

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

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



EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, mayo de 1990

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

D.L.
01
T(1243)

TODA LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO, 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

. R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Anibal B. Martínez Muñoz
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P.A. Hernán Perla González
VOCAL QUINTO:	P.A. Julio López Maldonado
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



FACULTAD DE AGRONOMIA

GUATEMALA, C. A.

Guatemala, abril de 1990.

Ingeniero
Aníbal Martínez
Decano Facultad de Agronomía
Presente

Señor Decano:

Comunicamos a usted que hemos asesorado el trabajo de investigación "SEGUNDA EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO PENSATIVO, SACATEPEQUEZ", desarrollado por el estudiante **JORGE ERNESTO LOPEZ HERNANDEZ**, carnet número 83-14249.

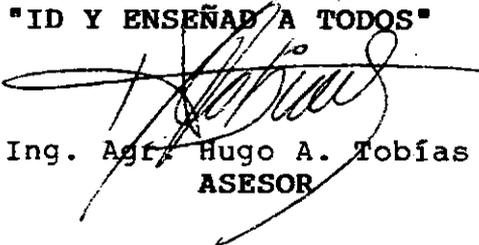
El trabajo de tesis del estudiante López lo consideramos como uno de los trabajos pioneros en la investigación básica sobre conservación de suelos y evaluación de prácticas agronómicas para el control de la erosión hídrica en el altiplano guatemalteco.

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,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Ing. Agr. Maxdelio Herrera
ASESOR


Ing. Agr. Hugo A. Tobías V.
ASESOR

/dydea

Guatemala
Abril de 1990.

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

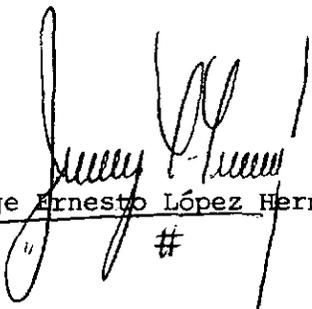
Señores:

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:

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

Al presentarlo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero merezca vuestra aprobación.

Atentamente,


Jorge Ernesto López Hernández

#

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Con inmensa gratitud, porque él dá la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la intèligencia.

A MIS PADRES: Marcial López Zamora
Inocencia Hernández de López

A MI ESPOSA: Victorina Morales

AL FRUTO DE ESE AMOR: Madelyne Sissel
Cynthia Pamela

A MIS HERMANOS: Carlos Marcial
Melva Lily
Jaime René
Luis Armando

A TODOS MIS FAMILIARES EN GENERAL

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y DE TRABAJO.

TESIS QUE DEDICO

- A: MI PATRIA GUATEMALA
- A: SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES, SACATEPEQUEZ
- A: MIS CENTROS DE ESTUDIO:
Colegio "Nimaya"
Instituto Normal para Varones "Antonio Larrazabal"
Instituto Técnico de Agricultura
Facultad de Agronomía, USAC
- A: MIS PROFESORES EN GENERAL
- A: EL PROYECTO CONSERVACION DE SUELOS DE SACATEPEQUEZ
- A: EL SUFRIDO CAMPESINADO DE MI PAIS

AGRADECIMIENTOS

EN EL PRESENTE DOCUMENTO QUIERO EXPRESAR MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA FORMA HICIERON POSIBLE LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION.

A los Ingenieros Agrónomos Hugo A. Tobías y Maxdelio Herrera, por su co laboración incondicional en la asesoría del presente trabajo.

Al Ingeniero Agrónomo Miguel E. Fuentes A., por el apoyo que me brindó durante la fase de campo.

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

Al Ingeniero Agrónomo Francisco Rubio Ramírez, por la ayuda que me brin dó durante el análisis estadístico.

Al Instituto de Investigaciones Agronómicas, por apoyar la ejecución de esta investigación.

Al Proyecto Conservación de Suelos de Sacatepéquez, DIGESA; por concederme permiso académico, en especial a los Ingenieros Agrónomos Rubén Emilio González Alvarado y José F. Dardón Sosa.

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

CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I INTRODUCCION	1
II HIPOTESIS	3
III OBJETIVOS	4
IV REVISION DE LITERATURA	5
1. Etapas del proceso de erosión hídrica	5
2. Factores que favorecen la erosión	6
3. Prácticas de conservación de suelos	9
4. Estudios realizados en Guatemala	14
V METODOLOGIA	15
1. Ubicación del área de estudio	15
2. Descripción del área de estudio	15
3. Selección de tratamientos	17
4. Diseño experimental	17
5. Arreglo y montaje del experimento	20
6. Manejo del experimento	22
7. Medición de la precipitación	22
8. Medición de las variables	23
VI RESULTADOS Y DISCUSION	25
1. Precipitación pluvial	25
2. Escurrimiento	27
3. Erosión y características de los sedimentos	30

	PAGINA
4. Rendimiento del cultivo	37
5. Costos de establecimiento y mantenimiento de las prácticas evaluadas	39
VII CONCLUSIONES	44
VIII RECOMENDACIONES	46
IX BIBLIOGRAFIA	47
X ANEXO	49

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		PAGINA
1	Precipitación mensual registrada durante los años 1987 y 1988 en San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala	25
2	Precipitación y frecuencia de las lluvias ocurridas en - San Mateo Milpas Altas en 1988	27
3	Análisis de varianza para la escorrentía superficial registrada en San Mateo Milpas Altas, 1988	29
4	Prueba de Tukey para el volumen de escurrimiento superficial	30
5	Análisis de varianza para la cantidad de suelo erosionado	33
6	Prueba de Tukey para la cantidad de suelo erosionado	34
7	Análisis de varianza para el rendimiento de frijol en grano de las prácticas evaluadas	37
8	Costos de producción para una hectárea de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>)	40
9	Costos en quetzales por hectárea de las tres prácticas evaluadas	41
10	Rendimiento de Zacatón (<u>Panicum maximun</u>) utilizado en dos tratamientos como barrera viva	42

CUADRO No.		PAGINA
11A	Escorrentía superficial (m^3/ha) para tratamientos y repeticiones	50
12A	Escorrentía superficial (%) para tratamientos y repeticiones	50
13A	Sedimentos totales (ton/ha) para tratamientos y repeticiones	51
14A	Rendimiento en grano de frijol (kg/ha) para tratamientos y repeticiones	51
15A	Análisis de fertilidad al inicio del experimento, para tratamientos y repeticiones	52
16A	Análisis de fertilidad al final del experimento para tratamientos y repeticiones	53
17A	Características físicas de los sedimentos según tratamientos	54
18A	Características químicas de los sedimentos, según tratamientos	54
19A	Cantidad de elementos fertilizantes (kg/ha) registrado en los sedimentos	55
20A	Tabla de datos del Análisis de Correlación	56

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		PAGINA
1	Ubicación del sitio experimental dentro de la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez, Guatemala	16
2	Sección transversal de los tratamientos evaluados	18
3	Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo	21
4	Escurrimiento superficial registrado en las parcelas de escorrentía	28
5	Sedimentos producidos en las parcelas de escorrentía	32
6	Distribución del tamaño de partículas en los sedimentos	36
7	Rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) de las prácticas evaluadas	38

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

SECOND EVALUATION OF THREE SOIL AND WATER CONSERVATION PRACTICES AT THE PENSATIVO RIVER WATERSHED, IN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA

RESUMEN

Este trabajo se realizó para evaluar el efecto de tres prácticas de conservación de suelos en un área crítica de manejo de la cuenca del río Pensativo en el departamento de Sacatepéquez, durante la estación lluviosa de 1988. Las razones que se consideraron para su realización fueron: los constantes desbordamientos del río Pensativo como consecuencia de la deposición de sedimentos en el cauce del mismo, la escasa información cuantitativa sobre precipitación, escorrentía y erosión en Guatemala y continuar con el proyecto iniciado en 1987 por el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para cuantificar la escorrentía y la erosión se utilizó el método de lotes de escurrimiento, instalándose un total de 20 parcelas de 49 m² cada una, con un diseño de Bloques al Azar con 5 repeticiones y 4 tratamientos: Acequia con barrera viva, camellón en contorno con acequia, barrera viva y el testigo. En los lotes se sembró frijol (Phaseolus vulgaris) el que se evaluó en 1988 de acuerdo al patrón de los agricultores de la región.

Los principales resultados muestran que bajo las condiciones del área de estudio, sólo las precipitaciones mayores de 20 mm y con una intensidad media mayor de 15 mm/hora provocan arrastre de sedimentos.

En cuanto a escurrimiento la acequia con barrera viva fue la más efectiva al reducir el escurrimiento en un 49% en relación a la pérdida ocurrida en el testigo, camellón en contorno con acequia en un 42 % y la barrera viva en un 35 %.

De las partículas erosionadas, la arena fue la que más se perdió en todos los tratamientos, registrándose en el testigo la mayor pérdida con 56 %.

En cuanto al rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris), de acuerdo al análisis estadístico, no se encontró diferencias entre tratamientos.

I. INTRODUCCION

Guatemala es un país que cuenta con variedad de recursos naturales y en más del 63 % de la población guatemalteca el medio de producción es la tierra, siendo la actividad productiva principal la agricultura (23).

Sin embargo, la tenencia y uso de la tierra, la creciente población del país y la falta de adecuadas políticas de desarrollo agrario y de un ordenamiento territorial, han causado un deterioro de los recursos naturales. Referente al recurso suelo, debido al desconocimiento de la mecánica de la erosión y el poco interés de los agricultores en el control de la misma, cada año se incrementa su degradación. En el altiplano del país una de las causas principales es la utilización de terrenos con fuertes pendientes para la siembra de cultivos limpios como maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) sin la implementación de prácticas adecuadas de conservación de suelos, lo que ha favorecido a la erosión hídrica afectando directamente la economía de los habitantes de esa región.

Un ejemplo del problema que se menciona, lo constituye la cuenca del río Pensativo, en donde los sedimentos provocan azolvamiento del cauce del río, así como el desbordamiento del mismo y por consiguiente causando daños en forma directa a la población de Antigua Guatemala y poblaciones circunvecinas, como consecuencia de las inundaciones. Para buscar la mayor solución a la problemática anteriormente planteada, la Facultad de Agronomía, por medio del Instituto de Investigaciones Agronómicas, en cooperación con la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, planteó una serie de investigaciones en la parte media de la cuenca, para generar tecnología básica y aplicada que permita mejorar el manejo de los suelos de la región. En tal sentido, se estableció una investigación para evaluar algunas prácticas de conservación de suelos en la aldea San Mateo Milpas Altas en el municipio de Antigua Guatemala, zona considerada como crítica dentro de la cuenca (3).

La primera evaluación de prácticas de conservación de suelos se realizó en 1987, luego en 1988 se llevó a cabo el segundo año de investigación para determinar el escurrimiento, la erosión, las características granulométricas de los sedimentos y el rendimiento del cultivo.

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 frijol (Phaseolus vulgaris).

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 ESPECIFICOS

- 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 1988.
- 2.2 Determinar la efectividad en el control de la erosión hídrica de tres prácticas de conservación de suelos en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris).
- 2.3 Determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris).

IV. REVISION DE LITERATURA

1. ETAPAS DEL PROCESO DE EROSION HIDRICA

Por erosión hídrica se entiende al complejo proceso de separación y transporte de las partículas del suelo pendiente abajo, por la acción del impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía (22).

El proceso de erosión hídrica se realiza en tres etapas consecutivas, que dependerán de las condiciones en que se encuentre el suelo en cuanto a cubierta vegetal, características físicas y al uso y manejo que se haga de éste, dependiendo además de la intensidad, cantidad y duración de la precipitación; estas etapas son:

1.1 Desprendimiento:

Consiste en el desprendimiento inicial de las partículas primarias del suelo por acción de las gotas de lluvia en su superficie (17).

En general, el desprendimiento aumenta al aumentar el tamaño de las partículas del suelo, de allí que las partículas de arcilla se desprenden con mayor dificultad que los granos de arena (6).

En un experimento realizado en la cuenca del río Michatoya, se determinó que esta etapa ocurre de 15 a 20 mm en cada lluvia (17).

1.2 Arrastre o transporte:

Luego de efectuada la primera etapa del proceso se lleva a cabo el arrastre, la cual es provocada por el escurrimiento superficial del agua de lluvia que no logra infiltrarse en el suelo (17).

El transporte aumenta al disminuir el tamaño de las partículas, de allí que las partículas de arcilla son más fáciles de transportar (6).

