

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

**EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE
CONSERVACION DE SUELO Y AGUA, EN DOS
SISTEMAS TRADICIONALES DE CULTIVOS EN
ASOCIO, EN BUENA VISTA, QUESADA, JUTIAPA.**

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

JOSE LUIS SAGÜIL BARRERA

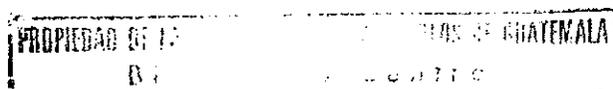
en el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, noviembre de 1995.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	ING. AGR. ROLANDO LARA ALECIO.
VOCAL PRIMERO	ING. AGR. JUAN JOSE CASTILLO MONT.
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR. WALDEMAR NUFIO REYES.
VOCAL TERCERO	ING. AGR. CARLOS ROBERTO MOTTA.
VOCAL CUARTO	P. Agrícola HENRY ESTUARDO ESPAÑA MORALES.
VOCAL QUINTO	Br. MYNOR JOAQUIN BARRIOS OCHAETA.
SECRETARIO a.i.	ING. AGR. GUILLERMO MENDEZ BETETA.

Guatemala, noviembre de 1995.

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

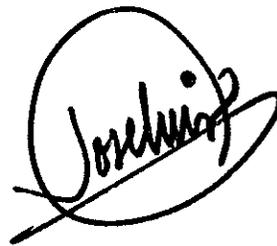
Señores miembros:

En cumplimiento a 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:

EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELO Y AGUA, EN DOS SISTEMAS TRADICIONALES DE CULTIVOS EN ASOCIO, EN BUENA VISTA, QUESADA, JUTIAPA.

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

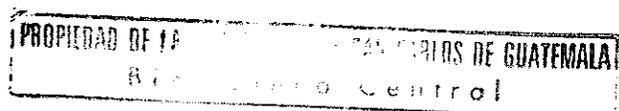
Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Luis Ságuil Barrera', enclosed within a large, loopy circular flourish.

José Luis Ságuil Barrera

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS Eterno y único. Fuente de toda gracia, amor y poder.
- A MIS PADRES Elgidio Armando Ságüil Castillo
María Del Refugio Barrera Enrrríquez
Como un reconocimiento por sus esfuerzos y sacrificios.
|| Infinitas gracias !!
- A MIS HERMANOS Armando, Aroldo, Roberto, Sara y Lucky
Gracias por el apoyo recibido.
- A MIS ABUELITAS Mamá Lola y Mamá Rufa.
Por el cariño recibido.
- A MI NOVIA Patricia Salinas Brenes
Por su amor y apoyo brindados en todo momento.
- A MIS CUÑADAS Ana María y Marleny.
- A MIS SOBRINAS Mimi, Mandy y Marlen María.
- A MIS TIOS Y TIAS En general.
- A MIS PRIMOS Y PRIMAS En general.
- A MIS AMIGOS En especial a los de "El Sindicato" e ICTHUS.



TESIS QUE DEDICO

- A: Dios, quien me creó y me sustenta.
- A: Mis padres: Elgidio Armando Ságüil C. y María del Refugio Barrera E.
- A: Mis hermanos: Armando, Aroldo, Roberto, Sara y Lucky.
- A: Mi familia en general.
- A: Mi novia Patty.
- A: Mi patria Guatemala y dos de sus hermosos departamentos: Izabal y Chiquimula.
- A: La Universidad de San Carlos de Guatemala,
- A: La Facultad de Agronomía de la USAC.
- A: El Centro Universitario de Oriente (CUNORI), Chiquimula.
- A: La Escuela Oficial Rural Mixta "Miguel Angel Asturias" de Quiriguá, Los Amates, Izabal.
- A: Bananera, Morales, Izabal y la Ciudad de Chiquimula, Chiquimula.
- A: Los campesinos guatemaltecos.
- A: Todas aquellas personas interesadas por el uso óptimo de los recursos naturales, en especial el suelo.

AGRADECIMIENTOS

DESEO DEJAR CONSTANCIA DE MI SINCERO AGRADECIMIENTO

- A: Mis asesores: Ing. Agr. M. Sc. Maxdelio Herrera e Ing. Agr. M. Sc. Carlos Heer Arana, por el apoyo incondicional en el asesoramiento para la realización de la presente tesis.
- A: El Proyecto Agrosilvopastoril CATIE/ACDI por el financiamiento del trabajo de campo de esta investigación.
- A: El personal del Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI en Jutiapa, en 1992, Ing. Agr. M. Sc. Carlos Heer Arana, Licda. Claudia Velásquez, Rodolfo Quiñónez e Iris Chavarría, por el apoyo recibido durante la ejecución del trabajo de campo.
- A: El Ing. Agr. Anibal Sacbajá e Ing. Agr. Hugo Rolando Jordán, por el apoyo recibido en la realización de los análisis de laboratorio a las muestras de suelo.
- A: El Instituto Ezra Taft Benson para la Agricultura y Alimentación, por las facilidades otorgadas para el levantado de texto del presente documento.
- A: La Sección Socio-económica de la Dirección de Bienestar Estudiantil de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- A: T.A.E. Lucía Morales de Pinto, T.P.A. Leonidas Ságüil y Sr. Julio Paz, por su colaboración y apoyo recibido.

CONTENIDO GENERAL.

	<i>Pag.</i>
CONTENIDO GENERAL	i
CONTENIDO DE FIGURAS	ii
CONTENIDO DE CUADROS	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL	4
3.2 MARCO REFERENCIAL	14
4. OBJETIVOS	17
5. HIPOTESIS	18
6. METODOLOGIA	19
6.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	19
6.2 SELECCION DE LOS TRATAMIENTOS	21
6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO	22
6.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION	28
7. RESULTADOS	31
7.1 PRECIPITACION PLUVIAL	31
7.2 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	35
7.3 SUELO EROSIONADO	39
7.4 RENDIMIENTO.....	45
7.5 INDICE DE USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA	48
8. CONCLUSIONES	50
9. RECOMENDACIONES	52
10. BIBLIOGRAFIA	53
11. APENDICE	55

INDICE DE FIGURAS.

<i>Fig.</i>	<i>Título</i>	<i>Pag.</i>
1	Localización geográfica de la aldea Buena Vista, en el municipio de Quesada, departamento de Jutiapa	16
2	Esquema de una parcela de escurrimiento establecida en el ensayo	20
3	Sección transversal de las parcelas de esorrentía, mostrando los diferentes tratamientos	23
4	Relaciones entre los porcentajes de frecuencias y láminas de lluvias, clasificadas por su intensidad, registradas durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	34
5	Promedios de escurrimiento superficial en m ³ /ha, registrados en los tratamientos evaluados, 1992	35
6	Promedios de suelo erosionado en ton/ha, registrados en los tratamientos evaluados	41
7	Distribución de las partículas de los sedimentos, de acuerdo al tamaño, por tratamiento	44
8	Rendimiento promedio en kg/ha de los cultivos en los sistemas en asocio evaluados, por tratamiento, 1992	47

INDICE DE CUADROS.

<i>Cuadro</i>	<i>Título</i>	<i>Pag.</i>
1	Promedios de precipitación pluvial mensual en mm, registrados durante la época lluviosa en Quesada, Jutiapa	32
2	Intensidad, frecuencia y lámina precipitada por las lluvias registradas durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	34
3	Promedios de escurrimiento superficial en m ³ /ha, obtenidos para cada tratamiento, durante la época lluviosa de 1992, Quesada, Jutiapa	36
4	Análisis de varianza para los resultados de escurrimiento superficial en m ³ /ha, obtenidos durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	38
5	Prueba de Tukey a las medias de escurrimiento superficial en m ³ /ha, obtenidas de los tratamientos evaluados durante la época lluviosa de 1992 en Quesada Jutiapa	39
6	Promedios de cantidad de suelo erosionado en ton/ha, por tratamiento, durante la época lluviosa de 1992 en Quesada, Jutiapa	40
7	Análisis de varianza de los totales de suelo erosionado en ton/ha, por tratamiento, obtenidos durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	41
8	Prueba de Tukey a las medias de suelo erosionado en ton/ha, registrados en los tratamientos evaluados durante la época lluviosa de 1992, Quesada, Jutiapa	42
9	Promedios de partículas del suelo en porcentaje y densidad aparente en gr/cm ² , del suelo erosionado según tratamiento, durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	43
10	Pérdidas de fertilizantes en kg/ha en el suelo erosionado durante la época lluviosa de 1992, en Quesada, Jutiapa	45
11	Rendimiento promedio en kg/ha de los cultivos por sistema de asocio, obtenidos durante el ciclo agrícola 92/93, Quesada, Jutiapa	46
12	Promedios de rendimiento convertido a precio equivalente referido al cultivo del maíz, obtenidos por tratamiento, durante el ciclo agrícola 92/93, Quesada, Jutiapa.	48
13"A"	Resultados de los análisis de fertilidad a las muestras de suelo erosionado y suelo post-ciclo agrícola 92/93, del área experimental, en Quesada, Jutiapa	56

**EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELO
Y AGUA, EN DOS SISTEMAS TRADICIONALES DE CULTIVOS EN ASOCIO,
EN BUENA VISTA, QUESADA, JUTIAPA.**

**EVALUATION OF THREE SOIL AND WATER CONSERVATION
PRACTICES, IN TWO TRADITIONAL INTERCROPPING SYSTEMS,
IN BUENA VISTA, QUESADA, JUTIAPA.**

RESUMEN

En Jutiapa, específicamente en la zona conocida como trópico seco, se presentan condiciones bio-físicas y socio-económicas, que propician la pérdida del suelo por medio de la erosión hídrica (2, 3, 12, 13, 14, 20).

Debido a que no se cuenta con la información sobre la pérdida del suelo y la evaluación de prácticas que sean cultural y económicamente aceptadas por los agricultores, se planteó la presente investigación, coordinada entre la Facultad de Agronomía de la USAC (FAUSAC) y el Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI.

En el año de 1992 se realizó la evaluación de las prácticas de acequia, barrera viva y acequia-barrera viva, en los dos sistemas tradicionales de cultivos en asocio más utilizados (14), que son maíz-frijol-sorgo (M-F-S) y maíz-sorgo (M-S).

La evaluación se realizó con el fin de determinar la efectividad de las prácticas, con respecto a la práctica tradicional, en el control del escurrimiento superficial y suelo erosionado, cuantificando los valores de estas variables para cada práctica, en los sistemas de cultivos maíz-frijol-sorgo y maíz-sorgo. Por otro lado se planteó también la evaluación del índice de uso equivalente de la tierra (UET) para los dos sistemas de cultivos en asocio.

El método utilizado para medir el escurrimiento superficial y el suelo erosionado fue el de lotes o parcelas de escorrentía. El índice de uso equivalente de la tierra se evaluó por medio del modelo matemático presentado por Delgado (8) y Willey (24).

Durante la época lluviosa de 1992 se tuvo una precipitación de 1229.1 mm (un tanto alto en relación al promedio que es de 1093.2 mm/año). La precipitación se distribuyó en 75 eventos de lluvias, de las cuales el 76% precipitó el 43% la lámina, en intensidades hasta de 15 mm/hora. El restante 24%, precipitó el 57% de lámina, en intensidades de más de 15 mm/hora.

El análisis estadístico de los resultados de escurrimiento superficial y erosión, demuestra que no existen diferencias por el efecto de los sistemas de cultivos. Donde sí existen es en el efecto de las prácticas de conservación.

Cuando no existe práctica de conservación, se produce una escorrentía promedio, para los sistemas de cultivos, de 1308.8 m³/ha. Este volumen disminuye el 12% con barrera viva (1156.2 m³/ha) y el 44% y 49% (634.8 m³/ha y 570.8 m³/ha) con acequia y acequia-barrera viva, respectivamente.

En cuanto al volumen de suelo erosionado, en el tratamiento testigo se registró en promedio, para los dos sistemas de cultivos, de 2.64 ton/ha, (una lámina de 0.20 mm de suelo). En la práctica de barrera viva se obtuvo un valor intermedio de 1.07 ton/ha (40% del testigo), que equivalen a una lámina de 0.08 mm de suelo. Los valores más bajos se lograron en las prácticas de acequia y acequia-barrera viva, con 0.44 y 0.36 ton/ha respectivamente, que equivalen a una lámina de 0.03 mm de suelo.

El mejor índice de uso equivalente de la tierra lo presenta el sistema maíz-frijol-sorgo con 153%, que indica que se necesitaría 1.53 ha más cultivadas de las tres especies en monocultivo, para obtener lo que rindió el asocio. Por otro lado el sistema maíz-sorgo presenta un índice del 77%.

Se concluye que las prácticas de acequia y acequia-barrera viva, son las más eficientes para controlar el escurrimiento superficial y la erosión del suelo. Además, que el sistema de cultivo maíz-frijo-sorgo resulta ser el más eficiente en el uso de la tierra.

1. INTRODUCCION.

Guatemala cuenta con un total de 14 zonas de vida (7), caracterizada cada una por una serie de parámetros físicos y biológicos, que constituyen los recursos que sirven de base para el sustento diario de la población. Esta población se estima en 9.6 millones de habitantes (3). El uso inadecuado que se hace de los recursos naturales, pone en peligro el legado de un nivel de vida aceptable para las próximas generaciones.

En tal sentido, se hace necesario buscar y establecer las prácticas y medidas más acordes a cada región geográfica, que permitan hacer un uso sostenido de los recursos naturales.

El Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI, en coordinación con la Facultad de Agronomía de la USAC, con el propósito de buscar alternativas de manejo de los sistemas de producción en áreas semi-áridas del país, desarrollan desde 1991 un estudio sobre evaluación de prácticas de conservación de suelos en el departamento de Jutiapa. El estudio se encuentra enmarcado dentro de la validación y transferencia de tecnologías aptas para los pequeños agricultores del trópico seco.

Jutiapa es un departamento que posee principalmente áreas semi-áridas, en las que existe un acelerado deterioro de los recursos naturales renovables y en especial del recurso suelo.

En el año 1992 se llevó a cabo la evaluación de tres prácticas de conservación de suelo y agua, en dos sistemas de cultivo tradicionales en la aldea Buena Vista, Quesada, Jutiapa.

El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad de las prácticas de acequia, acequia con barrera viva y barrera viva, en los dos sistemas tradicionales de cultivos asociados más utilizados en el área: maíz-frijol-sorgo (M-F-S) y maíz-sorgo (M-S), para controlar la erosión hídrica. El método que se utilizó para medir la erosión fue el de parcelas de escurrimiento, adaptado a las condiciones del país por investigadores del Instituto de Investigaciones

Agronómicas (IIA) de la FAUSAC.

Además, debido a que en el área de influencia del Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI es común la práctica de cultivos asociados y de éstos los de maíz-frijol-sorgo (M-F-S) y maíz-sorgo (M-S), también se evaluaron estos sistemas de asocio, por medio del índice de uso equivalente de la tierra.

El financiamiento para la evaluación estuvo a cargo del Proyecto Agrosilvopastoril, específicamente de CATIE/ACDI.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El área de influencia del Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI, la región del trópico seco del sur-oriental de Guatemala, presenta condiciones bio-físicas, sociales y económicas, que propician la pérdida del suelo por medio de la erosión hídrica. En el departamento de Jutiapa, se reporta que el 67% de su área total presenta alta susceptibilidad a la erosión (13). A este aspecto se une el de la capacidad erosiva de la lluvia, que a pesar de presentarse en una corta época, (100 a 120 días) (12), presenta índices de erosividad que van de 1565.7 a 8113.5 MJ.mm/ha.año (20), contándose en ocasiones con lluvias de gran intensidad, que tienden provocar una mayor erosión de los suelos.

Los agricultores del área realizan sus cultivos en varios sistemas de asocio, ocupando el 75% del total de área para la práctica de estos sistemas. De los sistemas de cultivos, los más comunes son el maíz-frijol-sorgo y el maíz-sorgo (4,14).

Además, el 44.1% del total de superficie cultivada en asocio, se encuentra ocupando terrenos marginales, que poseen pendientes mayores del 12% (14).

Hasta el momento no se cuenta con datos de pérdida de suelos por erosión, ni del efecto que producen los cultivos asociados en dicho proceso. Tampoco se han evaluado prácticas o métodos de conservación del suelo y agua, que sean cultural y económicamente aceptados por los pequeños y medianos agricultores de la región.

Por otro lado, los sistemas de cultivos asociados que más se practican en el área (maíz-frijol-sorgo y maíz-sorgo) no han sido evaluados desde el punto de vista del uso equivalente de la tierra.

3. MARCO TEORICO.

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

En el proceso de la producción agropecuaria, el suelo y el clima constituyen sin lugar a dudas los más importantes medios para dicha actividad. En Guatemala, a pesar de poseer 28.26% del área total con tierras aptas para uso agrícola, la cantidad que se utiliza para estos fines (o usos de la tierra que potencialmente tienen susceptibilidad de erosión y manejo inadecuado) reportada para el año de 1986, es de 32.47% (6) y va en aumento año con año. En la mayor parte se practica una agricultura de subsistencia, que cuenta con una de sus características principales, la de un bajo nivel tecnológico.

El suelo es un recurso natural renovable, o sea que es uno de los recursos naturales que puede regenerarse conforme pasa el tiempo. Es "un cuerpo natural, formado a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y edafizados y de materia orgánica en transformación que cubre la tierra con una capa delgada, y que cuando contiene cantidades apropiadas de agua y aire, puede ofrecer soporte mecánico y sustento para las plantas" (19).

El suelo "es la capa de materiales orgánicos y minerales que cubren la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los alimentos que le son necesarios para su nutrición" (23).

Estos dos conceptos declaran la naturaleza del suelo, misma que le es de importancia al hombre, quien lo utiliza para producir sobre él, especies vegetales que le proveen de alimento, vestido, medicina, techo y otros.

Sin embargo, debido a las formas inapropiadas de uso que se le da al suelo, se provoca su degradación y pérdida. Suárez (23) esboza este problema, anotando que "al comenzar el hombre a explotar el suelo en su provecho, destruye la vegetación protectora, rompe con el

arado la superficie de los terrenos para sembrar especies vegetales especialmente útiles para atender sus necesidades de alimento y abrigo, y somete el suelo al laboreo periódico con herramientas de labranza. Entonces el proceso erosivo adquiere velocidad y se torna muy perjudicial. La naturaleza sigue transformando el material parental en el suelo con la misma parsimoniosa lentitud, en tanto que los agentes transportadores, al encontrar debilitadas las barreras que moderaban su acción aceleran su trabajo hasta límites casi increíbles. Como el hombre obtiene del suelo todos sus alimentos y gran parte de los materiales que utiliza para su abrigo y comodidad, este transporte acelerado de partículas fértiles le afecta de manera directa". Como puede deducirse, uno de los principales y más perjudiciales efectos del uso inadecuado del recurso suelo se manifiesta en lo que es la erosión.

La erosión es un proceso, que cuando se da de manera general, destruye y construye, modelando la superficie en su lento proceso de equilibrio (19). Esto permite que exista un límite máximo aceptable de erosión, que es el que mantiene el nivel de productividad del suelo y se logra cuando la velocidad de pérdida del suelo es igual o menor que su formación (5).

A manera de concepto, se entiende por término **erosión** al proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo, por la acción mecánica del agua, viento y hielo (19). En Guatemala, la erosión más frecuente es la causada por la acción del agua de lluvia, también conocida como **erosión hídrica**.

La erosión hídrica consiste en "la remoción de suelo como consecuencia de la presencia de agua sobre él, sumada al laboreo agrícola realizado por el hombre" (19). "De la cantidad, intensidad y frecuencia de las lluvias, depende el volumen de agua que se desliza en la superficie. El agua que se desliza, denominada **escorrentía**, arrastra consigo las sustancias minerales y orgánicas del suelo, provocando la erosión. La cantidad de suelo que la escorrentía puede arrastrar depende del volumen de ésta y de su velocidad" (19).

Portillo (22) citando a Arias Rojo (1980), anota que la erosión hídrica se clasifica como una categoría del fenómeno de degradación del suelo (proceso que disminuye la capacidad potencial del suelo para producir cuantitativa y cualitativamente bienes y servicios). Dicha erosión se define como la capacidad potencial de la lluvia para provocar arrastre o transporte de partículas del suelo y así causar la erosión. Esta capacidad potencial es debida a la energía de la lluvia, la cual está en función de las características de la misma.

Se conocen varias formas de erosión hídrica. La **erosión por salpicadura**: al chocar las gotas de lluvia contra el suelo. La **erosión laminar**: que consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes del suelo, sobre toda un área. La **erosión en surcos**: que ocurre cuando por pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios, hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar canalículas en el terreno. La **erosión en zanjones o cárcavas**: que se presentan generalmente cuando hay una gran concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno permitiendo que año tras año, vayan ampliándose los surcos formados por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad (9).

Entre los factores que contribuyen con la erosión hídrica están: **la topografía** (grado de desnivel, porcentaje de pendiente o inclinación del terreno), **la lluvia** (con sus características de intensidad, duración y frecuencia), **el suelo** (con sus características y propiedades de capacidad de infiltración que es afectada por la estructura, resistencia a la dispersión y transporte, que son modificadas por la textura y el drenaje que es influenciado por la permeabilidad) y **cubierta vegetal** (que amortigua el impacto de las gotas de lluvia, controla el flujo del agua sobre la superficie e incrementa la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo y la hace aprovechable para sí misma) (5, 19).

FORMAS DE MEDIR LA EROSION:

Como ya se mencionó, la erosión se da en forma laminar, en surcos o en cárcavas (zanjones). Existen varios métodos para cuantificar la pérdida de suelo, al operar estos procesos en un área bajo estudio. Estos pueden enfocarse desde dos puntos: métodos directos y métodos indirectos.

De manera indirecta, la erosión puede estimarse por medio de la ecuación universal para la predicción de la pérdida de suelo (5, 20), que consiste en un modelo matemático para estimar la pérdida del suelo en toneladas por hectárea por año (ton/ha/año).

Los métodos directos son los que permiten estimar la erosión a partir de datos obtenidos directamente en el campo bajo estudio. Entre éstos se tienen: medición de pedestales formados naturalmente bajo piedras, troncos, raíces y otros; por marcaje de piedras fijas, donde se va señalando el nivel del suelo en diferentes períodos. Por medio de corcholatas que son colocadas a nivel del suelo y que luego de determinado tiempo servirán como referencia para obtener el espesor medio de la capa de suelo perdida por erosión. Por medio de clavos y rondanas con los que se ve más indicado también los cambios en la cantidad de suelo en diferentes períodos. Por último, por medio del método de parcelas de escurrimiento.

Las parcelas de escurrimiento constituyen la metodología más confiable para determinar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica (5). A continuación se presenta la metodología de éste, misma que ha sido tomada del Manual de Conservación de Suelos del Colegio de Post-Graduados de Chapingo, México (5).

- a) Se busca y selecciona un área representativa con las condiciones que se desean para determinar la pérdida del suelo por erosión.
- b) Se ubican los lotes o parcelas de escurrimiento, a lo largo de la pendiente principal del terreno y se confinan por medio de láminas de metal o madera, debiéndose procurar que

- queden enterrados y sobresalgan sobre la superficie del terreno de 25 a 30 centímetros.
- c) En la parte baja del lote se coloca un tanque con capacidad tal que permita captar los escurrimientos máximos generados (determinada por el método racional modificado).
 - d) Después de cada día de lluvia, se observa el volumen de escurrimiento, captado en el recipiente graduado y se toma una muestra de un litro.
 - e) Se filtra la muestra y se determina el peso de los sedimentos que acarrió, este se multiplica por el volumen escurrido y se obtiene el total de suelo perdido por erosión.

LA EROSION Y SUS IMPLICACIONES SOCIALES:

Suárez (23), señala que "la erosión no es un fenómeno solamente físico, sino también un problema social y económico. La erosión resulta fundamentalmente de una inadecuada relación entre el suelo y el hombre. Aunque resulta muy difícil dictaminar si muchas de las civilizaciones desaparecidas, debieron su decaimiento y destrucción a la erosión de los suelos. Sea ésta una causa o un efecto, es cosa imposible de aclarar, ya que en los procesos históricos, que se suceden en el transcurso de varias generaciones, interviene una muy compleja combinación de factores de la más variada índole, algunos de los cuales pueden adquirir importancia para los estudiosos modernos. El hecho de que la erosión aparezca cuando comienza a declinar una sociedad es de por sí muy significativo y revela la importancia que debe atribuirse al establecimiento de un adecuado nivel de equilibrio entre el suelo y el hombre".

Existen ciertos factores sociales y económicos que influyen sobre la erosión de los suelos. Entre estos se tiene: el exceso de la población, especialmente la agrícola, el tamaño de las fincas y distribución de la propiedad rural, la tenencia de las tierras, los precios de los productos agrícolas en los mercados, las tradiciones y costumbres, y por último la ignorancia (23).

Los siguientes datos demuestran que en Guatemala se presentan estos factores, que hacen

que sus suelos presenten distintos niveles de susceptibilidad a la erosión. A nivel nacional se tiene una población económicamente activa, en lo que a la actividad agrícola-minera se refiere, que alcanza el 48.6% (3). Para la región del sur-orienté (Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa), se reporta una tasa de crecimiento de 2.5, con una densidad de 100.4 habitantes por kilómetro cuadrado; sin embargo ésta no es uniforme, ya que en el departamento de Jutiapa, que es el más densamente poblado, se tienen 113.4 habitantes por kilómetro cuadrado (2).

La población del sur-orienté en su mayoría es rural. La actividad agrícola ocupa un 64.2% de la población económicamente activa. Reportándose también que en Jutiapa existe un 88.1% de familias pobres (2).

Aspectos socio-económicos como éstos y muchos mas que sería largo de enumerar, manifiestan una presión sobre el suelo, que pone en peligro de ser afectado seriamente por la erosión.

En Jutiapa, se tienen también factores físicos influyentes, tales como el reportado por Guerra (13), quien citando el Estudio para la Reforestación de Guatemala realizado por FAO, anota que en el departamento se cuenta con un 67% de su área total con una alta susceptibilidad a la erosión.

EL MANEJO Y CONSERVACION DE LOS SUELOS:

En consecuencia de lo anotado anteriormente, se ha estado trabajando en encontrar la manera de afrontar el problema de la erosión. Es así como se ha desarrollado toda una disciplina de manejo y conservación de suelos.

Delgado (8), anota que *conservación de suelos* "se define modernamente como la promoción del uso óptimo de la tierra, de acuerdo con su capacidad, con el objeto de recuperar, mantener o mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para garantizar su

productividad y reducir al mínimo su degradación". Además, se dice que son todas las prácticas encaminadas a aumentar las resistencias o disminuir las fuerzas que intervienen en la erosión (23).

