.11	2.16	10.18	2.8	0.2	1.26	18.45	79.54	6.5
AC	22-38	4.19	8.33	236	8.34	2.10	10.69	2.8	0.2	1.41	15.16	+100	6.5
2B	38-90	0.51	18.33	508	12.96	2.46	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	6.4

1/ Análisis efectuados en el laboratorio de suelos, Facultad de Agronomía

2/ Análisis efectuados en el laboratorio de suelos de DIRTIA

3/ Análisis efectuados en el laboratorio de suelos del ICTA

A N E X O I I I

Cuadro 34A. Costos de producción para una hectárea de maíz en San Mateo Milpas Altas

CONCEPTO	Unidad de Medi da	Número de Uni dades	Valor Unitario (Q)	Subtotal (Q)	Total (Q)
I. COSTOS DIRECTOS					
1. Arrendamiento	ha	01	715.00	715.00	
2. Insumos					
2.1 Fertilizante	qq	09	30.00	270.00	
2.2 Semilla	qq	0.45	20.00	9.00	
3. Mano de obra					
3.1 Preparación de la tierra	jornales	18	6.00	108.00	
3.2 Siembra	jornales	9	6.00	54.00	
3.3 Primera limpia	jornales	12	6.00	72.00	
3.4 Segunda limpia	jornales	18	6.00	108.00	
3.5 Fertilización	jornales	5	6.00	30.00	
3.6 Cosecha	jornales	15	6.00	90.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					1456.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administrativos 5%				72.80	
2. Imprevistos 10%				145.60	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					218.40
COSTO TOTAL					1674.40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

26/X/1989

"IMPRIMASE"


ING. AGR. ANIBAL S. MARTINEZ M.
DECANO