1.3 Deposición:

Se presenta cuando la capacidad de arrastre del agua ya no es suficiente para continuar con el hundimiento del suelo erosionado - (20).

En los Estados Unidos de Norteamérica, cada año se depositan por erosión hídrica cuatro billones de toneladas de sedimentos, asumiendo que el 75 % del material se deriva de tierras agrícolas y boscosas. En Missisipi el promedio anual de pérdida de sedimentos es de 390 toneladas por milla cuadrada. (15)

Mientras tanto en Rusia se estima que 50 millones de hectáreas están sujetas a erosión hídrica (15).

En la cuenca del río Pensativo se depositan en el cauce del mismo anualmente aproximadamente $40,000 \text{ m}^3$ de sedimentos (3).

2. FACTORES QUE FAVORECEN LA EROSION

2.1 Tipo de suelo:

Cada tipo de suelo tiene un comportamiento agronómico diferente, - requiriendo un uso racional, un manejo adecuado para su conservación. Según estudios realizados por Cenicafe, las cenizas volcánicas ofrecen una mayor resistencia a la erosión, mientras que los - esquistos pizarrosos son muy susceptibles a la misma (5).

Los suelos de textura gruesa poseen altas velocidades de infiltración, pues tienen buen drenaje y alta permeabilidad, por lo que su potencial de escurrimiento es bajo; no así los suelos de textura fina, los cuales poseen un alto potencial de escurrimiento pues el drenaje superficial es lento y la velocidad de infiltración baja (6).

En un suelo arcilloso la erosión se inicia más rápidamente que uno arenoso, sin embargo, ésto dependerá del contenido de materia orgánica, sumado a la estructura (14).

2.2 Uso y manejo del suelo:

El uso y manejo de los suelos juegan un papel importante en la erosión, pues si se hacen técnicamente constituyen factores temperantes de la misma. En el manejo del suelo, las labores y su frecuencia, así como las herramientas que se utilizen y la profundidad a que se realicen influyen en la escorrentía. El uso del azadón promueve la infiltración y disminución de la escorrentía, pero como remueve y desmorona el suelo, éste queda en condiciones de ser arrastrado fácilmente por el agua (5).

2.3 Pendiente:

La pendiente tiene dos factores principales que influyen en la erosión: la inclinación (grado) y la longitud. A medida que aumenta la inclinación, crece el peligro de erosión, porque el agua corre más rápidamente por la superficie y disminuye el tiempo para infiltrarse. La longitud de la pendiente influye en la velocidad y volumen del agua de escorrentía, la cual aumenta su poder erosivo (energía) a medida que aumenta la longitud (5).

A mayor pendiente existen mayores pérdidas de materia orgánica, así como la disminución de la profundidad del horizonte "A" (13).

2.4 Lluvias:

Ejercen un efecto mecánico sobre los agregados del suelo, debido al impacto de las gotas que desprenden las partículas que son fácilmente arrastradas por el agua de escorrentía. La velocidad y volumen de escorrentía están directamente relacionadas con la intensidad y frecuencia de los aguaceros (5).

2.4.1 Intensidad:

Es la cantidad de lluvia caída en un determinado tiempo (5). En general, las lluvias con alta intensidad se presentan frecuentemente en períodos cortos, desarrollando una mayor actividad erosiva en los suelos, mientras que las lluvias de baja intensidad se presentan generalmente en períodos más largos, por lo que su acción erosiva disminuye (6).

2.4.2 Frecuencia:

Es el tiempo transcurrido entre los aguaceros. Si los intervalos entre las lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo y se aumenta la posibilidad de que se origine escorrentía, aún con lluvias de baja intensidad. Por el contrario si los períodos entre lluvias son largos, el suelo estará seco y no habrá escorrentía con aguaceros de baja intensidad (5).

2.5 Cubierta vegetal:

Esta tiene gran importancia en la defensa contra la erosión, porque amortigua el folpe de las gotas de lluvia, forma hojarazca y raicillas que disminuyen la velocidad y fuerza del agua, retiene y amarra el suelo y aporta materia orgánica (5). Un terreno sin cubierta vegetal, las gotas de agua desprenden partículas del suelo, el cual es fácilmente transportado por el agua de escorrentía (14).

Según FAO, la facultad de las plantas de proteger el suelo contra la erosión, depende no solo de la densidad con que crecen las plantas, sino también de su desarrollo total (8).

2.6 El hombre:

Los factores mencionados anteriormente, favorecen e incrementan la erosión en los suelos agrícolas. Sin embargo, puede afirmarse que el hombre es el principal factor al alterar las condiciones ecoló-

gicás del lugar, ya sea por necesidad, por ignorancia o por aplicar técnicas inadecuadas en el uso de los recursos naturales renovables.

Existen numerosos factores antrópicos que no solo favorecen y aceleran los procesos de erosión, sino que limitan la aplicación de prácticas conservacionistas y de control, siendo las principales las de tipo social y cultural, de tipo económico y de tipo técnico (5).

3. PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS

Así se denominan a todas las prácticas encaminadas a aumentar las resistencias o disminuir las fuerzas que intervienen en la erosión (20). Son todas aquellas que tienden a conservar los suelos y las aguas para que produzcan los máximos beneficios económicos y sociales por el mayor tiempo posible, clasificándose en culturales, mecánicas y agronómicas (5).

3.1 Prácticas culturales:

Son aquellas que buscan la protección de los suelos mediante sistemas de manejo de los cultivos, de tal forma que sea mas productivo con menor riesgo de erosión.

3.1.2 Localización de los cultivos:

El primer paso en un programa de conservación es la correcta localización de los cultivos, para lo cual es necesario conocer su efecto sobre la erosión, además de los criterios técnicos de suelos, ecológicos y económicos (5).

La distribución de los cultivos debe establecerse de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, según la clasificación agrológica de la misma (20).

3.1.2 Siembras en contorno:

Consiste en disponer las hileras de siembra y verificar todas las labores de cultivo en forma transversal a la pendiente siguiendo las curvas de nivel (20).

Otra práctica similar lo constituyen los camellones en contorno, el cual es un método aplicable preferentemente en terrenos suficientemente permeables.

Los surcos constituyen un obstáculo al escurrimiento y permite que se acumule el agua a lo largo de los mismos, lo cual permite su infiltración en el suelo, cuando la duración e intensidad de las lluvias es excesiva, el agua acumulada de los surcos puede rebasar la capacidad de almacenamiento, provocándose el desbordamiento por escurrimiento y erosión, por lo que en esas situaciones se combina con otras prácticas como barreras vivas, acequías y canales de desviación (14).

Un estudio realizado por FAO en Iowa, EE.UU. de 5 años de duración, reveló que el cultivo siguiendo curvas de nivel aumentó los rendimientos de maíz en unos 500 kg/ha, los de soya en 170 kg/ha y los de avena en 180 kg/ha por término medio (8).

3.1.3 Cultivos en fajas:

Consiste en la disposición de los cultivos en fajas transversales de anchura variable, alternándolas con calles de coberturas densas con el fin de disminuir a intervalos la velocidad del agua y aminorar el peligro de erosión, en tal forma que cada año se alternen plantas que ofrecen poca protección al suelo con otras de crecimiento denso (14).

La anchura de la faja de cultivo varía entre 10 y 30 metros de acuerdo a la pendiente y al grado de susceptibilidad del suelo a la erosión, a mayor pendiente y susceptibilidad me-

nor será la anchura de las fajas (5).

3.1.4 Barreras vivas:

Son líneas de plantas perennes y de crecimiento denso que se siembran a lo largo de una curva a nivel y sirven de guía permanente para la siembra en contorno. Llevan una separación entre una y otra de acuerdo con la pendiente del terreno y pueden establecerse entre cultivos limpios o anuales, así como entre cultivos permanentes (20).

Un experimento realizado por Cenicafe en cultivos de café Borbon al sol en suelos de la Unidad Chinchiná (Colombia), con 60 % de pendiente y con promedio de precipitación anual de 2618.70 mm registró en un suelo desnudo una pérdida de 4349 kg/ha, mientras que con barreras vivas únicamente se perdió 1664 kg/ha, con lo cual se compara la eficiencia de esta práctica (5).

3.1.5 Plantas de cobertura y abonos verdes:

Se utilizan para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y de mejorar sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo posterior. Cuando esas plantas se entierran, se denominan abonos verdes, verificándose su acción a través del aumento en el contenido de materia orgánica del suelo (20).

Las coberturas amortiguan el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y forman una superficie rugosa que disminuye la velocidad del agua de escorrentía. Las leguminosas utilizadas como cobertura, aumentan la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno del aire en sus raíces (5).

3.1.6 Rotación de cultivos:

Se define como la sucesión recurrente y más o menos regular

de diferentes cultivos en el mismo terreno, lo cual contribuye de modo eficaz a controlar la erosión y mantener la productividad de los terrenos.

Los cultivos que se suceden 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 (20).

El cultivo que se elija para la rotación, dependerá de la región que se trate, de su clima, del tipo de suelo, de la topografía de éste, de las ventajas económicas, de las costumbres y de otras razones, utilizándose generalmente el cultivo mixto de gramíneas y leguminosas (8).

3.2 Prácticas mecánicas:

Son aquellas actividades que se realizan con implementos agrícolas, mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, con el fin de disminuir los escurrimientos superficiales y evitar la erosión en terrenos con pendiente (6).

3.2.1 Canales de desviación:

Son estructuras que sirven para evacuar volúmenes considerables de agua, siendo su costo relativamente alto.

Generalmente se les da una sección trapezoidal, siendo necesarios calcularlos y diseñarlos individualmente para las condiciones en que van a trabajar (5).

Los canales de desviación cortan el flujo del agua de escurrimiento de predios más altos y llevan esas aguas a un desagüe bien protegido, impidiendo que causen daños en áreas vecinas más bajas (20).

3.2.2 Terrazas:

Son los terraplenes formados entre los bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales, construídos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno, con lo cual se reduce la erosión del suelo, aumenta la infiltración del agua en el suelo, disminuye el volumen de escurrimiento y mejora la superficie de los terrenos, acondicionándola para las labores agrícolas (6).

Las terrazas denominadas bancales se popularizaron en los - Estados Unidos, por ser eficaces para contrarrestar la erosión y además facilitar la labranza, puesto que la tierra - que hay que cultivar, naturalmente inclinada antes, es horizontal después de construir en ella los bancales (8).

3.2.3 Acequias:

Son zanjas de 0.30 m de ancho en el fondo y con taludes 1:1 con profundidad y pendiente variable. Se construyen a distancias regulares de acuerdo con la pendiente y uso del terreno. A 0.15 m del borde superior de la acequia y a todo lo largo de ella, se siembra una barrera viva con el objeto de filtrar el agua que llegue al canal y en esa forma, disminuir la cantidad de material que en él se deposite (14,20).

Su construcción es aconsejable en zonas con lluvias intensas y en áreas con suelo pesado, poco permeables (20).

3.3 Prácticas agronómicas:

Son técnicas que incrementan la producción, tales como el uso de semillas mejoradas, la aplicación de fertilizantes y correctores químicos del suelo, y el control de plagas y enfermedades (5).

Es necesario comprender que la sola conservación (que tiene sus costos) no reporta beneficios económicos, sino se complementa con prác

ticas agronómicas óptimas.

4. ESTUDIOS REALIZADOS EN GUATEMALA

Hasta la fecha 5 trabajos de investigación, desarrollados como Tesis de Grado en Licenciatura, se han realizado sobre pérdidas de suelo por erosión hídrica. Sólomente una de las investigaciones ha utilizado el método lotes de escurrimiento para cuantificar las pérdidas de suelo (16).

Esto constituye una barrera técnica, pues la falta de conocimientos experimentales y prácticos limita la recomendación de prácticas para cada cultivo, suelo y condiciones de los terrenos (5).

Mientras tanto, cada día aumenta el deterioro del recurso suelo. De acuerdo con un estudio realizado a nivel de cuenca, en varios ríos, se pierden las siguientes cantidades de suelo: en el río Villalobos se erosionan $11.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; en el río Chixoy $7.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; en el río La Pasión $0.05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; y en el río Motagua $3.86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (4).

V. METODOLOGIA

1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

El ensayo se estableció en la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, la cual se ubica a 14°34'45" Latitud Norte y 90°41'46" Longitud Oeste, a una altitud de 1910 msnm y a una distancia de 7 kilómetros de la Cabecera Municipal (11), como se muestra en la figura 1.