Las prácticas existentes pueden dividirse en culturales o agronómicas (distribución de los cultivos, siembra en contorno, siembra en fajas, rotación de cultivos, plantas de cobertura, abonos verdes y barreras vivas) y mecánicas (canales de desviación, terrazas, acequias de ladera y represas para el control de cárcavas) (23). Cada una de las prácticas se ha definido con base en las condiciones del suelo, relieve y ambiente donde se establecerán.

LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS:

Debido a que dentro de las prácticas de tipo agronómico se incluye la distribución de los cultivos en el terreno, y por constituir la forma de cultivos asociados, una forma de distribución de los mismos, se hará una revisión de lo que son los sistemas de cultivos asociados. Aunque como se verá más adelante, los sistemas de cultivos asociados no se originaron como una práctica de conservación de suelos.

Los *cultivos asociados* también son conocidos como *cultivos múltiples*, *multicultivos*, *policultivos*, *cultivos mixtos* o *cultivos en asoció* (14).

Entre las definiciones que de estos términos se han establecido, se presentan las siguientes: Heer (14), citando a Bazán (1976) anota que es la distribución espacial en que se encuentran dos o más cultivos simultáneamente en una misma área de terreno, con grado variable de sobreposición en el tiempo". Willey (24), por su lado los define como el cultivo de dos (o más) especies sembradas simultáneamente en la misma área del terreno, que no necesariamente son sembrados al mismo tiempo y que al momento de su cosecha puede ser muy diferente, además de que suelen ser "simultáneos" para una parte de su período de

crecimiento.

Los cultivos asociados han sido reconocidos como una práctica muy común, desarrollada sobre todo en los trópicos, que mantiene una producción sostenida durante los 365 días del año (8, 24).

Históricamente han sido considerados como una práctica primitiva que daría paso a los cultivos solos (o monocultivos), como parte del natural e inevitable desarrollo de la agricultura. Sin embargo, más recientemente se ha reportado que los cultivos asociados permanecen como una práctica extremadamente difundida y probablemente continúe así por lo menos en el futuro previsible (24).

En Guatemala, Heer (14), citando a varios autores (Bazán 1976; Girard 1977; Puleston 1979), anota que la práctica de cultivos en asocio se da desde la época de los Mayas, quienes además de asociar especies agrícolas (especialmente maíz y frijol), lo hacían con especies forestales (por ejemplo el ramón -*Brosimum alicastrum*-). Durante la época colonial, se supone que esta práctica se mantuvo debido al hecho de que, por tener que realizar el pago de tributos impuestos por la Corona, los nativos debían realizar diferentes trabajos en las haciendas de los españoles. Esto les hacía abandonar sus tierras y, "como consecuencia, para obtener la alimentación básica de la familia, era más adecuado sembrar varios cultivos para aprovechar en una mejor forma el año agrícola" (14).

Los cultivos asociados poseen ventajas en el rendimiento comparado con los monocultivos. Ventajas tales como la de la estabilidad en el rendimiento en diferentes temporadas, que es de particular importancia para los agricultores de subsistencia (24).

Entre las causas de esas ventajas en el rendimiento, se mencionan el uso óptimo de los recursos de crecimiento (luz, nutrientes, agua y nitrógeno -en combinaciones leguminosas/no leguminosas-), mejor control de plagas y enfermedades, soporte físico y protección entre los

cultivos, amplia cobertura de hojas que da mejor protección al suelo contra la erosión (24).

Entre las desventajas de los cultivos asociados se menciona el decremento en el rendimiento individual debido a efectos adversos de competitividad y en ciertos casos de alelopatía. La desventaja mas seria en que se piensa a menudo es en las dificultades concernientes al manejo de prácticas agronómicas de los cultivos asociados, especialmente donde hay un alto grado de mecanización o donde los cultivos componentes del asocio tienen diferentes requerimientos de fertilizante, herbicidas, pesticidas y otros, dificultades que son típicamente asociadas con la agricultura más desarrollada (24).

Al relacionar los sistemas de cultivos asociados con prácticas de conservación de suelos, Delgado (8) presenta ciertas premisas que son fundamentales y que permiten una buena selección de cultivos a asociar, que son:

- a) es conveniente que los cultivos a intercalar presenten rangos amplios de variabilidad en sus períodos de crecimiento, permitiendo un uso más eficiente del tiempo, facilitando el escalonamiento de la siembra y la cosecha, además de proporcionar una cobertura permanente del suelo;
- b) conviene seleccionar cultivos que difieran en sus características botánicas, fisiológicas y de exigencias culturales a fin de utilizar mejor el espacio y disminuir los riesgos de plagas y enfermedades;
- c) incluir cultivos tradicionales en el trópico, para hacer menos riesgoso el sistema de producción de cultivos múltiples; y
- d) escoger las mejores variedades de los diferentes cultivos y las mejores épocas de siembra.

En cuanto al rendimiento, los cultivos asociados no producen cosechas tan altas como lo harían si se sembrasen separadamente (en monocultivo), pero la suma de las cosechas totales

por unidad de superficie y anuales será mayor. De manera que se han propuesto varias formas para evaluar los cultivos asociados (8). El más importante de ellos lo constituye el *índice de uso equivalente de la tierra (UET)*.

Delgado (8) define el índice de uso equivalente de la tierra como "el número de hectáreas de un cultivo sembrado en monocultivo que se necesitará para producir lo que produce una hectárea del mismo cultivo sembrado en asociación con otro". Por su lado Willey (24), dice que el UET puede ser definido como el área de tierra sembrada bajo monocultivo que es requerida para producir el rendimiento alcanzado en cultivos en asocio y donde el nivel de manejo de los cultivos es el mismo para ambos.

El término de uso equivalente de la tierra se aplica usualmente al rendimiento combinado de los cultivos en asocio, pero también puede aplicarse al rendimiento de cada uno de los mismos (24).

Delgado y Willey (8, 24) definen el siguiente modelo matemático para determinar el índice de uso equivalente de la tierra:

$$UET = ((\text{RENDIMIENTO DEL CULTIVO EN ASOCIO})/(\text{RENDIMIENTO DEL CULTIVO EN MONOCULTIVO}))$$

3.2 MARCO REFENCIAL.

3.2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA.

El área de trabajo del Proyecto Agrosilvopastoril comprende la zona del departamento de Jutiapa, definida como trópico seco, que incluye a los municipios de Comapa, Conguaco, Jalpatagua, Moyuta, Quesada y Jutiapa.

En general para el departamento de Jutiapa, se presentan las características siguientes. En cuanto los aspectos socio-económicos, se reporta que la tasa de crecimiento de la población es de 2.5, con una densidad de 113.4 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta población en su mayoría es rural. La actividad agrícola ocupa el 64.2% de la población económicamente activa. El 88.1% de familias del departamento de Jutiapa se clasifican como pobres (pobreza y pobreza extrema) (2).

Sobre los aspectos físicos, se tiene que en el área la mayor parte de sus suelos se clasifican entre las clases agrológicas IV y VII principalmente. Estos suelos se han desarrollados sobre cenizas volcánicas, que además presentan en su mayor parte rocas volcánicas sin dividir, predominantemente Mio-Plioceno y que incluyen tobas coladas de lava material lahárico y sedimentos volcánicos, originadas en el terciario y cuaternario (10).

El uso actual del suelo es principalmente para cultivos anuales, en menor cantidad para pastos y bosque. El 67% del área total del departamento presenta alta susceptibilidad a la erosión (10, 13).

3.2.2 CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL.

El sitio experimental se localizó en la aldea Buena Vista, municipio de Quesada, Jutiapa, tal y como se observa gráficamente en la figura 1.



FIGURA 1: Localización geográfica de la aldea Buena Vista, en el municipio de Quesada, departamento de Jutiapa, Guatemala.

De acuerdo al Diccionario Geográfico de Guatemala (11), la aldea Buena Vista se encuentra a 102 km de la Ciudad de Guatemala, sobre la ruta interamericana CA-1, a 2.5 km por camino de revestimiento suelto al oeste-suroeste de la cabecera municipal de Quesada, y a una altitud de 980 metros sobre el nivel del mar. Su localización geográfica es de 14° 15' 40" latitud norte y 90° 01' 14" longitud oeste.

Ecológicamente se encuentra localizada en la zona de vida, clasificada por De La Cruz (7) como bosque seco subtropical. El sitio experimental se ubica sobre el cerro Buena Vista, en dirección sur-este a nor-oeste, con una pendiente del 26%.

En cuanto a sus condiciones climáticas generales, el Atlas Climatológico de la República de Guatemala (12), reporta entre 100 y 120 días de lluvia al año, una temperatura media anual que se sitúa entre 20 y 25 °C, una humedad relativa media anual de 75%, evapotranspiración potencial (según Hargreaves) entre 1,800 y 2,600 mm y un brillo solar de 200 horas sol.

El área donde se encuentra el sitio, se localiza fisiográficamente en la zona de la planicie central o tierras altas volcánicas. En lo que se relaciona a la hidrología, se encuentra en la cuenca del río Paz, en la vertiente del pacífico. (10)

El suelo del área experimental se clasifica, se acuerdo a la Taxonomía de Suelos, como *typic ustropept*, desarrollado bajo un régimen de humedad ústico (el suelo está seco entre 90 y 180 días) y un régimen de temperatura isohipertérmico (con temperaturas promedio del ambiente mayor de 22 °C y la medias de verano e invierno difieren menos de 5 °C). En el Apéndice 1A se presenta la descripción del perfil del suelo del área.

4. OBJETIVOS.

4.1 GENERAL.

Contribuir mediante la investigación en manejo y conservación de suelo y agua a proponer medidas para hacer un uso racional de los recursos en los sistemas agrícolas tradicionales del trópico seco del sur-orienté de Guatemala.

4.2 ESPECIFICOS.

- 4.2.1** Determinar la efectividad de tres prácticas de conservación de suelos, bajo dos sistemas tradicionales de cultivos en asocio, para controlar el escurrimiento superficial y la erosión del suelo, con respecto a la práctica usual utilizada en el área.
- 4.2.2** Determinar los volúmenes de escurrimiento superficial y suelo erosionado provocados por la precipitación pluvial en las prácticas de acequia, barrera viva, acequia-barrera viva y manejo tradicional, en los sistemas de cultivos en asocio de maíz-frijol-sorgo y maíz-sorgo.
- 4.2.3** Evaluar el índice de uso equivalente de la tierra de los sistemas de cultivos asociados maíz-frijol-sorgo y maíz-sorgo, con respecto al de maíz, frijol y sorgo en monocultivo.

5. HIPOTESIS.

- 1. Al menos una de las prácticas de conservación de suelos en uno de los sistemas de cultivos en asocio, reduce el escurrimiento superficial y la erosión hídrica del suelo, con respecto a la práctica de manejo tradicional utilizada en el área.**
- 2. No existe diferencia en el índice de uso equivalente de la tierra entre las prácticas de siembra de cultivos en asocio: maíz-frijol-sorgo y maíz-sorgo y la siembra de maíz, frijol y sorgo en monocultivo.**

6. METODOLOGIA.

6.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.

La evaluación de las prácticas de conservación de suelos se hizo por medio del método de lotes o parcelas de escurrimiento.

Se contó con parcelas individuales de 60 m² de área, en forma rectangular (10 m x 6 m) cada una. El área fue ajustada a la forma y tamaño del terreno disponible y al diseño experimental utilizado.

Las parcelas fueron delimitadas y aisladas con tablas de madera (lepa). Estas fueron enterradas parcialmente, con el fin de dejar sobre la superficie del suelo, una porción de 20 cm aproximadamente, y fueron fijadas con la ayuda de estacas en ambos lados de cada una de ellas. En la figura 2 se presenta el esquema de una parcela establecida en el terreno.