El área se seleccionó por ser representativa de las condiciones topográficas del altiplano guatemalteco y por considerarse un área crítica de erosión en la cuenca por las características del suelo y la presión demográfica sobre el mismo (3).

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La aldea se encuentra localizada en la zona ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (7). La precipitación pluvial promedio anual distribuida de mayo a octubre es de 1200 mm (10). La temperatura máxima es de 22.4°C, mínima de 12.8°C y la temperatura media anual es de 16.5°C (16). La evapotranspiración potencial según el método Hargreaves es de 1400 mm, la humedad relativa es del 80 % y el brillo solar medio mensual es de 180 horas-sol (9).

Los suelos están desarrollados sobre materiales fluvio-volcánicos recientes a elevaciones medianas, formada por abanicos aluviales traslapados, de material arrojado por los volcanes en época relativamente reciente - (19). Se clasifican taxonómicamente como Entic eutrandepts (3).

Los suelos del área experimental son bien drenados, medianamente profundos, de color pardo oscuro amarillento, con un perfil constituido por una secuencia de horizonte Ap, Ac, 2B y 2C. Las características físicas

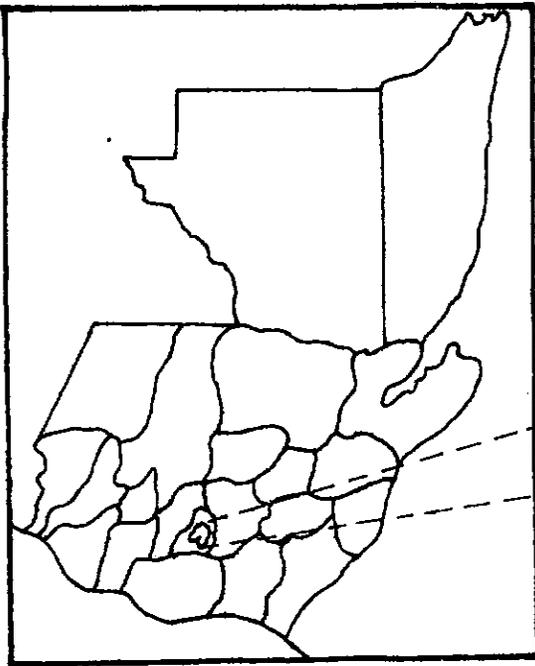


Figura 1a

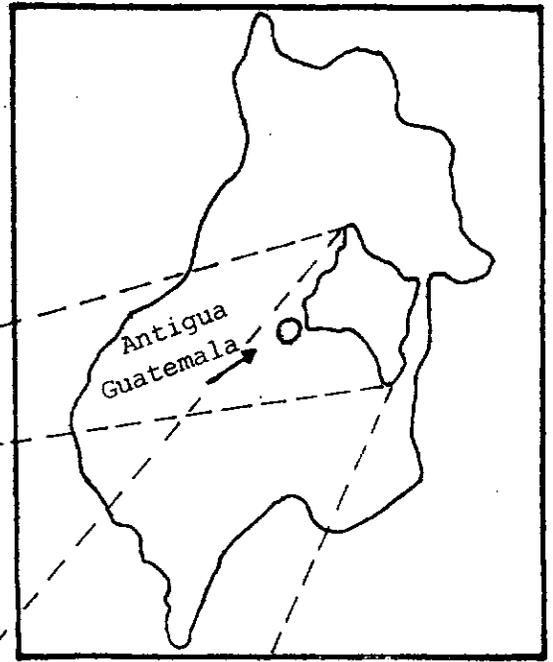


Figura 1b

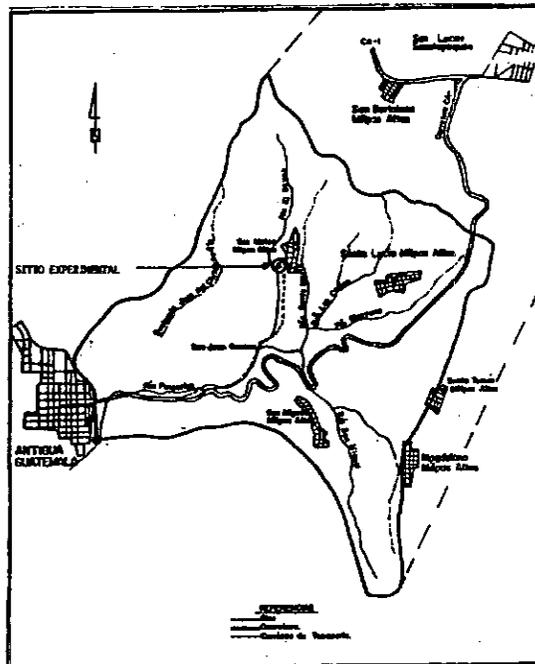


Figura 1c

Figura 1. Ubicación del sitio experimental: 1a) a nivel nacional; 1b) en el departamento de Sacatepéquez; 1c) dentro de la cuenca del río Penasquito.

de los horizontes superficiales Ap y Ac son: textura franco arenosa, estructura granular fina débilmente desarrollada, consistencia suave en seco y suelta en húmedo. Entre las principales características químicas se pueden mencionar bajo contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico de 18.45 meq/100 ml. La pendiente promedio del terreno donde se desarrolló la investigación es del 32 %, el suelo tiene un alto grado de deterioro, pues ha perdido un 80% del horizonte "A", existiendo áreas muy pequeñas donde ha desaparecido todo el horizonte "A" (16).

3. SELECCION DE TRATAMIENTOS

Los tratamientos, los cuales se muestran en la figura 2, se seleccionaron con base a las características de los suelos y de la agricultura del área, disponibilidad de materiales en la misma y las principales características de la precipitación pluvial. Estos son:

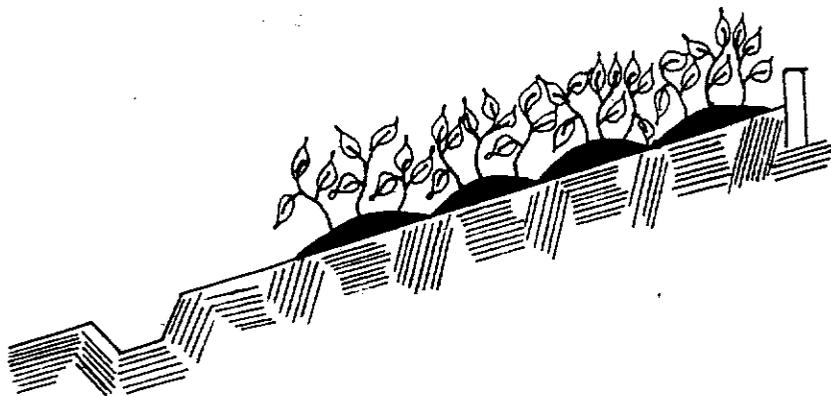
Acequía con barrera viva
Camellón en contorno con acequía
Barrera viva
Testigo (cultivo tradicional)

4. DISEÑO EXPERIMENTAL

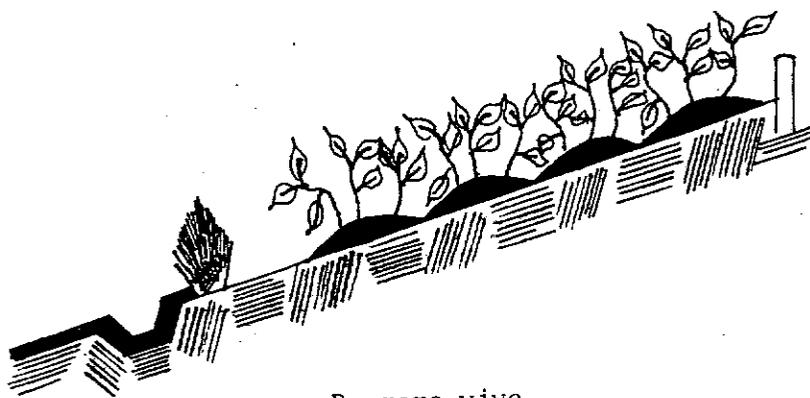
Se utilizó el diseño experimental Bloques al Azar por ajustarse a las características del lugar donde se realizó el experimento. Se establecieron 5 repeticiones, asignando tratamientos a cada parcela aleatoriamente.



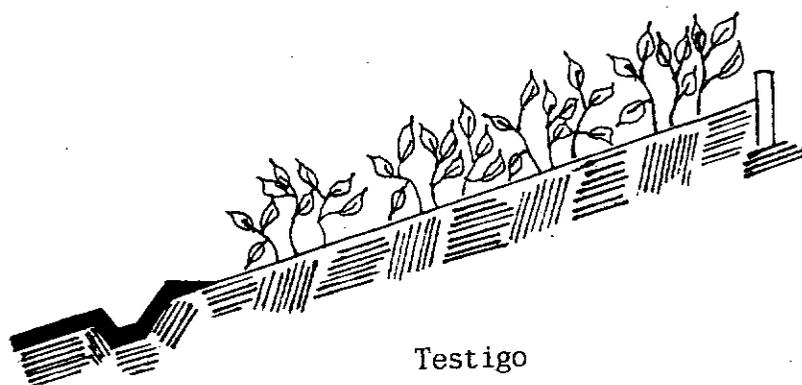
Acequia con barrera viva



Camellón en contorno con acequia



Barrera viva



Testigo

FIGURA 2. Sección transversal de los tratamientos evaluados con cultivo de frijol.

4.1 Modelo estadístico:

El modelo estadístico para el diseño experimental y análisis de varianza fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + B_i + T_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental

U = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i -ésimo bloque

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

i = 1, 2, 3, 4

j = 1, 2, 3, 4, 5

4.2 Variables respuesta:

Para determinar el escurrimiento y la erosión, la efectividad de las tres prácticas de conservación de suelos y el rendimiento del cultivo de frijol, se consideraron las siguientes variables:

- Escurrimiento superficial en metros cúbicos por hectárea;
- Cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea y características granulométricas de los sedimentos;
- Rendimiento del cultivo en kilogramos por hectárea de grano de frijol al 14 % de humedad.

4.3 Análisis de la información:

Para el escurrimiento superficial, cantidad de suelo erosionado y rendimiento del cultivo, se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA). En los casos en que se encontró diferencias entre tratamientos, se procedió a aplicar la prueba de medias: Tukey.

También se efectuó un análisis de Correlación simple entre las pér-

didas de sedimentos y sus características, pérdidas de agua de escorrentía y las principales características de la precipitación (cantidad de lluvia por evento e intensidad media).

5. ARREGLO Y MONTAJE DEL EXPERIMENTO

5.1 Confinamiento de parcelas:

Debido a que el método utilizado para estimar la escorrentía fue el de lotes de escurrimiento, se circularon las parcelas para evitar la penetración de escorrentía superficial de áreas aledañas, utilizando tablas de madera de segunda (lepas) de 0.25 m de ancho, las cuales se introdujeron en el suelo hasta una profundidad de 0.15 m, fijándose las mismas al terreno con estacas de madera de 1 m de largo y 0.50 m de diámetro. Figura 3.

5.2 Sistema colector de agua y sedimentos:

5.2.1 Canales colectores:

Estos consistieron en zanjas de forma trapezoidal construídas en la tierra, los cuales se recubrieron con polietileno negro, como se aprecia en la figura 3.

5.2.2 Canales de evacuación:

Para conducir el agua y sedimentos de los canales colectores, se utilizaron canales semicirculares de lámina de 0.70 m de largo.

5.2.3 Recipientes colectores:

Como recipientes colectores se utilizaron toneles plásticos de 200 litros de capacidad, instalando dos por cada parcela, requerimiento determinado por Revolorio (1987), con base al escurrimiento máximo posible para el área por el método racional modificado. Los toneles fueron colocados en agujeros de 1.5 m^3 , quedando 0.10 m más bajo que el nivel del canal de evacuación, estos toneles se conectaron en su parte superior con un tubo de p.v.c.

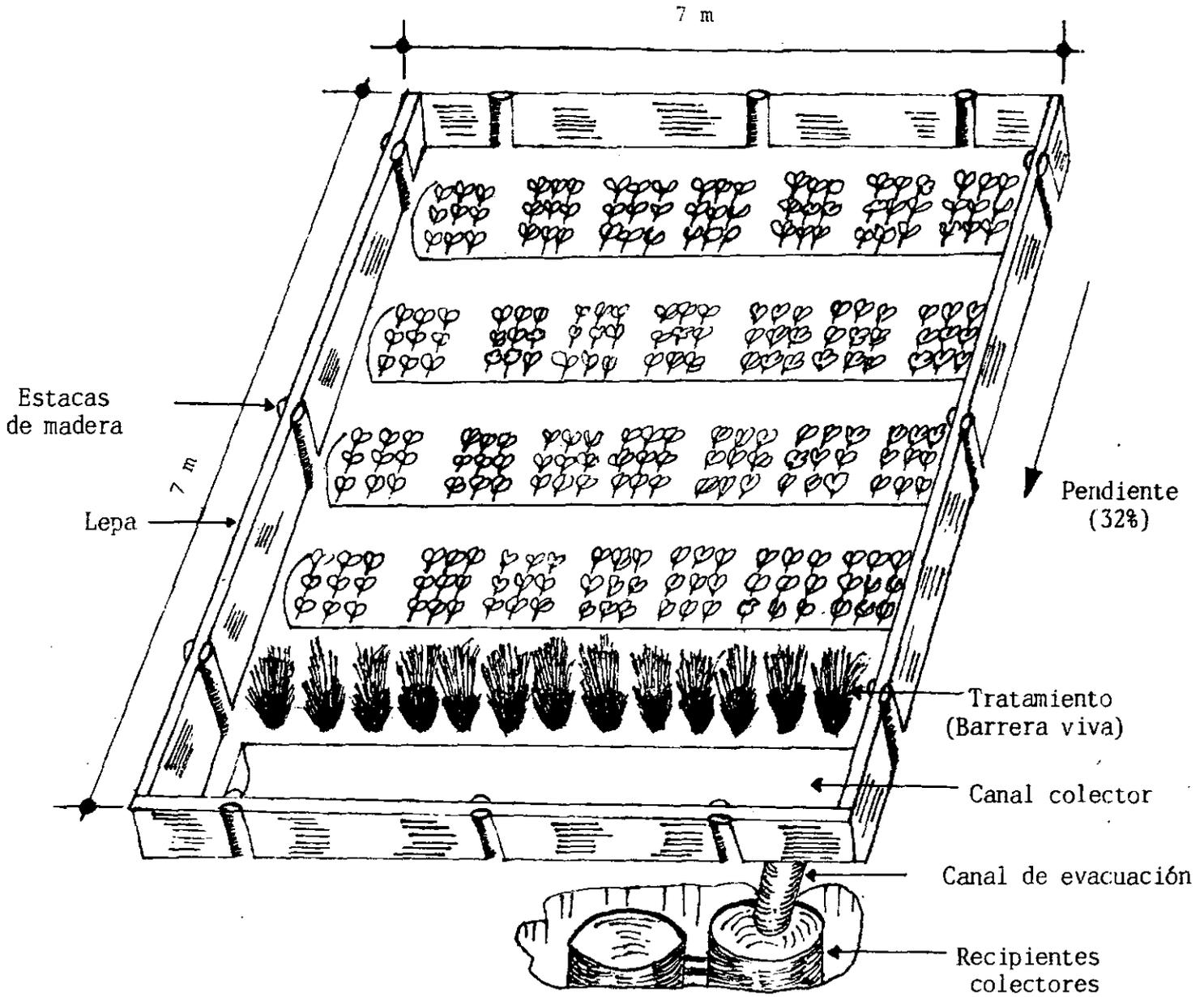


FIGURA 3. Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo

6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.1 Establecimiento de las prácticas de conservación:

Las acequias se construyeron con azadón, dándoles una forma trapezoidal con una base de 0.30 m y una altura de 0.30 m. Los camellones se construyeron siguiendo la curva a nivel, colocando la acequia en la parte inferior de la parcela. En los tratamientos con barrera viva se utilizó una gramínea adaptada a las condiciones del lugar, conocida como Zacatón (Panicum maximum) especie forrajera de rápido crecimiento y buen amacollamiento. En el testigo no se utilizó ninguna práctica de conservación de suelos, siguiéndose el sistema tradicional de cultivo empleado por la mayoría de agricultores del área.

6.2 Establecimiento y mantenimiento del cultivo:

Para continuar con el patrón de siembra de los agricultores del área, en este año se sembró frijol (Phaseolus vulgaris), utilizando semilla procedente de la siembra de años anteriores (Variedad Local). Se hicieron 4 surcos por parcela (camellones de 0.75 m de ancho y 0.60 m entre camellones) sobre el camellón se colocaron 3 granos por postura a una distancia de 0.15 m entre posturas y 0.30 m entre hileras. En el testigo se usaron las mismas distancias pero sin la formación del camellón, sin embargo, para efectuar la limpieza a los 30 días después de la siembra se hicieron camellones. Desde la preparación del suelo hasta la cosecha se utilizó la tecnología que emplea el agricultor del área (11); por lo que únicamente se aplicó una fertilización al momento de la siembra y una limpieza a los 30 días después de ésta.

7. MEDICION DE LA PRECIPITACION

La precipitación se registró durante el ciclo de cultivo con lluvias y

comprendió del 27 de junio al 31 de diciembre de 1988. Para determinar número de eventos, cantidad de lluvia y la intensidad de cada evento, - se instaló un pluviógrafo de registro semanal a 15 metros de distancia del primer bloque. Para definir un evento se siguió el criterio de -- Wischmeir y Mannering, considerándose como un evento independiente a toda lluvia separada de otra por un período de 6 horas sin precipitaciones mayores a 1 mm (1).

8. MEDICION DE LAS VARIABLES

8.1 Escorrentamiento:

La medición de la escorrentía se hizo con una regla calibrada para los recipientes colectores, ésta se introdujo en los recipientes - para medir la profundidad de agua escurrida, determinándose posteriormente el volumen en litros. Estas mediciones se efectuaron -- después de cada evento siempre y cuando hubiera escurrido agua en dichos recipientes.

8.2 Cantidad de suelo erosionado:

El material acarreado por la escorrentía se cuantificó tomando en cuenta sólidos en suspensión y sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores.

8.2.1 Sólidos en suspensión:

Se hicieron muestreos después de un evento que arrastrará - sedimentos, tomándose un litro de agua de escorrentía por - cada parcela. Para determinar la cantidad de sólidos se - filtró cada muestra, se colocó el papel filtro con sólidos en el horno a 60°C por 12 horas, determinando así el peso - de los sólidos en suspensión contenidos en el volumen de la muestra.

8.2.2 Sedimentos:

Todos los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores se pesaron para obtener el peso en húmedo, luego a cada una de las muestras se les efectuó las siguientes determinaciones:

Porcentaje de humedad, método Gravimétrico (12).

Granulometría, método del hidrómetro de Bouyoucos (12)

Fragmentos mayores de 2 mm, método Gravimétrico (12).

8.3 Rendimiento del cultivo:

Se tomó como base una parcela neta de 10.50 m^2 , se eliminó un surco a ambos lados de la parcela y un metro lineal en cada extremo de la misma. La cantidad de grano obtenido de cada parcela neta se pesó con un porcentaje de humedad del 14 %.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

1. PRECIPITACION PLUVIAL

1.1 Precipitación total mensual:

En el cuadro 1 se comparan los valores de la precipitación mensual del período de estudio 1988 y los valores registrados en 1987.

Cuadro 1. Precipitación mensual registrada durante los años 1987 y 1988 en San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala.

MES	1987 ^{1/} (mm)	1988 ^{2/} (mm)	DIFERENCIA (mm)
Junio	171.2	20.3	- 150.90
Julio	167.7	131.9	- 35.80
Agosto	63.3	340.6	+ 277.30
Septiembre	129.7	192.7	+ 63.00
Octubre	14.4	197.1	+ 182.70
Noviembre	4.4	2.6	- 1.80
Diciembre	0.0	0.0	0.00
TOTAL	550.7	885.2	+ 334.50

1/ FUENTE: Revolorio Quevedo. Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez.

2/ Valores obtenidos en el sitio experimental.

En el cuadro anterior se observa que en el período de estudio llovió en el área un total de 885.2 mm, considerándose como un año más lluvioso que 1987 en un 38 %. Los meses de mayor precipitación fueron: agosto, septiembre y octubre; esta situación posiblemente influyó sobre la escorrentía registrada, pues durante esos meses el cultivo estaba en su mejor estado vegetativo, evitando el choque directo de las gotas de lluvia con la superficie del suelo, reduciendo con ello la escorrentía superficial.

1.2 Intensidad:

La intensidad promedio de las lluvias para las mediciones efectuadas varió de 1.33 milímetros por hora a 31.5 milímetros por hora. Considerando únicamente la intensidad media y no la intensidad máxima para 30 minutos (I_{30}) por el tipo de registro del pluviógrafo que se utilizó).

La mayor precipitación individual registrada ocurrió el 24 de octubre y fue de 83.1 milímetros, con una intensidad media de 10.39 mm/hora.

1.3 Frecuencia de las precipitaciones:

En el cuadro 2 se presentan los valores correspondientes a la precipitación y la frecuencia de las lluvias. En dicho cuadro se observa que en el área de estudio durante el período de investigación ocurrieron un total de 108 eventos distribuidos en 5 clases. Del total, 57 eventos o sea el 52.77 %, no provocaron escurrimiento y corresponden a las precipitaciones menores de 5 mm. Del resto de eventos que provocaron escurrimiento (51 eventos), sólo aquellos mayores de 20 mm y con intensidad media mayor de 15 mm/hora, provocaron arrastre de sedimentos (10 eventos). Esto se atribuye a que las unidades experimentales ya estaban estabilizadas, in--

Cuadro 2. Precipitación y frecuencia para 5 clases de lluvias ocurridas en San Mateo Milpas Altas, del 27 de junio al 31 de diciembre de 1988.

CLASE (mm)	FRECUENCIA		PRECIPITACION	
	(EVENTOS)	(%)	(mm)	(%)
0- 5	57	52.77	87.2	9.85
5-10	23	21.30	172.6	19.50
10-15	13	12.04	162.8	18.39
15-20	5	4.63	89.7	10.13
Mayor de 20	10	9.26	372.9	42.13
TOTAL	108	100.00	885.2	100.00

fluyendo asimismo, la cobertura del cultivo de frijol sobre todo durante su fase vegetativa, al evitar el choque directo de las gotas de lluvia con la superficie del suelo; confirmando el estudio realizado por Sánchez (1979) en el sentido que, independientemente del estado en que se encuentre la superficie del suelo, aproximadamente con una lámina entre 15 y 20 mm de precipitación se da el desprendimiento de partículas del suelo, mientras que el arrastre principia cuando las precipitaciones son mayores de 20 mm.

2. ESCURRIMIENTO

El volumen total de la escorrentía superficial registrada durante el período de estudio para los diferentes tratamientos fue: acequia con barrera viva $8.86 \text{ m}^3/\text{ha}$ equivalente a 5.21 %, camellón en contorno con acequia $12.46 \text{ m}^3/\text{ha}$ (6.97 %), barrera viva $13.38 \text{ m}^3/\text{ha}$ (8.16 %) y en el testigo que fué donde se registró el mayor valor $17.80 \text{ m}^3/\text{ha}$ (10.65 %) Figura 4.