Cada una de las parcelas de escurrimiento estaba compuesta por un sistema colector de agua y sedimentos, basado en la metodología seguida por Pineda (21).

a) canal colector:

Consistía en una zanja de forma trapezoidal, que se encontraba en la parte baja de la parcela. Debido a los tipos de práctica de conservación de suelos evaluadas, ciertos canales colectores fueron cubiertos con una película de polietileno (nylon), a excepción de las que contaban con las prácticas de acequia (acequia y acequia-barrera viva).

b. canal de evacuación:

Consistía en un canal semicircular, de lámina de cinc, de 0.7 m de largo, que conducía el agua y sedimentos recogidos por los canales colectores, hacia a los recipientes colectores.

c. recipientes colectores:

Como recipientes colectores se utilizó toneles de 200 litros de capacidad, instalando dos

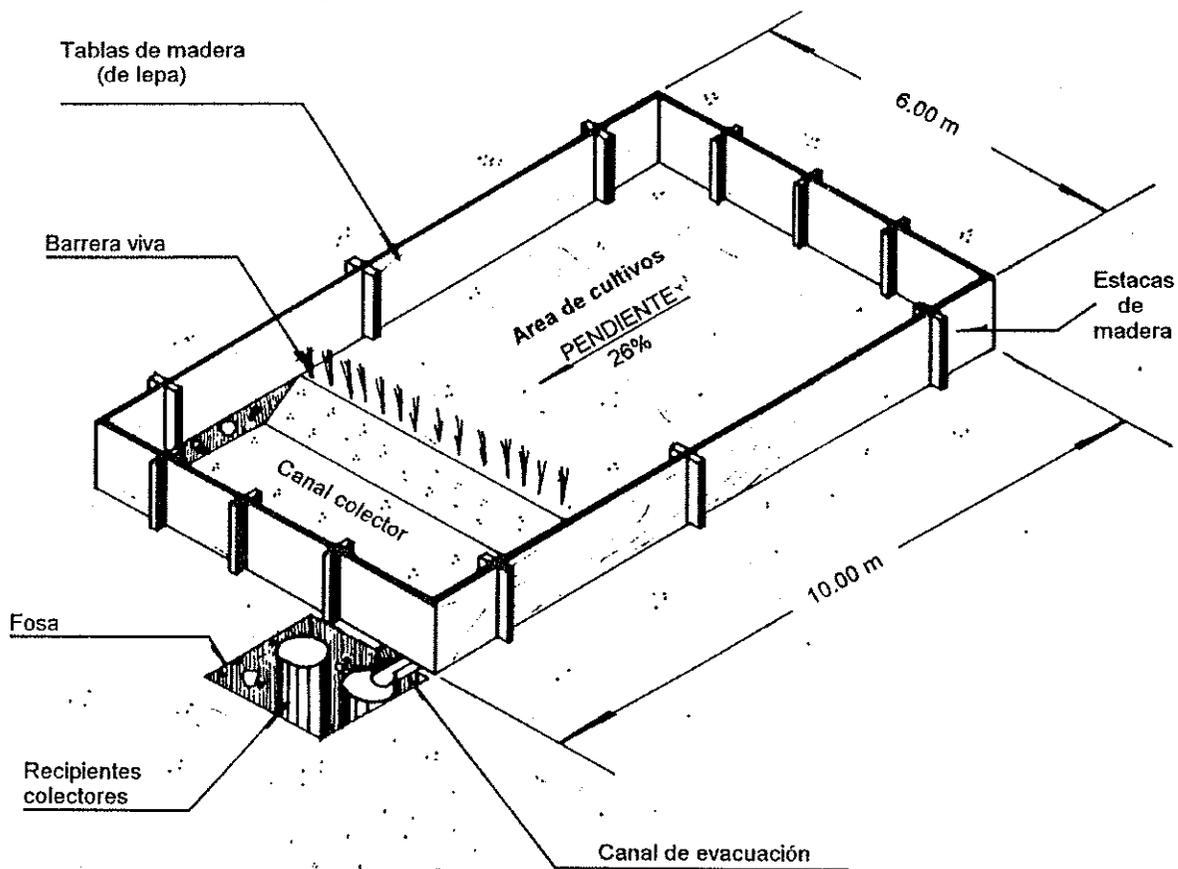


FIGURA 2: Esquema de una parcela de escurrimiento establecida en el ensayo

toneles por cada parcela, número determinado a través del método racional modificado, definido en el Manual de Conservación de Suelos del Colegio de Post-Graduados de Chapingo (5). Los toneles estaban colocados en agujeros de 1.5 m³, a una altura de 10 cm por debajo del nivel del canal de evacuación. Ambos toneles se encontraban conectados en su parte superior, por medio de un tubo de pvc de 1 pulgada de diámetro.

6.2 SELECCION DE LOS TRATAMIENTOS.

Los tratamientos que se evaluaron fueron seleccionados con base en las características de los suelos, aspectos agronómicos y socio-económicos del área, considerándose para ello dos factores en el arreglo de los tratamientos que son las prácticas de conservación de suelos y los dos sistemas tradicionales de cultivos en asocio más utilizados. Los tratamientos (factores con sus respectivos niveles) son:

FACTOR "A": Prácticas de conservación de suelos.

-acequia;

-barrera viva;

-acequia con barrera viva; y

-testigo (sistema tradicional en el área, que no utiliza práctica de conservación de suelos).

FACTOR "B": Sistemas de cultivos en asocio:

-asocio maíz-frijol-sorgo (M-F-S); y

-asocio maíz-sorgo (M-S).

En la figura 3 se presenta el esquema de la sección transversal de las parcelas, mostrando los tratamientos, tal y como fueron establecidos en el área experimental.

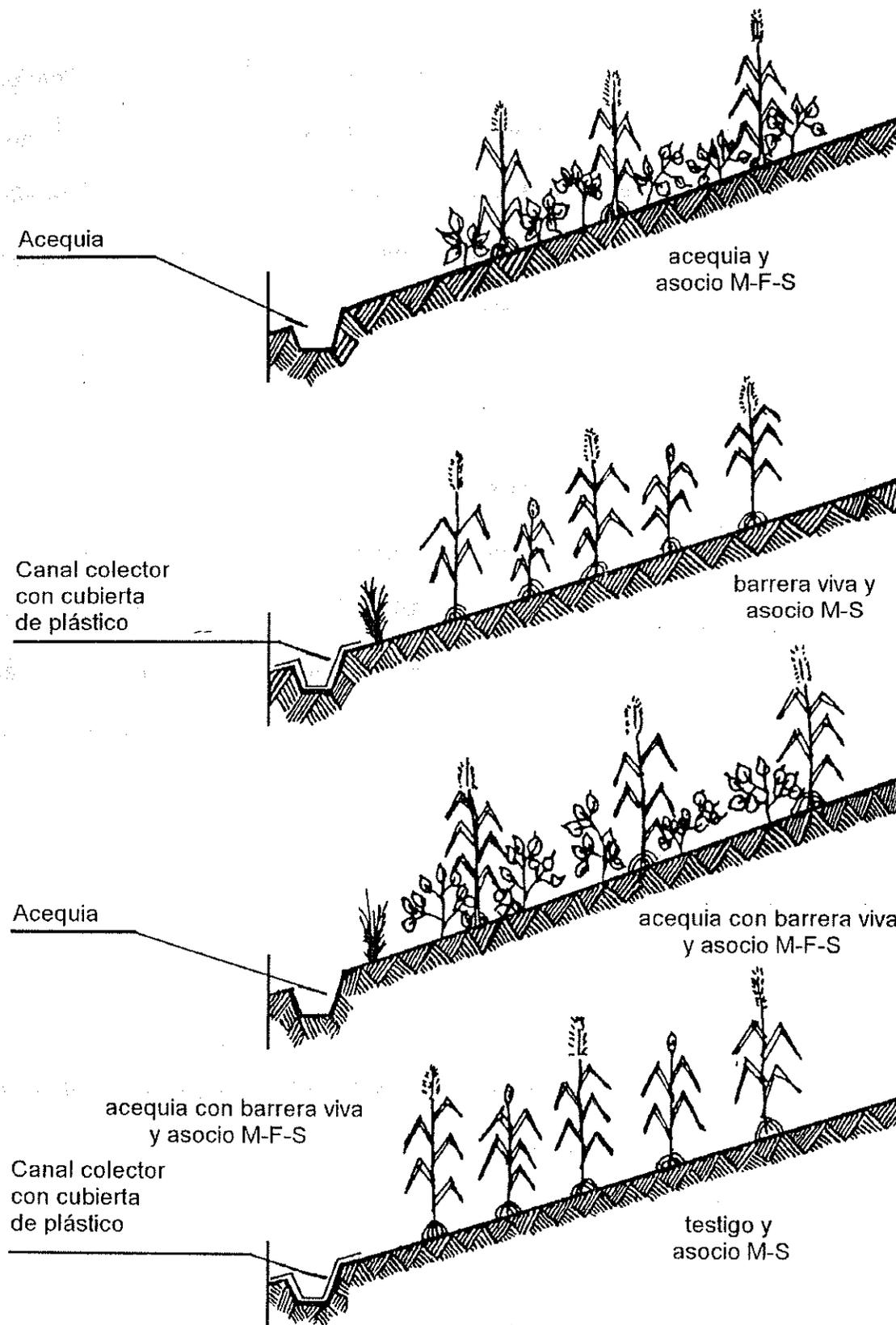


FIGURA 3: Sección transversal de las parcelas de escorrentía mostrando los diferentes tratamientos

6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO.

6.3.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS.

Se limpiaron y remodelaron las acequias, instalándose el polietileno en los canales colectores de los tratamientos que no evaluarían el efecto de la acequia (barrera viva y testigo).

Asímismo, se sembró la barrera viva, utilizándose el pasto *Andropogon gayanus* Kunth., conocido en el área como ICTA-REAL (Gamba, Otofreno, Carimagua, en otros países), que tiene entre sus características la de ser una gramínea forrajera perenne, de buen macollamiento, que se adapta bien en suelos pobres, resistente al pastoreo, la sequía y la quema (15).

6.3.2 SIEMBRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CULTIVOS.

Los cultivos fueron sembrados de acuerdo a la práctica de los sistemas en asocio más utilizados en el área. De acuerdo a lo reportado por Heer (14) son: triple asocio maíz-frijol-sorgo (M-F-S) y doble asocio maíz-sorgo (M-S).

Las variedades de los cultivos que se utilizaron fueron: para maíz la variedad **ICTA B-5**, que es precóz, se cosecha entre los 90 a 100 días después de la siembra, cuya planta no pasa de los dos metros y tiene pocas hojas; para frijol la variedad **ICTA OSTUA**, también es una variedad precóz, se cosecha a los 70 días después de la siembra y su hábito de crecimiento es arbustivo; para sorgo se utilizó la variedad **ICTA JUTIAPA**, que se cosecha a los seis meses después de la siembra y llega a alcanzar una altura de 2.5 metros.

Paralelamente a los cultivos asociados establecidos en las parcelas de escurrimiento, también se sembraron parcelas de similares magnitudes, con maíz, frijol y sorgo en monocultivo. Esto se hizo para determinar el índice de uso equivalente de la tierra (UET).

Las distancias de siembra para los monocultivos fueron: para maíz: 0.5 m entre plantas y 0.9 m entre surcos; para frijol: 0.3 m entre plantas y 0.4 m entre surcos; y para sorgo: 0.4 m entre plantas y 0.8 m entre surcos.

Los cultivos asociados se desarrollaron simultáneamente, dando lugar a que dieran su producción según el ciclo de cultivo de cada uno.

En cada asocio, los cultivos fueron sembrados al mismo tiempo, tal y como lo realizan los agricultores del área (el rango va de 0 a 15 días entre siembras de uno otro cultivo del asocio).

De los tres cultivos, el frijol (para el sistemas M-F-S) fue el primero en desarrollar y cosecharse, debido a que la variedad utilizada es precóz.

Como consecuencia de que la variedad de maíz ICTA B-5, presenta características ideales para el asocio, permitió el desarrollo del frijol y el sorgo, produciendo su cosecha de forma intermedia entre estos dos.

Una vez cosechados el frijol y el maíz, el sorgo por ser una especie fotosensitiva, tuvo la oportunidad de desarrollar y completar su ciclo hasta ser cosechado, seis meses después de su siembra.

Los cultivos fueron manejados de acuerdo a las prácticas agronómicas que realizan los agricultores del área. Entre éstas están las limpieas, fertilizaciones, control de plagas y enfermedades, cosecha y beneficiado.

6.3.3 MEDICION DE LAS VARIABLES.

Las variables que se midieron fueron las siguientes:

1. PRECIPITACION PLUVIAL.

Esta variable se midió por medio de un pluviógrafo de banda semanal de 10 mm. Con éste se llegó a determinar la precipitación pluvial total en milímetros que produjo cada evento de lluvia, así como también la intensidad de los mismos. Para la definición de cada evento de lluvia se siguió el criterio de Wischmeir y Mannering, citados por Apolo (1), en el que se considera como evento independiente, a toda lluvia separada una de otra, por un período de 6 horas, sin precipitaciones mayores de 1 milímetro.

Las precipitaciones se registraron desde junio (cuando se estableció la época lluviosa), hasta noviembre (cuando se produjeron las últimas precipitaciones).

2. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:

Se midió luego de cada evento de lluvia que provocó el escurrimiento de agua hacia dentro de los recipientes colectores. Para esto se utilizó una regla graduada con el sistema métrico decimal, a fin de obtener la altura alcanzada por el agua escurrida, misma medida que junto a la utilización de una tabla con datos de los recipientes colectores, permitía calcular el volumen escurrido, expresado en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha).

3. VOLUMEN DE SUELO EROSIONADO:

Este también se midió con cada evento de lluvia que provocara arrastre. Su determinación se hizo sumando los sólidos en suspensión y los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores (toneles).

Para cuantificar los sólidos en suspensión, se tomó una muestra de 1 litro de agua escurrida en cada recipiente colector. Luego de filtrada el agua, se secó el papel filtro utilizado en un horno de convección a 60 °C por 12 horas. Luego de secada la muestra, se determinó su peso con la ayuda de una balanza analítica. El peso de cada muestra fue convertida a peso del volumen total escurrido por evento.

En cuanto a los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores, luego de recogidos, se procedió a su secado bajo sombra, a fin de que una vez seco el suelo, determinar su peso. La totalidad de suelo erosionado por evento fue expresado en toneladas por hectárea (ton/ha), por evento y tratamiento.

4. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO EROSIONADO.

A todas las muestras de suelo recogidas, se les sometió a diferentes análisis de laboratorio a fin de determinar:

- a) densidad aparente, por medio del método de la probeta (18);
- b) granulometría, por método de Bouyoucus (17); y
- c) análisis de fertilidad por el método de Carolina del Norte.

Estos análisis, que fueron hechos en el Laboratorio de Análisis de Suelo-Planta "Ing. Salvador Castillo O." de la Facultad de Agronomía de la USAC, se realizaron para conocer las características físico-químicas del suelo erosionado y además para determinar si existían diferencias de éstas, en el suelo que erosionó a través de las prácticas de conservación de suelos.

6. RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS:

Una vez llegado el momento de la cosecha para cada cultivo, se procedió a obtener el rendimiento. Para cuestiones de análisis se tomó como base una parcela neta de 28 m² por cada parcela bruta. El rendimiento se determinó con base en el peso seco del grano obtenido en la parcela neta, cuando éste contaba con una humedad del 14%. Los resultados de rendimientos obtenidos se expresaron en kilogramos por hectárea (kg/ha).

6.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION.

A los datos obtenidos se les sometió a los análisis que se detallan a continuación.

1. Escurrimiento superficial y cantidad de suelo erosionado:

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza por medio del diseño experimental de *bloques al azar en arreglo bifactorial de parcelas divididas*, evaluándose 8 tratamientos y 5 repeticiones.

Se analizaron los factores de prácticas de conservación de suelos con cuatro niveles: acequia, acequia con barrera viva, barrera viva y testigo y de sistemas de cultivos en asocio con dos niveles: asocio maíz-frijol-sorgo y asocio maíz-sorgo.

a) Variables de respuesta:

- 1) Escurrimiento superficial en m³/ha.
- 2) Volumen de suelo erosionado en ton/ha.

b) Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \partial_i + A_j + B_k + AB_{(jk)} + \sum_{ijk} + \alpha_{ij}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable respuesta de la ijk -ésima unidad experimental.
- μ = Efecto de la media general.
- ∂_i = Efecto del i -ésimo bloque.
- A_j = Efecto de la j -ésima práctica de conservación de suelos.
- B_k = Efecto del k -ésimo sistema de cultivo en asocio.
- $AB_{(jk)}$ = Efecto de la interacción entre prácticas de conservación de suelos y los sistemas de cultivos en asocio.
- \sum_{ijk} = Error experimental asociado a las parcelas pequeñas o unidades experimentales.
- α_{ij} = Error experimental asociado a las parcelas grandes.
- i = 1, 2, 3, 4.
- j = 1, 2, 3, 4.
- k = 1, 2.

Debido a que se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas, se procedió a la realización de pruebas de medias por el método de **Tukey**. Con esto se llegó a determinar los mejores tratamientos, en cuanto a la efectividad de disminuir la escorrentía superficial y volumen de suelo erosionado.

2. Rendimiento:

Para evaluar el rendimiento, se procedió a convertir los datos de rendimiento individual del cultivo a *precio equivalente referido al cultivo del maíz (P.E.)*, por ser el maíz el cultivo más importante de los que se incluyen en los sistemas de cultivos asociados. La fórmula para la

conversión a precio equivalente, de acuerdo a como lo reporta Cifuentes (4) es la siguiente:

$$P.E. = \frac{\text{precio 1 Kg. X}}{\text{precio 1 Kg. X}} * \text{Kg/Ha X} + \frac{\text{precio 1 Kg Y}}{\text{precio 1 Kg X}} * \text{Kg/Ha X} + \frac{\text{precio 1 Kg Z}}{\text{precio 1 Kg X}} * \text{Kg/Ha Z}$$

Donde X corresponde al cultivo del maíz, Y al cultivo del frijol y Z al cultivo del sorgo.

3. Índice de uso equivalente de la tierra:

El índice de uso equivalente de la tierra para los dos sistemas de cultivos en asocio, fue calculado por medio de la fórmula presentada por Delgado (8) y Willey (24), misma que se presenta a continuación.

$$UET = ((\text{Rendimiento del cultivo en asocio})/(\text{Rendimiento del cultivo en monocultivo}))$$

6.5 ANALISIS DE LA INFORMACION.

El procesamiento de los datos fue realizado con ayuda de paquetes de programas estadísticos computarizados, a través de microcomputadoras del Proyecto Agrosilvopastoril MAGA/CATIE/ACDI y del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la USAC.

7. RESULTADOS.

7.1 PRECIPITACION PLUVIAL.

7.1.1 PRECIPITACION PLUVIAL ANUAL.

Por constituir la precipitación pluvial uno de los agentes erosivos de mayor importancia, se presentan en primer lugar, los datos que se registraron en el área durante la época lluviosa. La información, que se observa en el cuadro 1, muestra los promedios mensuales para la década de 1980-1989, así como también los que corresponden a los años 1990, 1991 y 1992.

Partiendo de esos datos se calcula para el área experimental una precipitación promedio de 1093.2 mm durante la época lluviosa. La época de lluvia se presenta principalmente de los meses de mayo a noviembre. Las mayores cantidades de precipitación se registran en los meses de junio y septiembre.

Para el año de 1992, las lluvias se concentraron básicamente en los meses de junio a octubre. Esto se debió a que la época lluviosa tuvo un atraso en su inicio, estableciéndose hasta el 6 de junio y un final acelerado el 8 de octubre, fecha después de la cual sólo se registraron 3 lluvias aisladas.

Comparando los períodos anuales de lluvia, se observa, que durante el año de evaluación (1992) se registra la más alta cantidad de lluvia, que registra 1244.4 mm. Esto contrasta con el año anterior, donde se registraron únicamente 885.2 mm durante toda la época lluviosa.

CUADRO 1: PROMEDIOS DE PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL EN mm, REGISTRADOS DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA EN QUESADA, JUTIAPA

MES	AÑOS	'80-'89 (*)	1990 (*)	1991 (*)	1992 (**)
MAYO		91.7	191.5	138.6	(*) 15.3
JUNIO		237.5	161.4	261.8	342.8
JULIO		194.8	103.9	44.7	196.4
AGOSTO		199.1	122	104.7	192.3
SEPTIEMBRE		244.9	357.6	140.7	355.6
OCTUBRE		113.4	123.4	189.6	136.1
NOVIEMBRE		12.1	82.4	5.1	5.9
DICIEMBRE		1.9	1.3	0	0
TOTALES		1095.4	1143.5	885.2	1244.4

FUENTE: Registros climatológicos de INSIVUMEH, Estación Quesada (*) y registros obtenidos en el área experimental (**).

7.1.2 INTENSIDAD.

Con base en la información registrada por el pluviógrafo, se calculó la intensidad media de cada una de las lluvias. Para efecto de una mejor interpretación de las intensidades calculadas, éstas se agruparon en cinco clases, en intervalos de 5 mm/hora. Estos datos se presentan en el cuadro 2.

En dicho cuadro se puede observar que en total se presentaron 75 eventos de lluvias. De éstos, el de menor intensidad fue el que registró 1.1 mm/hora, mientras que el de mayor intensidad fue el que registró 65.8 mm/hora.

El 60% de las lluvias presentaron intensidades hasta de 10 mm/hora y únicamente un 24% presentó intensidades mayores de 15 mm/hora. Como se verá mas adelante, las lluvias que provocaron arrastre de sedimentos, se clasifican entre las de intensidades de 15 a 20 mm/hora y mayores de 20 mm/hora.

7.1.3 FRECUENCIA.

En el cuadro 2, además de las intensidades, se presentan las frecuencias de las lluvias, con su respectiva lámina precipitada, ambas, tomando como base la clasificación de intensidades.

En relación a las frecuencias, el 76% de los eventos de lluvia, que presentaron intensidades de hasta 15 mm/hora, tan sólo alcanzaron el 43% de total de la lámina precipitada. Por otro lado, las lluvias que presentaron intensidades de más de 15 mm/hora, que constituyen el 24% del total de eventos de lluvia, alcanzan el 57% de la lámina total precipitada.

Esto indica, que si bien las lluvias de altas intensidades fueron pocas, éstas tuvieron la capacidad de descargar más de la mitad del total de la precipitación registrada.

De los 75 de eventos de lluvia, 31 eventos no provocaron escurrimiento ni erosión, mientras que 44 eventos provocaron escurrimiento. De estos últimos, tan sólo 14 provocaron erosión.

La relación que se da entre la frecuencia de las lluvias con los totales de lámina precipitados, se presenta en la figura 4.



CUADRO 2: INTENSIDAD, FRECUENCIA Y LAMINA PRECIPITADA POR LAS LLUVIAS REGISTRADAS DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA.

INTENSIDAD mm/hora	FRECUENCIA		LAMINA (mm)	
	total	porcentaje	total	porcentaje
0 - 5	20	27	77.2	6
5 - 10	25	33	276.4	23
10 - 15	13	16	174.4	14
15 - 20	7	11	195.4	16
mayor de 20	10	13	505.7	41
TOTAL	75	100	1229.1	100

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

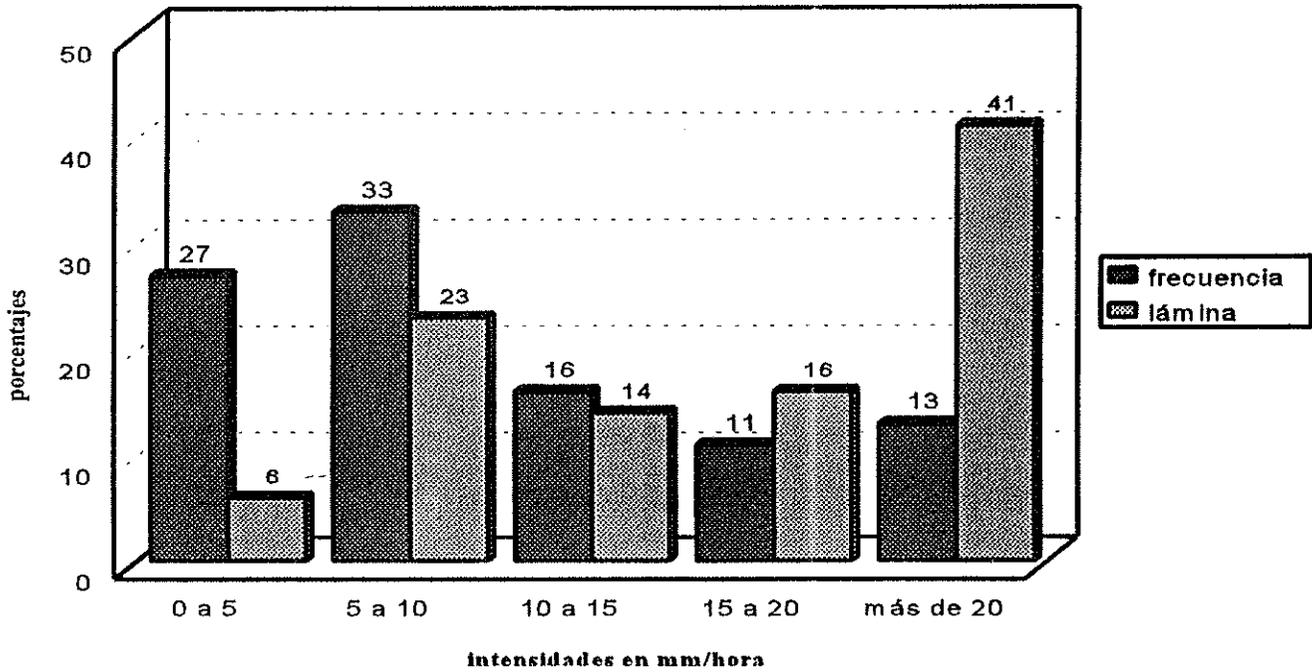


FIGURA 4: Relaciones entre los porcentajes de frecuencias y láminas de lluvias clasificadas por su intensidad, registradas durante la época lluviosa de 1992, Quesada, Jutiapa.

7.2 ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

El escurrimiento superficial varió entre las diferentes prácticas de conservación de suelos evaluadas, no así entre los sistemas de cultivos asociados.

En el cuadro 3, se presentan los resultados promedio que se calcularon para cada uno de los tratamientos. Así, se observa que la práctica de acequia-barrera viva es la que presenta el menor valor de escurrimiento superficial, promediando entre los dos sistemas de cultivo, 570.8 m³/ha, que comparando con los tratamientos testigo, corresponden al 44%.

Por otro lado, con un resultado similar se encuentra la práctica de acequia, donde escurrieron 634.8 m³/ha, en promedio para los dos sistemas de cultivos, que corresponden a un 49% del escurrimiento de los tratamientos testigo.

Así también en la práctica de barrera viva, donde se obtuvo un escurrimiento mayor que el de acequia-barrera viva y acequia, se observó en promedio para los dos sistemas de cultivos de 1156.2 m³/ha, que corresponden al 88% de lo que escurrió en los tratamientos testigo.

El escurrimiento promedio de los tratamientos testigo fue de 1308.8 m³/ha.

En relación a los eventos de lluvia registrados, como se mencionó antes, un total de 44 eventos provocaron escurrimiento superficial, pero de éstos, sólo 11 lo hicieron en las prácticas de barrera viva y testigo, mientras que los restantes 33 eventos lo hicieron en las cuatro prácticas. Esto indica que las prácticas con acequia (acequia-barrera viva y acequia), logran detener el escurrimiento de algunos eventos de lluvia, especialmente los de baja lámina e intensidad.

CUADRO 3: PROMEDIOS DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIAL EN m³/ha OBTENIDOS PARA CADA TRATAMIENTO, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, QUESADA, JUTIAPA.

TRATAMIENTO	ACEQUIA	BARRERA VIVA	Ac-BV	TESTIGO
M-F-S	630.3	1149.0	569.4	1304.2
M-S	639.3	1163.4	572.3	1313.4
PROMEDIO	634.8	1156.2	570.8	1308.8
PORCENTAJE	49	88	44	100

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

Con los totales de escurrimiento se calculó los coeficientes de escorrentía ("c") para cada una de las prácticas, que son los siguientes: 0.11 para la práctica testigo, 0.09 para la práctica de barrera viva y 0.05 para las prácticas de acequia y acequia-barrera viva.