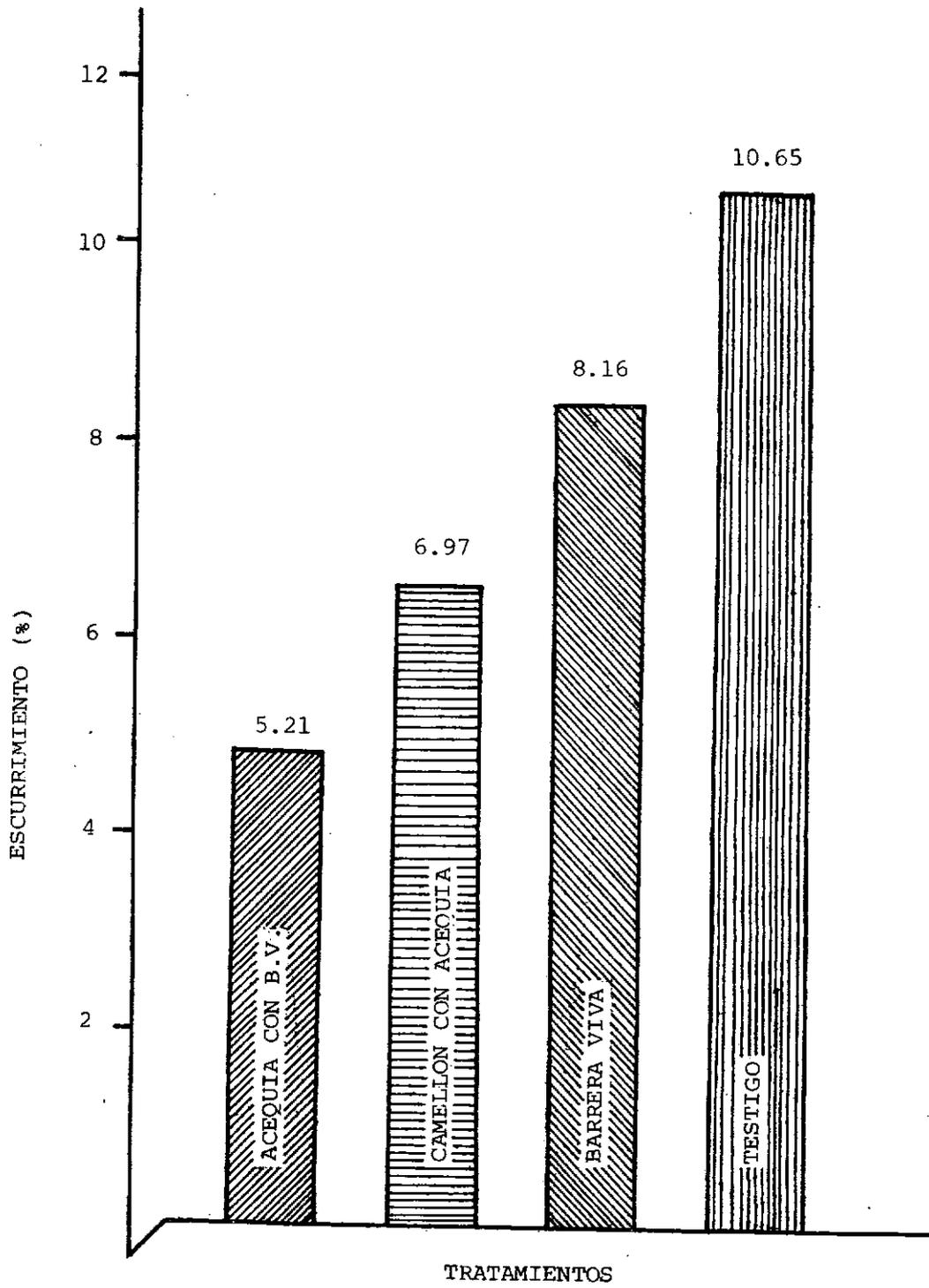


Figura 4. Escurrimiento superficial registrado en las parcelas de escorrentía, 1988.

Con estos valores se puede observar que la relación en cuanto a escorrentía entre el testigo y el tratamiento acequia con barrera viva es de 2 a 1. Con respecto al camellón en contorno con acequia, la relación es de 1.4 a 1. En el tratamiento barrera viva, la relación es de 1.3 a 1; lo cual demuestra que la barrera viva obstaculiza el material erosionado; sin embargo, pasa a través de la misma un alto porcentaje de escurrimiento.

En el cuadro 3 se presenta el Análisis de Varianza para la escorrentía superficial. Con base en este análisis se comprueba que en el mismo existen diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual los valores de los diferentes tratamientos fueron sometidos a la prueba estadística de medias Tukey, presentes en el cuadro 4.

Cuadro 3. Análisis de Varianza de la escorrentía superficial (m³/ha) registrada en San Mateo Milpas Altas, 1988.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Ft	Fc 0.05
Bloques	4	25.7251			
Tratamientos	3	202.6428	67.5476	40.69 **	3.49
Error	12	19.9204	1.6600		
Total	19	248.2883			

** = Significativo al 0.05

C.V. = 9.82%

Cuadro 4. Prueba de Tukey para el volumen de escurrimiento superficial, según tratamientos.

TRATAMIENTO	ESCURRIMIENTO	
Testigo	17.80	a
Barrera viva	13.38	b
Camellón en contorno con acequia	12.46	b
Acequia con barrera viva	8.86	c

Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales.

Con los resultados del cuadro anterior, se establece que el escurrimiento registrado en el testigo es estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Los tratamientos barrera viva y camellón en contorno con acequia son estadísticamente iguales, pues registraron un valor intermedio de escurrimiento. El tratamiento acequia con barrera viva, estadísticamente es diferente a los tratamientos restantes, registrando el menor volumen de escurrimiento ($8.86 \text{ m}^3/\text{ha}$), es decir, en este tratamiento solo escurrió el 49 % en relación al testigo; debido a que cuando un volumen de agua escurría y se depositaba en la zanja, parte de ese volumen se infiltraba en el suelo. Por lo anterior, cada uno de los tratamientos posee cierta capacidad de infiltración, especialmente el tratamiento acequia con barrera viva, pues en éste se registró el menor volumen de escurrimiento.

3. EROSION Y CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS

3.1 Cantidad de suelo erosionado:

Durante el período de estudio, 10 eventos provocaron arrastre de

suelo, registrándose en el testigo una pérdida total de 3.09 toneladas por hectárea, en el tratamiento camellón en contorno con acequia se perdió 1.6 toneladas por hectárea o sea el 52 % en relación al testigo, en el tratamiento acequia con barrera viva, hubo una pérdida de 1.31 toneladas por hectárea que representa el 42 % de pérdida en relación al testigo y en la barrera viva se perdió 1.08 toneladas por hectárea que representa el 35 % de pérdidas relacionadas con el testigo.

Por lo anterior, las menores pérdidas de suelo se registraron en los tratamientos barrera viva y acequia con barrera viva respectivamente, mientras que en el testigo se registró el mayor arrastre de suelo, esto se observa en la figura 5, en donde se presenta las pérdidas de suelo de cada tratamiento.

De acuerdo con los datos de la figura 5, la cantidad de suelo perdido por erosión durante el presente estudio, es comparativamente menor al estudio realizado por Revolorio (1987), no obstante que 1988 resultó ser un año más lluvioso que 1987 con 885.2 mm y 550.7 mm, respectivamente.

La razón para explicar esa diferencia, es que en 1987 hubo movimientos de tierra para la instalación de las unidades experimentales, lo cual facilitó el desprendimiento y arrastre de partículas, asimismo, la barrera viva no había alcanzado un buen desarrollo vegetativo al momento de iniciarse las lecturas; mientras que en 1988 el sistema ya estaba estabilizado, presentando características de un terreno natural y la barrera viva ya presentaba un desarrollo completo.

Asimismo, el cultivo que se evaluó en 1988 fue frijol (Phaseolus vulgaris) presentando una mayor cobertura que el cultivo de maíz (Zea mays) el cual se evaluó en 1987, confirmando con ello el estudio realizado en 1980 en Tennessee, en donde se concluye que la poca pérdida

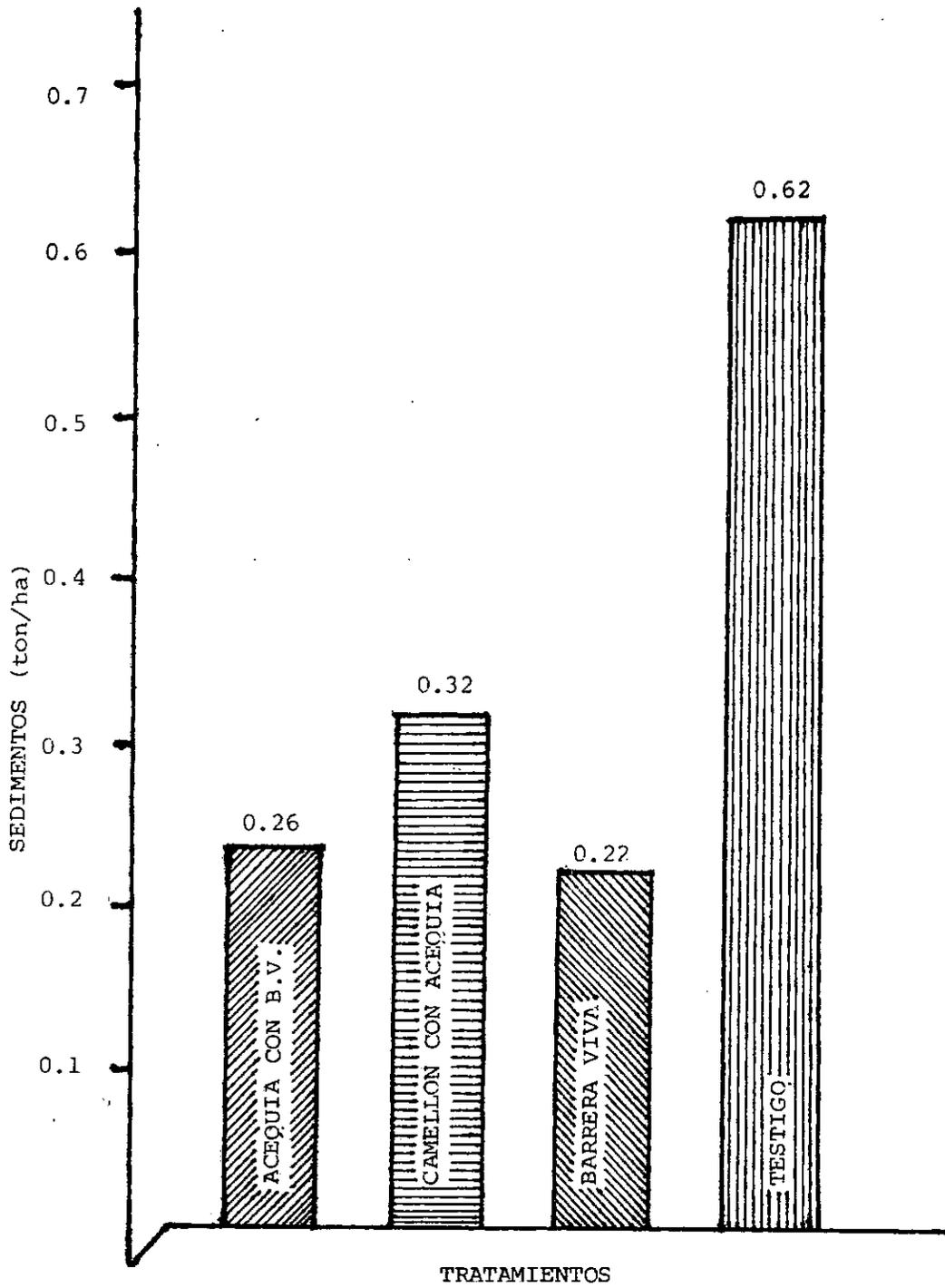


Figura 5. Sedimentos producidos en las parcelas de escorrentía, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INIA
BOGOTÁ, COLOMBIA

de suelo en 5 sistemas de cultivo de semilla de soya, fué el reflejo de la mejor protección de la superficie del suelo (18). De acuerdo con el manual del Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, las leguminosas proporcionan una mayor protección a la superficie del suelo contra la erosión hídrica en comparación con otros cultivos anuales (6).

En el cuadro 5 se presenta el Análisis de Varianza de los sedimentos.

Cuadro 5. Análisis de Varianza para la cantidad de suelo erosionado (ton/ha) registrado en 1988.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	4	0.1306			
Tratamientos	3	0.4918	0.1639	22.91 **	3.49
Error	12	0.0858	0.0072		
Total	19	0.7083			

** = Significativo al 0.05

C.V. = 23.89%

Con base en el Análisis de Varianza presentado en el cuadro anterior, se determina que existe diferencia estadísticamente significativa al 5% entre tratamientos, por lo cual los valores de los diferentes tratamientos fueron sometidos a la prueba estadística de medias: Tukey, que se presentan en el cuadro 6.

Se observa que en el testigo se registró la mayor pérdida de suelo, mientras que los tratamientos barrera viva, acequia con barrera viva y camellón en contorno con acequia, reducen las pérdidas de sue-

lo respectivamente en comparación con la práctica tradicional, siendo estadísticamente iguales, por lo que se acepta la primera hipótesis planteada en el presente estudio.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la cantidad de suelo erosionado, según tratamientos.

TRATAMIENTO	SUELO EROSIONADO	
Testigo	0.62	a
Camellón en contorno con acequia	0.32	b
Acequia con barrera viva	0.26	b
Barrera viva	0.22	b

Tratamientos con igual letra, son estadísticamente iguales.

En el cuadro anterior se observa que las menores pérdidas de suelo se registraron en los tratamientos barrera viva y acequia con barrera viva, respectivamente. Uno de los factores que influyó para que el tratamiento barrera viva tuviera una mayor efectividad en reducir la cantidad de suelo erosionado en comparación con el tratamiento acequia con barrera viva, fue el mantenimiento que se le daba a la acequia especialmente a los taludes, pues había movimiento de tierra, lo cual ocasionó que el suelo fuera más susceptible a ser erosionado por el impacto de las gotas de lluvia.

Esto confirma lo reportado en el estudio efectuado por CENICAFE (5), en donde se indica que el uso de herramientas y la profundidad a que se realicen las labores culturales, influyen en la erosión al remover y desmoronar el suelo, pues este queda en condiciones de ser arrastrado fácilmente por el agua.

3.2 Características granulométricas:

3.2.1 Fracción mayor de 2 mm:

Las mayores pérdidas de este tipo de partículas se registró en el testigo con 9.79 %, mientras que las menores pérdidas se registraron en el tratamiento acequia con barrera viva con 3.60 %. La figura 6, muestra estas diferencias.

Esto se explica debido a que en el testigo no había ninguna estructura de conservación de suelos que detuviera el arrastre de dichas partículas. La diferencia de pendiente entre parcelas también influyó, pues en los lotes correspondientes al testigo se registraron los mayores valores y de acuerdo con el análisis de correlación, fue la pendiente la que mostró una mejor correlación con esta variable, con un valor $r = 0.71$.

3.2.2 Fracción menor de 2 mm:

En cuanto a las partículas menores de 2 mm, éstas se perdieron respectivamente así: arena, limo y arcilla. Fue en el testigo en donde se registraron las mayores pérdidas. La figura 6 evidencia lo anterior.

Asímismo, se observó que en todos los tratamientos la arena fue transportada en mayor cantidad por el agua de escorrentía.

Con respecto al total, los valores son mayores del 40%; mientras que la arcilla se perdió en cantidades menores al 17 %. Esto se debió a que el porcentaje de arena del suelo en el área de estudio es alto.

Lo anterior confirma lo descrito por FAO, en el sentido de que este tipo de suelos puede ocasionar un considerable desplazamiento de arena en un corto período de lluvia (8). De

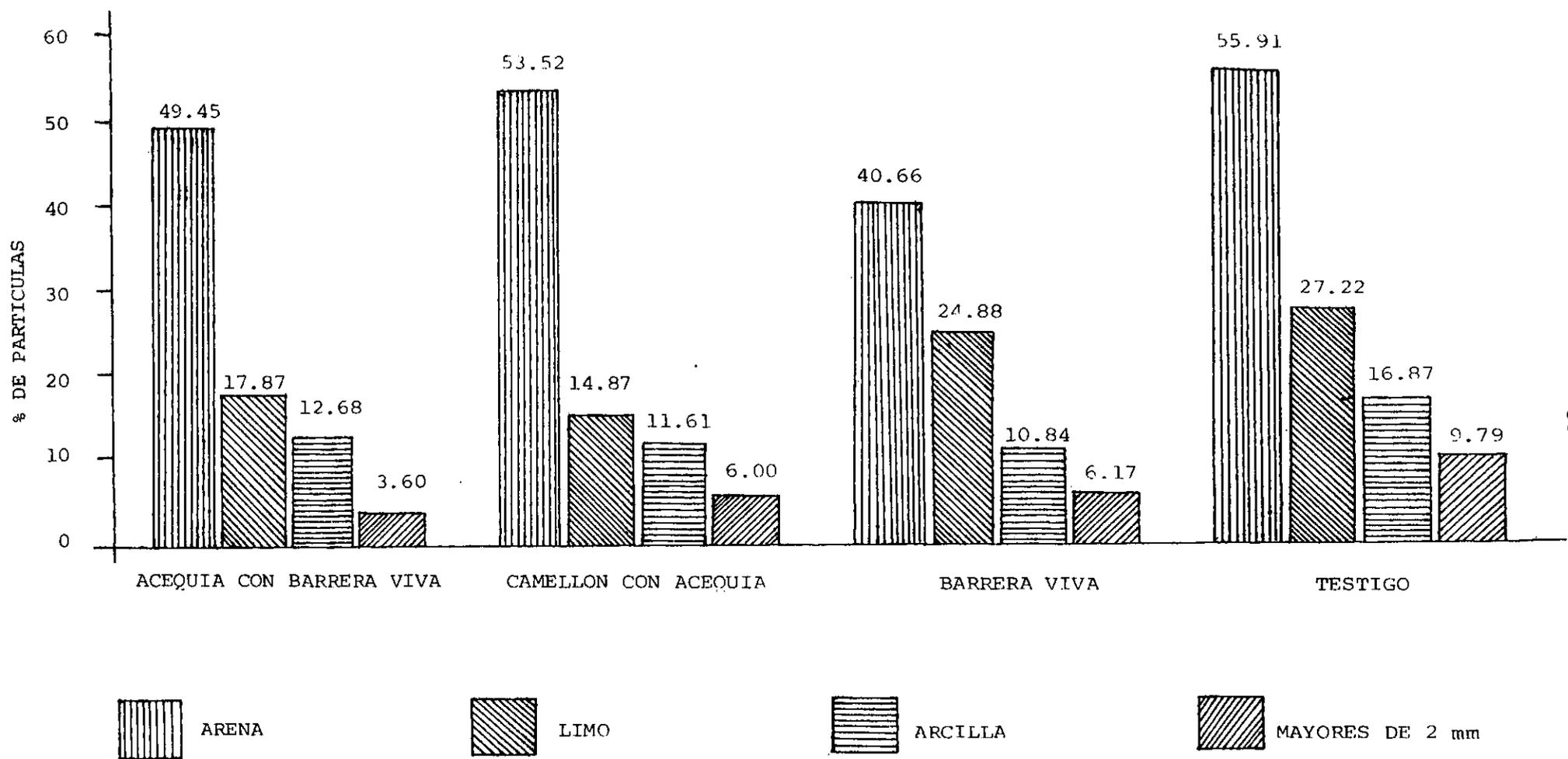


Figura 6. Distribución del tamaño de partículas en los sedimentos según tratamientos evaluados, 1988.

acuerdo con el Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, las partículas de arena son más fácilmente disgregadas que las arcillas en un suelo (6).

4. RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Como puede observarse en la figura 7, los rendimientos fueron sensiblemente iguales en todos los tratamientos a excepción del testigo que fué el que registró el menor rendimiento. Esto puede explicarse por lo siguiente: en el momento de siembra, en todos los tratamientos se sembró sobre un camellón, enterrándose los restos de cosecha del año anterior. Con esta preparación del suelo se proporcionó un medio propicio para el desarrollo de las plantas, con lo cual se aprovechó en mejor forma el fertilizante aplicado, así también la humedad del suelo; mientras que en el testigo, al principio no hubo formación de camellón, reduciéndose así el efecto de la práctica anterior, lo cual se manifestó en el rendimiento obtenido por tratamiento.

A pesar de que la diferencia fue de 170 kilogramos entre el tratamiento que registró el mayor rendimiento, acequia con barrera viva y el que registró el menor, testigo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para el rendimiento de frijol en grano (kg/ha) de las prácticas evaluadas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05
Bloques	4	2062454.915			
Tratamientos	3	79183.624	26394.5413	0.21	3.49 NS
Error	12	1526488.441	127207.3701		
Total	19	3666126.98			

NS = No significativo al 0.05

C.V. = 18.68 %.

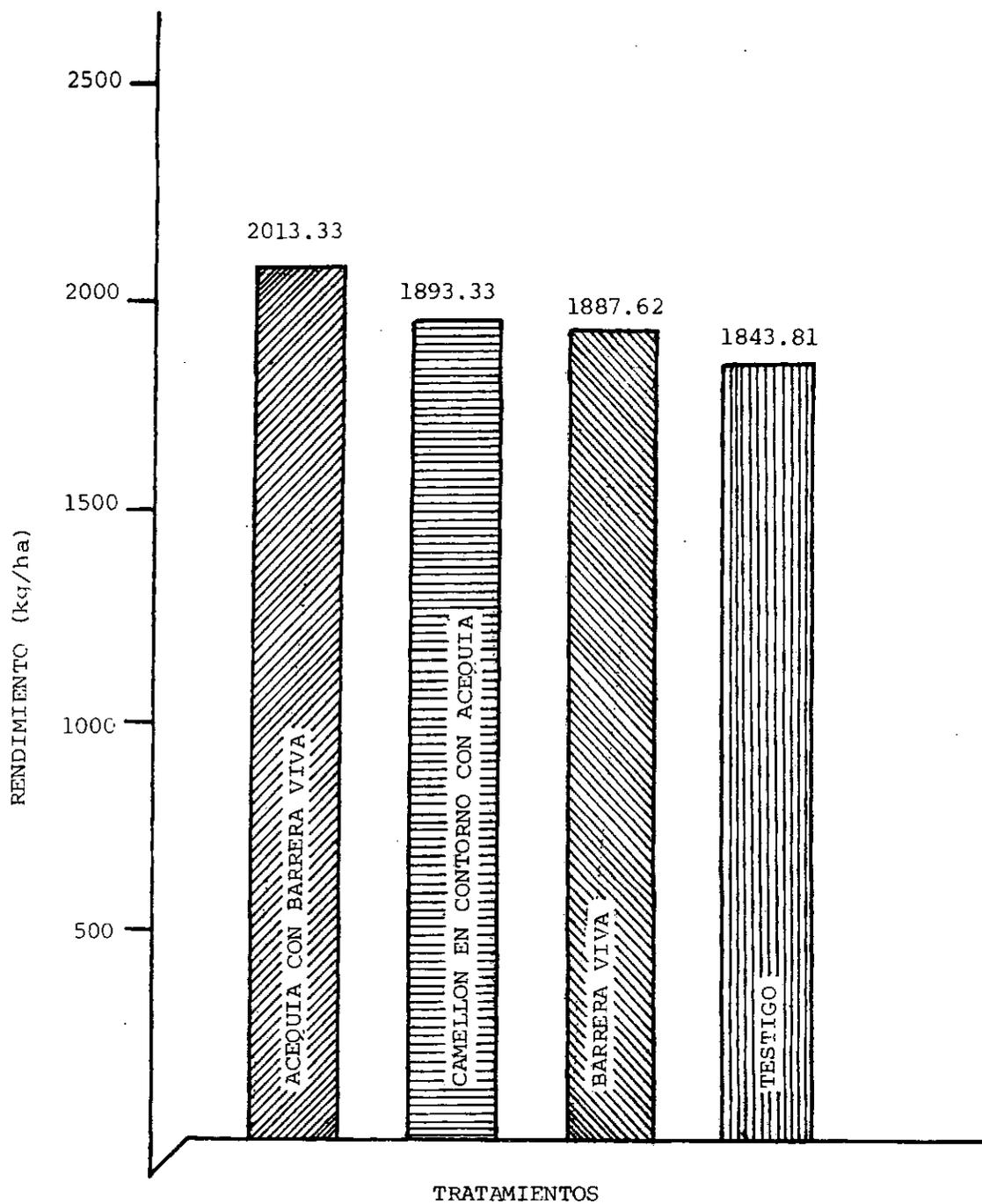


Figura 7. Rendimiento en grano de frijol (Phaseolus vulgaris) de las prácticas evaluadas, 1988.

El Análisis de Varianza muestra que no hubo efecto significativo de las prácticas de conservación sobre el rendimiento del cultivo en comparación con el testigo; por lo tanto, se rechaza la segunda hipótesis planteada en el presente estudio. Esto puede explicarse tomando en cuenta que el efecto de las prácticas de conservación de suelos sobre el rendimiento de un cultivo no se aprecia inmediatamente, sino a mediano o largo plazo (4 a 8 años), dependiendo del grado de erosión que presente el terreno antes de establecer una práctica de conservación de suelos y el manejo que se le de posteriormente tanto al terreno como al cultivo.

5. COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS PRACTICAS EVALUADAS

En el cuadro 8 se presenta los costos de producción de frijol para 1988. En dicho cuadro se observa que el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris) implica para el agricultor una serie de gastos, de los cuales la mano de obra absorbe la mayor parte. En la aldea, es común que el agricultor utilice la mano de obra familiar de que dispone, siendo por lo general el propio agricultor el que participa con su fuerza de trabajo. Sin embargo, para determinar el costo de producción, se le dio el valor que de venga la mano de obra asalariada que en la aldea es de Q. 5.00 por jornal normalmente.