Estos coeficientes muestran que el suelo del área tienen muy buena capacidad de infiltración, ya que del total de lluvia precipitada, en el tratamiento testigo sólo se logró escurrir el 10% de la lámina. Esto se puede explicar además, la frecuencia de las lluvias, el grado de pendiente y la inexistencia de capas duras en el perfil del suelo.

En la figura 5 se puede observar los promedios de escurrimiento superficial, en los que se muestra la diferencia entre los tratamientos, siendo el testigo y barrera viva los que mayor valor presentan.

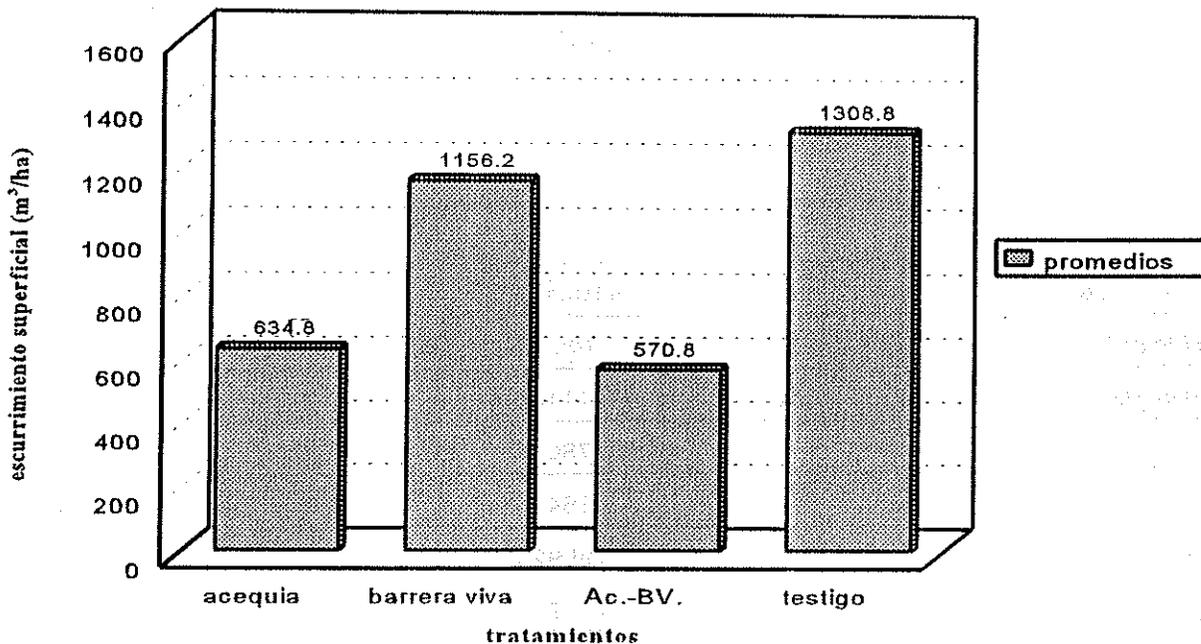


FIGURA 5: Promedios de escurrimiento superficial en m³/ha registrados en los tratamientos evaluados, 1992.

Los datos de escurrimiento superficial fueron analizados estadísticamente. Los resultados de este análisis, se presentan en el cuadro 4. Los mismos indican que existen diferencias significativas entre las prácticas de conservación, pero no así entre sistemas de cultivos asociados.

CUADRO 4: ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS RESULTADOS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN m³/ha OBTENIDOS DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

FUENTE DE VAR.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
BLOQUES	4	1308.4	327.6	
PRACTICAS	3	4102424.3	1367475.4	2202.05 (*)
ERROR PRACTICAS	12	7452.1	621.7	
SUB-TOTAL	19	4111184.8		
SIST. ASOCIADOS	1	780.0	780.0	.0637 ns
PRAC. x S. ASOC.	3	164.5	54.7	0.045 ns
ERROR S. ASOC.	16	19592.8	1224.5	
TOTAL	39	4131720.2		

C.V. (prácticas) = 2.7%

C.V. (sistemas) = 3.8%

ns = no existen diferencias significativas.

* = existen diferencias significativas.

Para conocer qué prácticas de conservación de suelos eran diferentes, se realizó la prueba de medias por el método de Tukey. Estos resultados se muestran en el cuadro 5.

De éste se establece que las prácticas evaluadas contribuyen a disminuir el volumen de escurrimiento superficial. Las prácticas de acequia y acequia-barrera viva, que no presentan diferencias significativas entre sí, disminuyen la cantidad de agua de escurrimiento en alrededor de un 50% de lo que escurre cuando no existe práctica de conservación, mientras que la de barrera viva, la disminuye en alrededor de un 12% en relación, siempre al testigo.

CUADRO 5: PRUEBA DE TUKEY A LAS MEDIAS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN m³/ha, OBTENIDAS DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

TRATAMIENTO	ESCURRIMIENTO MEDIO (m ³ /ha)	TUKEY (al 0.05 de signific.)
TESTIGO	1308.8	a
BARRERA VIVA	1156.2	b
ACEQUIA	634.8	c
ACEQUIA-BARRERA VIVA	570.8	c

Nota: Los tratamientos con igual letra no presentan diferencias estadísticas.

7.3 SUELO EROSIONADO.

7.3.1 CANTIDAD DE SUELO EROSIONADO.

Del total de 75 eventos de lluvias, tan sólo 14 eventos tuvieron la capacidad de provocar erosión en las cuatro prácticas evaluadas. En el cuadro 6, se presentan los totales y promedios de suelo erosionado en Ton/ha en los tratamientos evaluados, así como también los porcentajes relacionados con el total registrado en el tratamiento testigo.

En el mismo cuadro se puede observar que existe un incremento en el total del volúmen de suelo erosionado registrado en cada práctica evaluada (en promedio de los dos sistemas de cultivos, que no presentaron diferencias), en el siguiente orden: acequia-barrera viva, acequia, barrera viva y testigo.

En las prácticas de acequia-barrera viva y acequia, se produjeron volúmenes de erosión de 0.36083 ton/ha y 0.44236 ton/ha respectivamente, que corresponden a una lámina de 0.03 mm de suelo erosionado. La cantidad de suelo erosionado en estas prácticas son 86% y 83% menos en comparación con el tratamiento testigo. A su vez, la práctica de barrera viva, en la

que se registró un volumen de 1.06582 ton/ha de suelo erosionado en promedio para los dos sistemas de cultivos, que corresponde a una lámina de 0.08 mm de suelo y que a la vez es el 60% de lo erosionado en el tratamiento testigo.

En el tratamiento testigo se obtuvo un volumen de 2.64408 ton/ha de suelo erosionado, que corresponde a una lámina de 0.20 mm de suelo.

CUADRO 6: PROMEDIOS DE CANTIDAD DE SUELO EROSIONADO EN ton/ha, POR TRATAMIENTO, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

TRATAMIENTO	ACEQUIA	BARRERA VIVA	Ac-BV	TESTIGO
M-F-S	0.44226	1.05128	0.36756	2.74909
M-S	0.44246	1.08036	0.35410	2.53907
PROMEDIO	0.44236	1.06582	0.36083	2.64408
PORCENTAJE	17	40	14	100

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

Las relaciones anteriores pueden observarse en la figura 6.

Los datos obtenidos por tratamientos y repetición fueron sometidos a un análisis estadístico, cuyos resultados se presentan en el cuadro 7, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de suelo erosionado para cada una de las prácticas, no así entre los sistemas de cultivos asociados.

CUADRO 7: ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TOTALES DE SUELO EROSIONADO EN ton/ha, POR TRATAMIENTO, OBTENIDOS DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

FUENTE DE VAR.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
BLOQUES	4	0.14	0.035	
PRACTICAS	3	33.61	11.203	570.97 *
ERROR PRACTICAS	12	0.24	0.020	
SUB-TOTAL	19	33.99		
SIST. ASOCIADOS	1	0.02	0.024	0.589 ns
PRAC. x S. ASOC.	3	0.09	0.030	0.744 ns
ERROR S. ASOC.	16	0.64	0.040	
TOTAL	39	34.74		

C.V. (prácticas) = 12.4%

C.V. (sistemas) = 17.7%

ns = no existen diferencias significativas.

* = existen diferencias significativas.

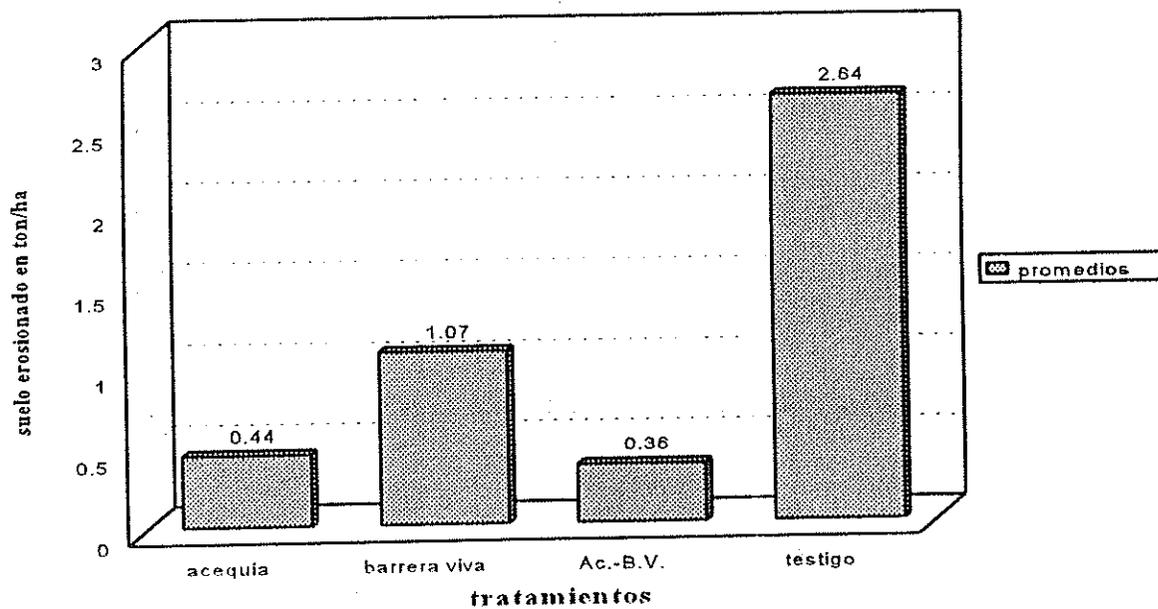


FIGURA 6: Promedios de suelo erosionado en ton/ha registrados en los tratamientos evaluados, 1992.

Para conocer la relación de diferencia entre las prácticas evaluadas, se analizaron las medias por medio de la prueba de Tukey. Los resultados de esta prueba, que se presentan en el cuadro 8, indican que al igual que para el escurrimiento superficial, las prácticas de conservación de suelo evaluadas si contribuyen también para disminuir la erosión del suelo.

CUADRO 8: PRUEBA DE TUKEY A LAS MEDIAS DE SUELO EROSIONADO EN ton/ha, REGISTRADOS EN LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, QUESADA, JUTIAPA

TRATAMIENTO	SUELO EROSIONADO MEDIO	TUKEY (al 0.05 de signific.)
TESTIGO	2.644	a
BARRERA VIVA	1.066	b
ACEQUIA	0.442	c
ACEQUIA-BARRERA VIVA	0.361	c

Nota: Los tratamiēntos con igual letra no presentan diferencias estadísticas.

Comparando la práctica de barrera viva en su eficiencia para disminuir la escorrentía y la erosión, se puede observar que es más efectiva para hacerlo con la erosión. Esto debido a la capacidad de la especie utilizada: ICTA-Real (*Adropogon gayanus* Kunth), de macollar y por lo tanto de cerrar el espacio que ocupan, lo que obstaculiza el paso de partículas sólidas, principalmente.

7.3.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO EROSIONADO.

7.3.2.1 GRANULOMETRIA.

El suelo del área cuando erosiona y no existe práctica de conservación alguna, tiende a arrastrar cantidades relativamente altas de arenas (alrededor de un 64%) y cantidades bajas en

limos y arcillas (23% y 13% respectivamente). Esto se da como consecuencia de que la textura de los horizontes superficiales es franco-arenosa.

Para la evaluación realizada, en la práctica de acequia-barrera viva, en el suelo erosionado las arenas se pierden en 55%, los limos en 29% y las arcillas en 16%. Esto cambia en las prácticas de acequia y barrera viva, aumentando en arenas en 57% y 63%, limos en 27% y 24% y arcillas en 16% y 13%. El efecto de la acequia puede notarse en el hecho de que además disminuir la erosión del suelo, permite la sedimentación de la fracción gruesa. A pesar de presentar más alto porcentaje de las fracciones media y fina en comparación con el tratamiento testigo la proporción es menor.

Esto se puede observar en el cuadro 9, donde se hace una presentación de los resultados promedios para cada uno de los tratamientos. Además, se presentan en la figura 9, de manera gráfica las diferencias entre los resultados de cada una de las partículas, incluyendo las de diámetro de más de dos milímetros.