En el cuadro 9, se presenta los costos de las tres prácticas evaluadas en el año de 1988.

Cuadro 8. Costos de producción para una hectárea de frijol en San Mateo Milpas Altas, 1988.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	NUMERO DE UNIDADES	VALOR UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)	TOTAL (Q)
I. COSTOS VARIABLES					
1. Insumos					
1.1 Fertilizante	qq	9.00	30.00	270.00	
1.2 Semilla	qq	0.90	90.00	81.00	351.00
2. Mano de obra					
2.1 Preparación de la tierra	ha	1.00	225.00	225.00	
2.2 Siembra	Jornales	9.00	5.00	45.00	
2.3 Limpia	Jornales	18.00	5.00	90.00	
2.4 Fertilización	Jornales	9.00	5.00	45.00	
2.5 Cosecha	Jornales	18.00	5.00	90.00	<u>495.00</u>
SUB-TOTAL					846.00
II. COSTOS FIJOS					
1. Administrativos 5%				42.30	
2. Imprevistos 10%				84.60	
3. Interés 10% (6 meses)				42.30	
4. Arrendamiento del terreno				720.00	<u>889.20</u>
TOTAL					1735.20
III. ANALISIS ECONOMICO					
1. Rendimiento por hectárea		27 qq			
2. Precio de venta por quintal		Q. 90.00			
3. Ingreso bruto		Q. 2430.00			
4. Costo de producción por hectárea		Q. 1735.20			
5. Ingreso neto		Q. 694.80			
6. Rentabilidad		40 %			

Cuadro 9. Costos en quetzales por hectárea de las tres prácticas evaluadas en San Mateo Milpas Altas. 1988.

CONCEPTO	TRATAMIENTO	ACEQUIA CON BARRE RA VIVA	CAMELLON CON ACEQUIA	BARRERA VIVA	TESTIGO
I. COSTOS					
1. Costo de producción					
1 ha de frijol (Q)		1735.20	1735.20	1735.20	1735.20
2. Costo de oportunidad ^{1/}					
2.1 Establecimiento					
(Q)		243.00	180.00	63.00	-
2.2 Mantenimiento					
(Q)		72.00	45.00	27.00	-
COSTO TOTAL		2050.20	1960.20	1825.20	1735.20
II. RENDIMIENTO (kg/ha)		2013.33	1893.33	1887.62	1843.81
III. INGRESO BRUTO (Q)		3986.79	3749.17	3737.86	3651.11
IV. INGRESO NETO (Q)		1897.89	1723.27	1873.96	1850.21
V. RENTABILIDAD (%)		92.57	87.91	102.67	106.63

^{1/} Pago Social que otorga el proyecto Conservación de Suelos Región V DIGESA.

En el cuadro 9 se observa que el costo total de producción para una hectárea de frijol (Phaseolus vulgaris) es mayor en relación al testigo, cuando se establece cualquiera de las prácticas de conservación evaluadas en el presente estudio. Esto se debe, a los costos de oportunidad por establecimiento y mantenimiento de cada estructura; lo cual se da cuando el agricultor no es beneficiado con el programa pago social, o -

bien cuando no establece ninguna estructura de conservación de suelos en su terreno. De acuerdo a lo descrito por Bishop, costo de oportunidad sería para este caso, lo que se deja de percibir si no hace la estructura (2).

Sin embargo, si el agricultor establece en su terreno cualquiera de las estructuras evaluadas y es beneficiado con el programa pago social que otorga el Proyecto Conservación de Suelos Región V DIGESA, automáticamente el costo de oportunidad se convierte en un ingreso de oportunidad, el cual según Bishop para este caso sería: lo que se recibe cuando se hace la estructura (2).

En cuanto a rentabilidad, se puede observar que las tres prácticas de conservación bajo estudio son rentables con el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris) y a mediano o largo plazo permiten recuperar los costos de oportunidad y generar beneficios económicos adicionales en comparación con el testigo; tal es el caso de la barrera viva utilizada en el ensayo, la cual puede representar para el agricultor una fuente para la alimentación de ganado, pues en tres cortes efectuados a intervalos de 5 semanas registró los siguientes rendimientos. Cuadro 10.

Cuadro 10. Rendimiento de Zacatón (Panicum maximun) utilizado en dos tratamientos como barrera viva (kg/m lineal)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
Acequia con B.V.	3.05	3.31	2.73	1.46	0.91	11.46	2.29
Barrera viva	2.79	3.41	3.18	2.30	1.78	13.46	2.69

En el cuadro anterior, se observa que el mayor rendimiento de Zacatón (Panicum maximun) se obtuvo en el tratamiento barrera viva; ésto se de--

bió a que la gramínea es perseguida por la plaga de la taltuza (Geomys hispidus) la cual en el ensayo causó los mayores daños en los bloques IV y V del tratamiento acequia con barrera viva.

Por lo anterior y tomando en cuenta que la barrera viva tuvo una mayor efectividad en reducir la cantidad de suelo erosionado (figura 5), así como presentar el menor costo de establecimiento y a la vez mayor rentabilidad (Cuadro 9), es conveniente evaluar en el futuro otras especies aptas de la región con características ideales de una barrera viva, como por ejemplo: Romero (Rosmarinus officinales) y Mirto (Myrthus communis) pues según el diagnóstico realizado por López (11), son especies comercializables y forman un buen desarrollo radicular.

VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se desarrolló el presente estudio, se tienen las siguientes conclusiones:

1. De la escorrentía, erosión y características de los sedimentos:
 - 1.1 Sólo las lluvias mayores de 5 mm provocan escurrimiento, mientras que el arrastre de partículas se da, cuando la precipitación es mayor de 20 mm y con una intensidad media mayor de 15 mm/hora.
 - 1.2 En cuanto a escurrimiento: el tratamiento acequia con barrera viva fue el más efectivo al reducirlo en un 49 % en relación al testigo.
 - 1.3 El tratamiento camellón en contorno redujo la erosión en un 52 %, la acequia con barrera viva en un 42 % y la barrera viva en un 35 % en relación a las pérdidas de suelo ocurridas en el testigo.
 - 1.4 En cuanto a las características granulométricas, en todos los tratamientos los sedimentos se perdieron en orden decreciente así: arena, limo, arcilla y partículas mayores de 2 mm.
2. De la efectividad de las prácticas de conservación:
 - 2.1 Las tres prácticas evaluadas redujeron el escurrimiento superficial y la erosión en comparación al testigo, por lo tanto se acepta la primera hipótesis planteada en el presente estudio.
 - 2.2 Los menores valores de escorrentía superficial y erosión se registraron en las prácticas acequia con barrera viva y barrera viva, - mostrando con ello ser más efectivos en el control de la escorrentía y la erosión.

2.3 Las prácticas evaluadas con cultivo de frijol son rentables y a largo plazo permiten recuperar los costos de inversión, siendo la barrera viva la que presentó el menor costo de establecimiento; generando a la vez mayor rentabilidad.

3. Del rendimiento del cultivo:

En el tratamiento acequia con barrera viva se registró el mayor rendimiento en relación al testigo; sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos; por lo tanto se rechaza la segunda hipótesis planteada en el presente estudio.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Debido a que los tratamientos acequia con barrera viva y barrera viva, pre sentaron las mejores perspectivas para el área de estudio, se recomienda - continuar con esta investigación, durante tres o cinco años más, para po-- der obtener resultados que sustenten conclusiones más sólidas.

2. Tomando en cuenta que la especie utilizada como barrera viva: Zacatón -- (Panicum maximun) es perseguida por el ataque de la taltuza (Geomys hispi- dus) se recomienda hacer evaluaciones con otras especies aptas de la zona, por ejemplo: Romero (Rosmarinus officinales) y Mirto (Myrthus comunis) que son especies comercializables por los agricultores del área y tienen un - buen desarrollo radicular.

3. En cuanto al mantenimiento de las estructuras, especialmente en los talu- des de la acequia, es conveniente efectuar un chapeo y no remover las ma- lezas con azadón, pues ésto deja al suelo en condiciones de ser arrastra- do fácilmente por el agua de escorrentía.

4. La utilización del método lotes de escurrimiento para la determinación de escurrimiento superficial y erosión, funcionó adecuadamente para el logro de los objetivos del presente estudio, por lo que se recomienda su utili- zación para estudios similares.

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. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. 68 p.
2. BISHOP, C.E.; TOUSSAINT, W.D. 1980. Introducción al análisis de economía agrícola. México, Limusa. 262 p.
3. CABRERA GAILLARD, C.R. 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.
4. CASTAÑEDA AMAYA, L.A. et al. 1983. Diagnóstico de la situación de los recursos naturales de Guatemala. Tikalia (Gua.) 2(1):75-106.
5. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFE (Col.). 1975. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná, Caldas, Col. 267 p.
6. COLEGIO DE POSTGRADUADOS (Mex.). 1982. Manual de conservación del suelo y del agua. 2 ed. Chapingo, Mex. 584 p.
7. CRUZ, J.R. DE LA. 1976. Clasificación de zonas de vida en Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
8. FAO (ITALIA). 1967. La erosión del suelo por el agua; algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Italia. Colección FAO: Cuadernos de Fomento Agropecuario no. 81. 120 p.
9. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1988. Atlas climatológico de la república de Guatemala. Guatemala. 20 p.
10. LOPEZ CHOC, F. 1987. Análisis hidrológico preliminar de las crecidas del río Pensativo. Guatemala, CATIE. 36 p.
11. LOPEZ HERNANDEZ, J.E. 1988. Diagnóstico de la situación actual de los cultivos principales de la aldea San Mateo Miltas Altas, Antigua - Guatemala, Sacatepéquez. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 27 p.
12. MEDINA, E. 1984. Instructivo de prácticas de laboratorio de suelos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 5 p.
13. MILLER, W.P.; TRUMAN, C.C.; LANGDALE, G.W. 1988. Influence of previous erosion on crusting behavior of Cecil soils. Journal of Soil and Water Conservation (EE.UU.) 43(4):338-341.

14. MORALES MERIDA, J.C. 1983. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. 72 p.
15. RAUSCHKOLB, R.S. 1971. Land degradation. Rome. FAO. Soil bulletin no. 13. p. 86-89.
16. REVOLORIO QUEVEDO, A. 1989. Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.
17. SANCHEZ MENDIA, A.Y. 1979. Determinación de escurrimiento superficial y erosión en el suelo del área del proyecto de conservación de suelos Michatoya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 54 p.
18. SHELTON, C.H.; TOMPKINS, F.D.; TYLER, D.D. 1983. Soil erosion from five soybean tillage systems. Journal of Soil and Water Conservation (EE.UU.) 38(5):425-428.
19. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
20. SUAREZ DE CASTRO, F. 1982. Conservación de suelos. 3 ed. San José, C.R., IICA. 315 p.
21. THORNE, D.W.; PETERSON, H.B. 1980. Técnica del riego; fertilidad y explotación de los suelos. Trad. por José Luis Lepe. México, CECSA. 486 p.
22. TRUEBA A., A; TRUEBA C., S.; AMAYA G., M. 1979. Evaluación de la eficiencia de cuatro prácticas mecánicas para reducir las pérdidas de suelo y nutrimentos por erosión hídrica en terrenos agrícolas de temporal. Agrociencia (Mex.) no. 38:89-100.
23. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS. 1987. Marco conceptual y metodológico de la investigación en cuencas hidrográficas. Guatemala. 38 p.