CUADRO 9: PROMEDIOS DE PARTICULAS DEL SUELO EN PORCENTAJE Y DENSIDAD APARENTE EN gr/cm^3 , DEL SUELO EROSIONADO SEGUN TRATAMIENTO, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

TRATAMIENTO FRACCION	ACEQUIA		BARRERA VIVA		Ac-BV		TESTIGO	
	M-F-S	M-S	M-F-S	M-S	M-F-S	M-S	M-F-S	M-S
ARENAS	58.4	54.9	63.7	61.8	54.0	56.0	63.6	64.5
LIMOS	26.5	28.4	22.8	24.8	30.0	28.0	23.3	22.1
ARCILLAS	15.1	16.7	13.5	12.9	16.0	16.0	13.1	13.4
> 2 milímetros	20.8	21.9	25.0	25.8	18.8	19.0	28.0	28.7
DENSIDAD AP.	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
CLASE TEXTURAL	Fco.- arenoso							

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

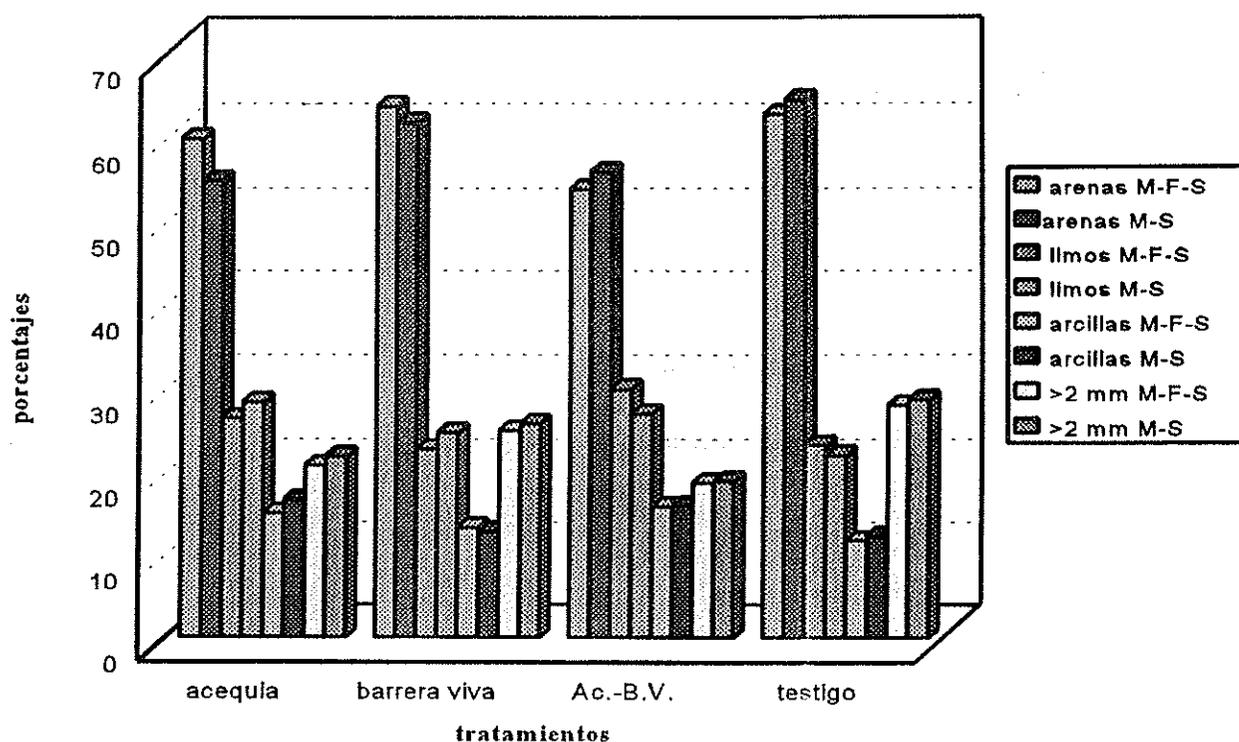


FIGURA 7: Distribución de las partículas de los sedimentos de acuerdo al tamaño por tratamiento, 1992.

7.3.2.1 ESTIMACION DE LA PERDIDA DE FERTILIDAD DEL SUELO.

La estimación de la pérdida de fertilidad del suelo se hizo únicamente con base las concentraciones de fósforo y potasio de los sedimentos erosionados. De estos se promediaron los resultados obtenidos por sistema de cultivo, para cada práctica de conservación de suelos.

En el cuadro 10 se presenta los datos estimados de pérdida de los elementos mencionados, que fueron convertidos a fertilizantes. Estos fueron estimados a partir de los datos obtenidos en análisis de fertilidad de las muestras de suelo, mismos que se presentan en el apéndice 2-A.

Como puede observarse, para el caso del fósforo en su forma de P_2O_5 , existe una

diferencia de 2:1 entre lo que se pierde entre la práctica testigo y la práctica acequia-barrera viva, lo que demuestra una sensible disminución en la cantidad perdida, de 51 kg (1.12 qq) de P_2O_5 /ha cuando no existe práctica de conservación de suelos a 26 kg (0.57 qq) de P_2O_5 /ha cuando se maneja el suelo con acequia-barrera viva. Esto a pesar de considerarse que la pérdida fuera relativamente baja.

Por otro lado para el caso del potasio, no existe gran diferencia entre las cantidades que se pierden en los sedimentos erosionados ya sea que exista o no práctica de conservación del suelo. Las pérdidas van desde los 1470 kg (32 qq) de K_2O en el caso de acequia-barrera viva, hasta los 1557 kg (34 qq) de K_2O en el caso de acequia.

CUADRO 10: PERDIDAS DE FERTILIZANTES EN kg/ha EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA DE 1992, EN QUESADA, JUTIAPA

PRACTICA	FERTILIZANTE EN kg/ha	
	P_2O_5	K_2O
ACEQUIA-BARRERA VIVA	26	1,470
ACEQUIA	29	1,557
BARRERA VIVA	50	1,476
TESTIGO	51	1,523

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

7.4 RENDIMIENTO.

El rendimiento de los cultivos en los sistemas en asocio se evalúan por medio del cálculo del precio equivalente. Para determinar el precio equivalente se utilizó los rendimientos promedio de las parcelas cultivadas con maíz, frijol y sorgo en monocultivo. Estas parcelas se utilizaron únicamente para comparar sus rendimientos con los de los sistemas asociados. Los rendimientos de

éstas fueron: *maíz en monocultivo* = 2151 kg/ha (47 qq/ha); *frijol en monocultivo* = 913 kg/ha (20 qq/ha) y *sorgo en monocultivo* = 4000 kg/ha (88 qq/ha).

El rendimiento promedio en kilogramos por hectárea (kg/ha) obtenido por cada cultivo en asocio por tratamiento, es presentado en el cuadro 11. Luego estos fueron convertidos a precio equivalente referido al cultivo del maíz, por ser éste el cultivo más importante de los que se incluye en los sistemas de policultivos evaluados. Para ambos sistemas, se consideraron los siguientes precios promedio (que se encontraban vigentes en el mercado en septiembre de 1992 para el frijol, octubre de 1992 para el maíz y febrero de 1993 para el sorgo): maíz: Q 0.60 el kilogramo (Q 30.00/qq); frijol: Q 2.20 el kilogramo (Q 100.00/qq); y sorgo: Q 0.59 el kilogramo (Q 27.00/qq).

CUADRO 11: RENDIMIENTO PROMEDIO EN kg/ha DE LOS CULTIVOS POR SISTEMA DE ASOCIO, OBTENIDOS DURANTE EL CICLO AGRICOLA 92/93, QUESADA, JUTIAPA.

CULTIVO-SIST.AS. PRACTICA	MAIZ		FRIJOL		SORGO	
	M-F-S	M-S	M-F-S	M-S	M-F-S	M-S
ACEQUIA	882.6	1197.4	738.6	-----	1400	990.8
BARRERA VIVA	933.1	1164.3	725.4	-----	1360	998.6
Ac.-B. VIVA	858.3	1086.1	758.8	-----	1380	1026
TESTIGO	848.2	1148.6	767.5	-----	1400	987.6

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

En el cuadro 12 se reportan los promedios de rendimiento en precio equivalente referido al cultivo del maíz, por tratamiento. Como se puede notar, prácticamente no existe diferencia de esta variable entre prácticas.

Donde si existe diferencia es entre los sistemas de cultivos asociados, que es de alrededor

de un 45% menos para el sistema maíz-sorgo (M-S) con relación al rendimiento del sistema maíz-frijol-sorgo (M-F-S).

La figura 8 muestra de manera gráfica los valores en rendimientos medidos en kg/ha, alcanzados por los cultivos incluidos en cada sistema en asocio, por tratamiento evaluado.

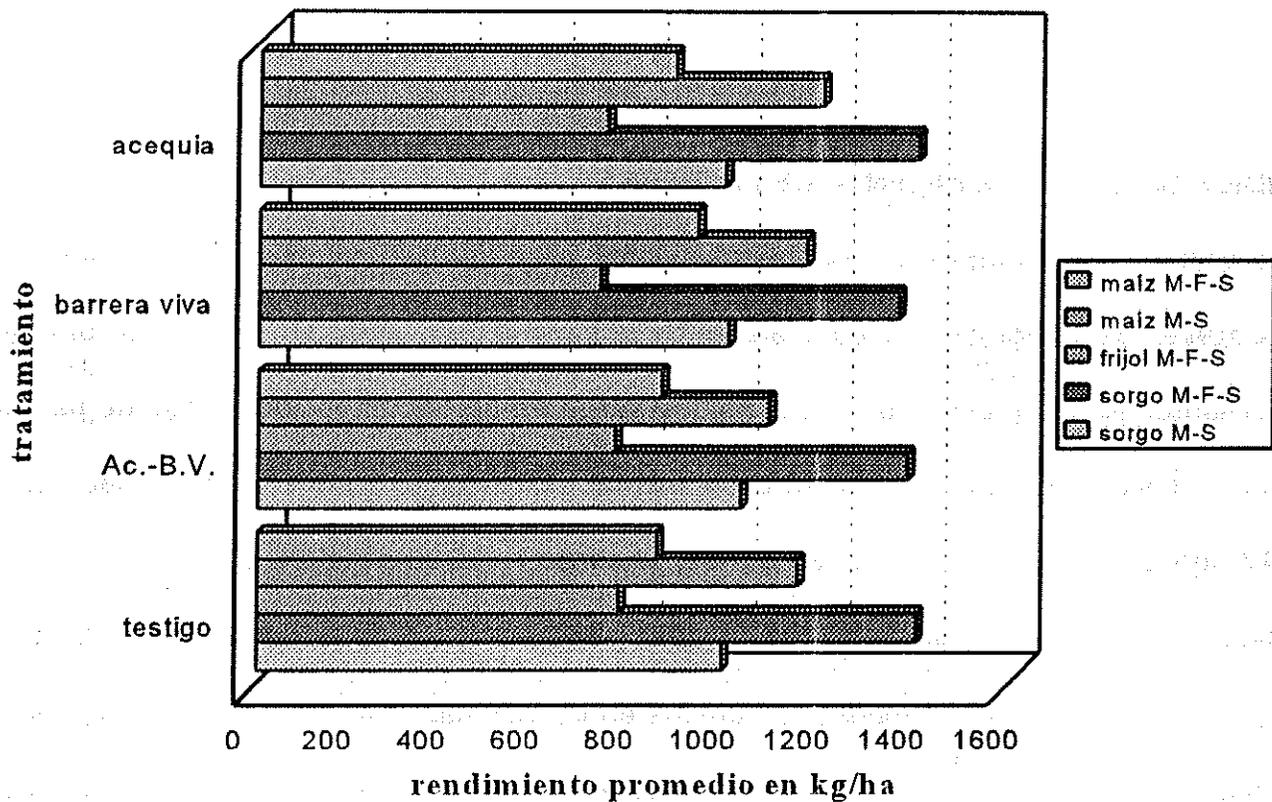


FIGURA 8: Rendimiento promedio en kg/ha de los cultivos en los sistemas en asocio evaluados, por tratamiento, 1992.

CUADRO 12: PROMEDIOS DE RENDIMIENTO CONVERTIDO A PRECIO EQUIVALENTE REFERIDO AL CULTIVO DEL MAÍZ, OBTENIDOS POR TRATAMIENTO DURANTE EL CICLO AGRÍCOLA 92/93, QUESADA, JUTIAPA

TRATAMIENTO	ACEQUIA	BARRERA VIVA	Ac.-B.VIVA	TESTIGO
M-F-S	4535.84	4566.52	4621.67	4657.83
M-S	2083.09	2056.92	2003.24	2031.46

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.

7.5 INDICE DE USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA.

La variable de rendimiento, también se utilizó para evaluar los sistemas de cultivos en asocio, a través del índice de uso equivalente de la tierra (UET). Para su cálculo, se utilizaron los rendimientos de los cultivos del maíz, frijol y sorgo en monocultivo, obtenidos de parcelas individuales cultivadas también en el área experimental. Estos rendimientos fueron: maíz: 2151 kg/ha (47 qq/mz); frijol: 913 kg/ha (20 qq/mz); y sorgo: 4000 kg/ha (88 qq/mz).

Debido a que el rendimiento no fue influenciado por el tipo de práctica de conservación de suelos, se analizaron los promedios obtenidos en las mismas. De ello se tiene que, para el sistema maíz-frijol-sorgo (M-F-S), el índice de uso equivalente de la tierra es de 153%. Esto indica que se necesitarían 1.53 hectáreas más cultivadas en monocultivo de las tres especies, para obtener lo que rindió el asocio. Para ello se requerirían: 0.4 hectáreas de maíz, 0.82 hectáreas de frijol y 0.31 hectáreas de sorgo.

Para el sistema maíz-sorgo (M-S), el índice de uso equivalente es del 77%, que indica que se necesitarían 0.77 hectáreas más cultivadas para siembra en monocultivo, a fin de obtener el rendimiento del asocio. Los totales de área necesitadas por cultivo serían: 0.53 hectáreas de

maíz y 0.24 hectáreas de sorgo.

Comparando los dos sistemas de asocio, el sistema M-F-S resulta ser el más eficiente en el uso de la tierra que el sistema M-S, que se da como consecuencia de las densidades de los cultivos. El primer sistema tiene una densidad de 101,676 plantas (13,875 posturas de maíz, 73,926 posturas de frijol y 13,875 posturas de sorgo), mientras que en el segundo se tiene una densidad de 44,400 plantas (22,200 de maíz y 22,200 de sorgo).

8. CONCLUSIONES.

1. No existen diferencias en el control del escurrimiento superficial y la erosión del suelo, por efecto de los sistemas de cultivos asociados.
2. Las precipitaciones con intensidades de 15 milímetros/hora o más provocaron erosión en el suelo.
3. Las prácticas de manejo y conservación del suelo y agua evaluadas, disminuyen significativamente el escurrimiento superficial y la pérdida del suelo, en comparación con la práctica tradicional de manejo del suelo en el área.
4. Las prácticas de acequia-barrera viva y acequia, son las más eficiente en disminuir el escurrimiento superficial en 570.8 y 634.8 m³/ha respectivamente, que equivalen a 44% y 49% comparado con la práctica de manejo tradicional, que registró 1,308.8 m³/ha
5. Las prácticas de acequia-barrera viva y acequia disminuyen la erosión del suelo en 0.36086 ton/ha y 0.44236 ton/ha (lámina de 0.03 mm de suelo) respectivamente, que corresponden al 14% y 17% comparado con la práctica tradicional, en la que se registró un volumen de suelo erosionado de 2.64408 ton/ha (lámina de 0.2 mm de suelo).

6. En relación a las características granulométricas de los sedimentos erosionados, los porcentajes encontrados por clase son, en orden decreciente: arenas (56% Ac-Bv y Ac; 64% Bv y test), fragmentos mayores de 2 mm (20% Ac-Bv y Ac; 26% Bv y test.), limos (28% Ac-Bv y Ac; 23% (Bv y test) y arcillas (16% Ac-Bv y Ac; 13% Bv y test).
7. El sistema de cultivos asociados maíz-frijol-sorgo (M-F-S) presenta, en promedio para las prácticas evaluadas, mayor rendimiento convertido a precio equivalente al cultivo de maíz, que el sistema maíz-sorgo (M-S).
8. El rendimiento de los cultivos en asocio no fueron influenciados por el efecto de las prácticas de conservación de suelo y agua evaluadas.
9. El sistema de cultivos en asocio maíz-frijol-sorgo (M-F-S) resulta ser mas eficiente en el uso de la tierra que el sistema maíz-sorgo (M-S), en lo que se refiere al índice de uso equivalente de la tierra.

9. RECOMENDACIONES.

1. Por su alta eficiencia en el control del escurrimiento superficial y la erosión del suelo, se recomienda, en el manejo de los suelos del área, cualquiera de las práctica de acequia-barrera viva y acequia.
2. Debido a sus características de buen macollamiento, raíz profunda y fibrosa y buena adaptabilidad a las condiciones de la región, se recomienda utilizar en las prácticas de acequia-barrera viva y barrera viva, como material vegetativo, el pasto ICTA-REAL (*Andropogon gayanus* Kunt.),.
3. Bajo un adecuado calendario de uso de la tierra, utilizar el sistema de cultivos asociados maíz-frijol-sorgo (M-F-S), por su optimización en el aprovechamiento de la misma.
4. Bajo las mismas características de suelo y clima de la región, se recomienda evaluar las prácticas de acequia, barrera viva y acequia-barrera viva en sistemas de maíz y frijol en monocultivo, para que sirva de comparador con los datos obtenidos en esta investigación.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. APOLO, 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, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 68 p.
2. ASOCIACION DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS SOCIALES (Gua.). 1991. Monografía ambiental; región sur-oriente (Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa). Guatemala. 148 p.
3. ASOCIACION PRO-BIENESTAR DE LA FAMILIA DE GUATEMALA. 1992. Calendario demográfico 1992. Guatemala. 24 p.
4. CIFUENTES VELASQUEZ, F.R. 1984. Evaluación del efecto de nitrógeno y fósforo sobre los sistemas maíz-frijol-sorgo y frijol-sorgo, en el sur-oriente del país. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
5. COLEGIO DE POST-GRADUADOS DE CHAPINGO (Mex.). 1979. Manual de conservación de suelos y del agua. Chapingo, México, Colegio de Post-Graduados de Chapingo. 585 p.
6. CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO (1, 1986, Guatemala). 1986. Memorias. Guatemala, Sociedad Guatemalteca de la Ciencia del Suelo. 227 p.
7. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
8. DELGADO, F. 1987. Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Investigación de Agricultura Tropical. 69 p.
9. F.A.O. (Italia). 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. p.1-13.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. Esc. varía. p. irr. Color.
11. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. 2. ed. Guatemala. tomo 1, p. 258.
12. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1988. Atlas climatológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. varía. 20 p. Color.
13. GUERRA, A. 1981. Compendio de geografía económica y humana de Guatemala. Guatemala, Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. p. 99-121.

14. HEER, C.E. 1981. Por qué el agricultor realiza la asociación de cultivos en tres aldeas del departamento de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 54 p.
15. HONDURAS. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. DIRECCION GENERAL DE GANADERIA. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION PECUARIA. s.f. Cosecha y beneficio del pasto Andropogon gayanus var. Otoreño I. Honduras. 15 p.
16. LOPEZ, H.J. 1988. Segunda 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. 56 p.
17. MEDINA, E. s.f. Análisis de distribución de partículas por tamaño y textura (método del hidrómetro de Bouyoucos); práctica de laboratorio no. 3. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 7 p.
18. -----, 1984. Determinación de la densidad y porosidad del suelo; práctica de laboratorio No. 4. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 5 p.
19. MORALES, J.O. 1983. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, Unidad de Comunicación Social. 72 p.
20. PAZ, O.R. 1988. Determinación del índice de erosividad de la lluvia de la ecuación universal de pérdida de suelo para la zona oriental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45 p.
21. PINEDA, P.A. 1991. Cuarta evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
22. PORTILLO, E.L. 1988. Determinación del índice de erosividad de la lluvia para la región norte de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
23. SUAREZ, F. 1982. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, Instituto Inter- Americano de Cooperación Agrícola. 315 p.
24. WILLEY, R.W. 1979. Intercropping; its importance and research need, part 1: competition and yield advantages. Field Crops abstracts (G.B.). 32(1):1-10.

10.130
Retuallé



11. APENDICE.

APENDICE 1A.

DESCRIPCION DEL PEDON

Localización:	Buena Vista, Quesada, Jutiapa, Guatemala, C.A.
Ubicación:	500 metros perpendiculares al sur de la carretera Guate.-Jutiapa.
Fecha de Observación:	19 de abril de 1991.
Reconocedor:	H. Tobías.
Posición fisiográfica:	Escarpe.
Pendiente:	26% en dirección NOE.
Régimen de humedad:	Ustico.
Régimen de temperatura:	Isohipertérmico.
Vegetación:	Cultivos de maíz y sorgo.
Pedregosidad:	Sin piedras o muy escasas.
Material original:	Cenizas y escorias volcánicas.
Erosión:	Hídrica, laminar, moderada.
Drenaje:	Bien drenado.

DESCRIPCION DEL PERFIL

<u>horizonte</u>	<u>profundidad en (cm)</u>	<u>descripción</u>
Ap	0 - 9	Color café (10 YR 5/3) en seco. Franco arenoso, con estructura de bloques sub-angulares, fino, mediano, fuerte. Suelto en seco y en húmedo; no adherente ni plástico. Raíces abundantes, finas a muy finas, con límite brusco y plano.
C	9 - 17	Color café amarillento (10 YR 5/4) en seco. Franco arcilloso, de consistencia suelta en húmedo y seco. Pocas raíces finas y con límite brusco y plano.
2A	17 - 26	Color café amarillento (10 YR 5/4) en seco. Franco arenoso con estructura de bloques sub-angulares, mediano, débil. Consistencia dura en seco y firme en húmedo, con pocas raíces muy finas y límite brusco y plano.
2AC	26 - 51	Color gris muy oscuro (10 YR 3/1). Franco arcillo-arenoso, de consistencia ligeramente duro en seco, firme en húmedo y ligeramente adherente/ligeramente plástico en mojado; muy pocas raíces finas; límite brusco y ondulado.
3AC ₁	51 - 67	Color café grisáceo oscuro (10 YR 4/2); franco arcillo-arenoso, de consistencia ligeramente duro en seco, firme en húmedo y ligeramente adherente/ligeramente plástica en mojado; muy pocas raíces finas; límite brusco y ondulado.
3AC ₂	67 - 77	Color café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); franco arcillo-arenoso, de consistencia ligeramente dura en seco, firme en húmedo y ligeramente adherente/ligeramente plástica en mojado; muy pocas raíces finas; límite brusco y ondulado.
4C	77 - 81/91	Color café amarillento oscuro (10 YR 4/4); franco arcillo-arenoso, bloques sub-angulares, clase grado medianas; de consistencia suelta en seco y húmedo y no adherente/no plástica en mojado; muy pocas raíces finas y límite brusco y ondulado.
5A	81/91-119	Color café amarillento oscuro (10 YR 3/4); franco arcilloso, con estructura de bloques sub-angulares, de consistencia blanda en seco, firme en húmedo, adherente/plástica en mojado; muy pocas raíces, finas, con límite brusco y ondulado.
5C	119 - 135	Color café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); franco arcillo-arenoso, ; de consistencia suelta en seco y húmedo y no adherente/no plástica en mojado; sin raíces y límite brusco y ondulado.
6A	> 135	Color café muy oscuro (10 YR 2/2); franco, estructura de bloques sub-angulares de clase mediana y grado media y fuerte; de consistencia suelta en seco, firme en húmedo y adherente a ligeramente adherente; sin raíces y límite brusco y ondulado.

CUADRO 13 "A": RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE FERTILIDAD A LAS MUESTRAS DE SUELO EROSIONADO Y SUELO POST-CICLO AGRICOLA 92/93, DEL AREA EXPERIMENTAL, EN QUESADA, JUTIAPA

MUESTRA PRACTICA	SUELO EROSIONADO				SUELO POST-CICLO AGRIC.			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
ACEQ.-M-F-S	4.75	485	17.2	4.49	5.85	392	16.6	3.6
ACEQ.-M-S	5.08	513	17.5	5.08	5.34	401	16.5	3.6
B.VIVA-M-F-S	8.43	541	16.2	4.56	6.03	530	17.2	3.8
B.VIVA-M-S	8.38	499	16.5	4.84	6.08	361	16.8	3.5
Ac.B.VIVA-M-F-S	4.11	448	16.9	4.88	7.91	334	15.7	2.8
Ac.B.VIVA-M-S	4.55	495	17.5	5.11	6.03	343	16.6	3.6
TESTIGO-M-F-S	8.91	479	16.5	4.53	7.59	385	16.9	3.6
TESTIGO-M-S	8.22	502	16.5	4.75	7.49	378	16.8	3.6

NOTA: Los resultados de fósforo y potasio (P y K) están dados en partes por millón (ppm), mientras que los de calcio y magnesio (Ca y Mg) en miliequivalentes por 100 ml (meq/100 ml).

FUENTE: Evaluación de prácticas de conservación de suelos, Quesada, Jutiapa, 1992.



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

Ref. Sem. 074-95

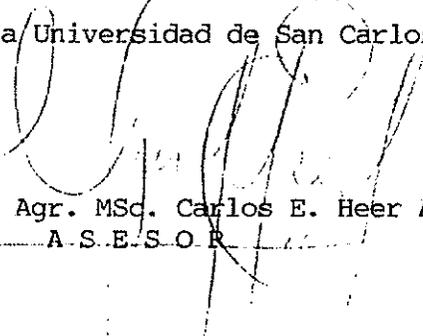
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELO Y AGUA, EN DOS SISTEMAS TRADICIONALES DE CULTIVOS EN ASOCIO EN BUENA VISTA, QUESADA, JUTIAPA".

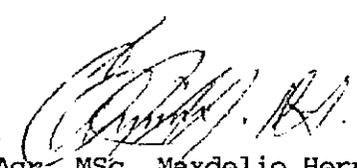
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE LUIS SAGUIL BARRERA

CARNET No: 84-40057

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Hugo Tobías
 Ing. Agr. Ernesto González
 Ing. Agr. Aníbal Sacbajá
 Ing. Agr. Isaac Herrera

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

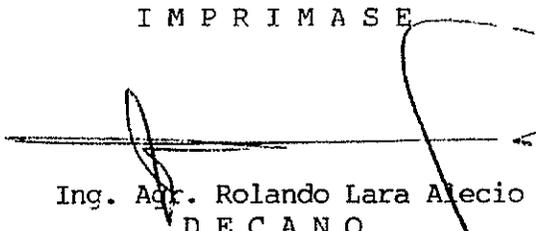

 Ing. Agr. MSc. Carlos E. Heer Arana
 A S E S O R


 Ing. Agr. MSc. Maxdelio Herrera
 A S E S O R


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 D E C A N O



cc:Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, G. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770