Vo. Go.
Patualle



X. ANEXO

ANEXO I

Cuadro 11A. Escorrentía superficial (m^3/ha) para tratamientos y repeticiones. parcelas de escorrentía. San Mateo Milpas Altas. 1988.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
Acequía con B.V.	8.54	8.76	10.33	7.79	8.89	44.31	8.86
Camellón con Ac.	12.81	12.71	13.36	14.07	9.37	62.32	12.46
Barrera viva	11.84	12.87	15.65	14.85	11.67	66.88	13.38
Testigo	15.65	16.36	19.17	20.52	17.30	89.00	17.80

Cuadro 12A. Escorrentía superficial (%) para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía, San Mateo Milpas Altas. 1988.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
Acequías con B.V.	4.64	5.29	6.16	4.45	5.51	26.05	5.21
Camellón con Ac.	7.05	7.29	7.40	7.72	5.37	34.83	6.97
Barrera viva	8.02	7.84	9.59	8.40	6.93	40.78	8.16
Testigo	9.52	11.26	9.54	11.74	11.17	53.23	10.65

Cuadro 13A. Sedimentos totales (ton/ha) para tratamientos y repeticiones.
Parcelas de escorrentía, San Mateo Milpas Altas. 1988.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
Acequía con B.V.	0.18	0.36	0.22	0.35	0.20	1.31	0.26
Camellón con Ac.	0.28	0.48	0.20	0.41	0.23	1.60	0.32
Barrera viva	0.10	0.30	0.20	0.34	0.14	1.08	0.22
Testigo	0.41	0.71	0.80	0.58	0.59	3.09	0.62

Cuadro 14A. Rendimiento en grano de frijol (kg/ha) para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía, San Mateo Milpas Altas, 1988.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	\bar{X}
	I	II	III	IV	V		
Acequía con B.V.	1514.28	2076.19	3000.00	1742.86	1733.33	10066.66	2013.33
Camellón con Ac.	1780.95	1942.86	2514.28	1514.28	1714.28	9466.65	1893.33
Barrera viva	2076.19	2190.48	2123.81	1428.57	1619.05	9438.10	1887.62
Testigo	2323.81	2485.71	1733.33	1352.38	1323.81	9219.04	1843.81

ANEXO II

Cuadro 15A. Análisis de fertilidad al inicio del experimento, para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía, San Mateo Milpas Altas. 1988.

TRAT.	REP.	P	ppm			Ca	Meq/100 ml		\bar{X}
			\bar{X}	K	\bar{X}		\bar{X}	Mg	
Ac+Bv	I	2.50	6.25	263	195.2	5.22	5.19	1.47	1.34
	II	4.17		253		6.60		1.68	
	III	6.67		210		4.62		1.23	
	IV	3.33		105		3.99		0.99	
	V	14.58		145		5.52		1.32	
Cc+Ac	I	4.17	5.83	263	215.8	5.22	5.53	1.32	1.50
	II	6.67		190		5.73		1.77	
	III	1.67		108		3.75		1.23	
	IV	3.33		190		3.75		1.08	
	V	13.33		328		9.21		2.10	
Bv	I	3.33	2.50	125	132.2	4.35	4.68	1.23	1.23
	II	2.50		138		4.98		1.38	
	III	1.67		100		3.99		1.08	
	IV	2.50		113		4.35		1.23	
	V	2.50		185		5.73		1.23	
TESTIGO	I	4.17	7.00	155	205.60	5.52	4.85	1.59	1.31
	II	10.83		360		5.22		1.23	
	III	4.17		118		3.75		1.08	
	IV	12.50		210		6.30		1.77	
	V	3.33		185		3.48		0.87	

Análisis efectuados en el laboratorio de Suelos del ICTA.

Cuadro 16A. Análisis de fertilidad al final del experimento para tratamientos y repeticiones. Parcelas de escorrentía, San Mateo Milpas Altas, 1988.

TRAT.	REP	P	ppm			Meq/100 ml			
			\bar{X}	K	\bar{X}	Ca	\bar{X}	Mg	\bar{X}
Ac+Bv	I	11.10	8.32	126	166.8	3.75	4.16	0.78	0.95
	II	5.79		158		4.67		1.08	
	III	5.79		286		4.92		1.20	
	IV	1.90		126		3.90		1.00	
	V	17.00		138		3.55		0.67	
Cc+Ac	I	21.55	6.16	111	116.4	4.16	4.37	0.78	0.94
	II	1.90		89		3.39		0.65	
	III	4.82		82		4.28		0.90	
	IV	0.00		153		4.92		1.37	
	V	2.55		147		5.08		1.00	
Bv	I	16.47	6.69	269	140.8	5.08	4.47	1.20	1.06
	II	6.76		90		4.28		1.08	
	III	3.84		94		3.90		0.90	
	IV	0.93		129		4.92		1.20	
	V	5.44		122		4.16		0.90	
TESTIGO	I	19.38	10.38	192	160.0	5.94	4.58	1.47	1.09
	II	16.47		153		4.16		1.08	
	III	6.76		94		4.16		0.94	
	IV	5.79		189		4.16		0.90	
	V	3.52		172		4.49		1.08	

Análisis efectuados en el laboratorio de Suelos del ICTA.

Cuadro 17A. Características físicas de los sedimentos, según tratamiento. Parcelas de esorrentía, San Mateo Milpas Altas, 1988.

TRAT.	ARENA	%			gr/cc		%
		LIMO	ARCILLA	2 mm	d.a.	d.r.	
Ac+Bv	49.45	17.87	12.68	3.60	1.26	1.92	27.49
Cc+Ac	53.52	14.87	11.61	6.00	1.09	1.88	42.11
Bv	40.66	24.88	10.84	6.17	1.03	1.94	47.17
Testigo	55.91	27.22	16.87	9.79	1.01	1.83	44.41

Análisis efectuados en el laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía USAC.

Cuadro 18A. Características químicas de los sedimentos, según tratamientos. Parcelas de esorrentía, San Mateo Milpas Altas, 1988.

TRAT.	pH	%		ppm		Meq/100 ml	
		M.O. ^{1/}		P	K	Ca	Mg
Ac+Bv	6.25	7.23		3.82	175.43	4.65	1.33
Cc+Ac	6.22	6.52		4.15	160.37	4.16	1.11
Bv	6.29	6.75		5.01	165.75	5.15	1.32
Testigo	6.39	8.12		4.58	378.40	5.81	1.45

^{1/} Análisis efectuado en el laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía, USAC.

Análisis efectuados en el laboratorio de Suelos del ICTA.

Cuadro 19A. Cantidades de elementos fertilizantes (kg/ha) registrados en los sedimentos, según tratamientos.

TRATAMIENTO	kg/ha	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Acequía con barrera viva	0.011	0.28
Camellón en contorno con acequía	0.015	0.31
Barrera viva	0.012	0.22
Testigo	0.032	1.41

Cuadro 20A. Tabla de datos del Análisis de Correlación entre las principales características de los sedimentos, escurrentía y precipitación pluvial.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	
X1	1.00000	0.53633	0.43065	0.33906	0.02548	0.08039	0.01719	0.01671	0.08650	0.12925	0.38769	0.18936	0.32219	-0.29409	-0.16973	X1 = Escorrentía (%)
	0.0	0.0101	0.0454	0.1227	0.9104	0.7221	0.9395	0.9412	0.7019	0.3665	0.0746	0.3982	0.1437	0.1840	0.4502	X2 = Escorrentía (lts)
X2	0.53633	1.00000	0.60570	0.01812	0.10051	0.07269	-0.09998	-0.17819	-0.06755	-0.36826	0.36760	0.43259	-0.31527	0.36099	0.02319	X3 = Suolo: erosionado (kg)
	0.0101	0.0	0.0028	0.9362	0.6563	0.7479	0.7909	0.4276	0.7652	0.0917	0.0924	0.0443	0.1530	0.0988	0.9184	X4 = Fracción mayor de 2 mm (%)
X3	0.43065	0.60570	1.00000	0.53356	0.64090	0.53530	0.41747	0.31996	0.40187	0.25399	0.61316	0.77355	0.29878	-0.25480	0.52611	X5 = Arcilla (%)
	0.0454	0.0028	0.0	0.0105	0.0013	0.0102	0.7909	0.1466	0.0532	0.2540	0.0024	0.0001	0.1768	0.2525	0.0119	X6 = Limo (%)
X4	0.33906	0.01812	0.53356	1.00000	0.55956	0.58012	0.35062	0.35893	0.45488	0.70303	0.37457	0.44189	0.70777	-0.68628	0.48415	X7 = Arena (%)
	0.1227	0.9362	0.0105	0.0	0.0068	0.0047	0.1096	0.1009	0.0334	0.0003	0.0859	0.0395	0.0002	0.0004	0.0224	X8 = Densidad aparente (gr/cc)
X5	0.02548	0.10051	0.64090	0.55956	1.00000	0.87852	0.71169	0.73617	0.77284	0.61008	0.48291	0.68223	0.47157	-0.44685	0.67411	X9 = Densidad real (gr/cc)
	0.9104	0.6563	0.0013	0.0068	0.0	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0026	0.0228	0.0005	0.0267	0.0371	0.0006	X10 = Materia orgánica (%)
X6	0.08039	0.07269	0.53530	0.58012	0.87852	1.00000	0.38672	0.66944	0.72793	0.53038	0.39205	0.64782	0.44587	-0.41370	0.54286	X11 = Fósforo (ppm)
	0.7221	0.7479	0.0102	0.0047	0.0001	0.0	0.0041	0.0007	0.0001	0.0111	0.0037	0.0011	0.0375	0.0536	0.0090	X12 = Potasio (ppm)
X7	0.01719	-0.09998	0.41747	0.35062	0.71169	0.58672	1.00000	0.85229	0.87012	0.53469	0.48086	0.56843	0.47867	-0.46346	0.51249	X13 = Pendiente (%)
	0.9395	0.7909	0.0532	0.1096	0.0002	0.0041	0.0	0.0001	0.0001	0.0104	0.0235	0.0058	0.0242	0.0298	0.0147	X14 = Intensidad media precipitación (mm/hora)
X8	0.01671	-0.17819	0.31996	0.35893	0.73617	0.66944	0.85229	1.00000	0.97247	0.62403	0.39430	0.44795	0.55010	-0.34318	0.49337	X15 = Precipitación total (mm)
	0.9412	0.4276	0.1466	0.1009	0.0001	0.0007	0.0001	0.0	0.0001	0.0019	0.0694	0.0366	0.0080	0.0090	0.0196	
X9	0.08650	-0.06755	0.40187	0.45488	0.77284	0.72793	0.87012	0.97247	1.00000	0.60719	0.48603	0.56257	0.57146	-0.55766	0.56199	
	0.7019	0.7652	0.0637	0.0334	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0	0.0027	0.0218	0.0064	0.0055	0.0070	0.0065	
X10	0.12925	-0.36826	0.25399	0.70303	0.61008	0.53038	0.53469	0.62403	0.60719	1.00000	0.20984	0.18017	0.86114	-0.86219	0.32978	
	0.3665	0.0917	0.2940	0.0003	0.0026	0.0111	0.0104	0.0019	0.0027	0.0	0.3486	0.4224	0.0001	0.0001	0.0112	
X11	0.38769	0.36760	0.61316	0.37457	0.48291	0.59205	0.48086	0.39430	0.48603	0.20984	1.00000	0.80929	0.30148	-0.26541	0.29914	
	0.0746	0.0924	0.0024	0.0859	0.0228	0.0037	0.0235	0.0694	0.0218	0.3486	0.0	0.0001	0.1727	0.2326	0.1762	
X12	0.18936	0.43259	0.77355	0.44189	0.68223	0.64782	0.56843	0.44795	0.56257	0.18017	0.80929	1.00000	0.28121	-0.23541	0.61688	
	0.3982	0.0443	0.0001	0.0395	0.0003	0.0011	0.0038	0.0366	0.0064	0.4224	0.0001	0.0	0.2049	0.2916	0.0022	
X13	0.32219	-0.31527	0.29878	0.70777	0.47157	0.44587	0.47867	0.55010	0.57146	0.86114	0.30148	0.28121	1.00000	-0.99733	0.57346	
	0.1437	0.1530	0.1768	0.0002	0.0267	0.0375	0.0242	0.0080	0.0055	0.0001	0.1727	0.2049	0.0	0.0001	0.0033	
X14	-0.29409	0.36099	-0.25480	-0.68628	-0.44685	-0.41370	-0.46346	-0.54318	-0.55766	-0.86219	-0.26541	-0.23541	-0.99733	1.00000	-0.55223	
	0.1840	0.0988	0.2525	0.0004	0.0371	0.0536	0.0298	0.0090	0.0070	0.0001	0.2326	0.2916	0.0001	0.0	0.0077	
X15	-0.16973	0.02319	0.52611	0.48415	0.67411	0.54286	0.51249	0.49337	0.56199	0.52978	0.29914	0.61688	0.57346	-0.55223	1.00000	
	0.4502	0.9184	0.0119	0.0224	0.0006	0.0090	0.0147	0.0196	0.0065	0.0112	0.1762	0.0022	0.0053	0.0077	0.0	

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

25-04-1990

RECEIVED
"IMPRIMASE"
201 101

ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO

