

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

EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS, EN LA
SUBCUENCA DEL RIO CUNTZE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.

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

MAUCELIO MERIDA MERIDA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DE 2001

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
+C(1987)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

ING. AGR. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- | | |
|----------------------|---|
| DECANO | Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera |
| VOCAL PRIMERO | Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello |
| VOCAL SEGUNDO | Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa |
| VOCAL CUARTO | Profesor Abelardo Caal Ich |
| VOCAL QUINTO | Br. José Baldomero Sandoval Arriaza |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada |

Guatemala, Julio de 2001

Honorable Junta Directiva
Honorable tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables miembros:

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:

**EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS, EN LA
SUBCUENCA DEL RIO CUNTZE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO.**

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

En espera de su aprobación aprovecho la oportunidad para suscribirme de ustedes,

Atentamente,


Maucelio Mérida Mérida

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS Por estar en todos los momentos de mi vida.
- MI ESPOSA
E HIJO Miseldy Arely y Carlos Manuel, con amor, cariño y agradecimiento por su apoyo.
- MIS PADRES Gregorio Mérida Tello
Lidia Robertina de Mérida
Por el apoyo incondicional, como una pequeña recompensa a sus esfuerzos y sacrificios para mi superación.
- MIS HERMANOS Nery Gregorio, Reina Isabel y Edilma Noemí
Agradecimiento a su apoyo, aprecio y cariño.
- MIS ABUELOS Onofre Mérida (Q.E.P.D)
Benita del Valle (Q.E.P.D)

Andrés Mérida (Q.E.P.D)
Estefana Tello (Q.E.P.D)
Con respeto por su sacrificio, esfuerzo y ejemplo.
- MIS TIOS Por la unión familiar que mantenemos, especialmente Walter y Ranferí (Q.E.P.D) recuerdo imperecedero por su cariño, amistad y apoyo
- MIS CUÑADOS
(AS) PRIMOS Y
SOBRINOS Con respeto y cariño.
- LAS FAMILIAS Del Valle de León y López Mérida, agradecimiento por su hospitalidad y cariño.
- MI FAMILIA EN
GENERAL Como muestra de cariño y respeto.
- COMPAÑEROS
Y AMIGOS Edwin Hernández, Luis Mendoza, Walter Mus, Carlos Navarro Miguel Castillo, Danilo Juarez, Mynor Ochaeta, Edgar Mérida, Boris Avila, Guillermo Díaz, Edgar Marroquín, Amilcar Palacios, Carlos Lucas, Magdiel, Fernando, Alex, Mario, Elfido, Eva, Renardo, Hector, Ernesto Yac, William López, Gerardo Méndez y Fredy Ruiz.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

CHIANTLA, HUEHUETENANGO

LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA CINCUENTENARIA FACULTAD DE AGRONOMIA

AGRICULTORES EN GENERAL

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON A MI

FORMACION PROFESIONAL

AGRADECIMIENTO

A:

Ing. Agr. Edwar Otoniel Granados Rodríguez (Director Ejecutivo),
Ing. Agr. PhD. Víctor Manuel Mayorga (Director Técnico) de la
Unidad Ejecutora del Proyecto Chixoy (UNEPROCH), por permitirme
desarrollar en dicho proyecto el presente trabajo de investigación.

P. Agr. Jorge Morales, Coordinador de sede operativa por el apoyo
incondicional en el desarrollo de la presente investigación.

Mis Asesores: Ing. Agr. Adalberto Rodríguez García

Ing. Agr. M. Sc. Maxdelio Herrera.

Por su valiosa y permanente orientación, apoyo y asesoría
profesional para el desarrollo y presentación de la
presente investigación.

Personal Administrativo, Técnico, de Campo y Servicios de la Unidad
Ejecutora del Proyecto Chixoy (UNEPROCH), por su amistad
cariño y apoyo.

Ing. Agr. Fernando Granados, Ing. Agr. Otto Salguero, Wilmer Mayorga,
Diego Vino López y Marco A. Mérida Hernández, Por el apoyo en el
desarrollo del presente trabajo de investigación.

Comunidad de Pueblo Viejo, Malacatancito, especialmente Andrés
Sontay, Domingo Chavez, Gerardo Tarax y familia, por el apoyo en la
fase de campo del presente trabajo.

A todos los agricultores que de una u otra manera intervinieron en la
Ejecución del presente trabajo, mi agradecimiento sincero.

CONTENIDO

	TITULO	PAGINA
	CONTENIDO GENERAL	i
	INDICE DE CUADROS	iii
	INDICE DE FIGURAS	iv
	RESUMEN	v
I.	INTRODUCCION - - - - -	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA - -	3
III.	MARCO TEORICO - - - - -	4
3.1	Marco Conceptual - - - - -	4
3.1.1	Erosión - - - - -	4
3.1.2	Erosión hídrica - - - - -	4
3.1.3	Etapas del proceso de erosión hídrica - -	4
3.1.3.1	Desprendimiento - - - - -	5
3.1.3.2	Arrastre - - - - -	5
3.1.3.3	Deposición - - - - -	5
3.1.4	Factores determinantes de la erosión y la escorrentía	6
3.1.4.1	El Clima - - - - -	6
3.1.4.2	La Topografía - - - - -	6
3.1.4.3	La Cobertura Vegetal - - - - -	7
3.1.4.4	Suelos - - - - -	8
3.1.4.5	Factores socioeconómicos - - - - -	9
3.1.4.6.	El hombre - - - - -	9
3.1.5	Prácticas de conservación de suelos - - -	9
3.1.5.1	Técnicas biológicas - - - - -	10
3.1.5.2	Técnicas mecánicas - - - - -	12
3.1.6	Formas de erosión hídrica - - - - -	13
3.1.7	Medición de las pérdidas de suelo por la erosión -	14
3.1.8	Algunos estudios realizados en Guatemala - -	15
3.2	Marco Referencial - - - - -	17
3.2.1	Características generales de la cuenca- - -	17
3.2.2	Características y ubicación del sitio experimenta -	18
3.2.3	Geomorfología y Fisiografía - - - - -	18
3.2.4	Clima y zona de vida - - - - -	18
3.2.5	Hidrografía - - - - -	18
3.2.6	Suelos - - - - -	19
IV.	OBJETIVOS - - - - -	22
4.1	General - - - - -	22

4.2	Específicos - - - - -	22
V.	HIPOTESIS - - - - -	23
VI.	METODOLOGIA - - - - -	24
6.1	Diseño del experimento - - - - -	24
6.1.1	Tratamientos evaluados - - - - -	24
6.1.2	Diseño experimental - - - - -	24
6.2	Manejo del experimento - - - - -	27
6.2.1	Confinamiento de las parcelas - - - - -	27
6.2.2	Sistema colector de agua y sedimentos - - - - -	27
6.3	Medición de las variables - - - - -	29
6.3.1	Precipitación pluvial - - - - -	29
6.3.2	Escurrimiento superficial - - - - -	29
6.3.3	Volumen de suelo erosionado - - - - -	29
6.3.4	Sólidos en suspensión - - - - -	30
6.3.5	Sedimentos - - - - -	30
6.3.6	Rendimiento del cultivo - - - - -	30
6.4	Establecimiento y manejo del cultivo - - - - -	31
6.5	Descripción del pasto utilizado como barrera viva - - - - -	31
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN - - - - -	33
7.1	Precipitación pluvial - - - - -	33
7.1.1	Precipitación total mensual - - - - -	33
7.1.2	Intensidad - - - - -	34
7.1.3	Frecuencia - - - - -	35
7.2	Escurrimiento superficial - - - - -	36
7.3	Suelo erosionado - - - - -	39
7.3.1	Cantidad de suelo erosionado - - - - -	39
7.3.2	Característica de los sedimentos - - - - -	41
7.3.2.1	Granulometría - - - - -	41
7.4	Rendimiento del cultivo - - - - -	42
7.5	Costos por hectárea de las tres prácticas de conservación evaluadas - - - - -	44
VIII.	CONCLUSIONES - - - - -	45
IX.	RECOMENDACIONES - - - - -	47
X.	BIBLIOGRAFIA - - - - -	48
XI.	APENDICE - - - - -	51

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1.- Promedios de precipitación pluvial mensual en mm, registrados durante la época lluviosa en Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....	33
2.- Precipitación y frecuencia en mm. para 5 clases de lluvia ocurridas en Pueblo Viejo, Malacatancito, del 4 de mayo al 31 noviembre de 1999.....	35
3.- Análisis de varianza para el escurrimiento superficial registrado en m ³ /ha.....	37
4.- Prueba de Tukey a las medias de escurrimiento superficial en m ³ /ha, obtenidos de los tratamientos evaluados durante la época lluviosa de 1999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....	38
5.- Análisis de varianza de los totales de suelo erosionado en ton/ha/año por tratamiento, obtenidos durante la época lluviosa de 1999, Pueblo Viejo, Huehuetenango.....	40
6.- Prueba de Tukey a las medias de suelo erosionado en ton/ha/año, registrados en los tratamientos evaluados en la época lluviosa de 1999, Pueblo Viejo, Huehuetenango.....	40
7.- Análisis de varianza para el rendimiento de chile pimiento en kg./ha, año 1999, Pueblo Viejo, Huehuetenango.....	44

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1.	Ubicación geográfica del departamento de Huehuetenango.....20
2.	Ubicación del ensayo en la aldea Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetanango.....21
3.	Sección transversal del tratamiento terraza de banco evaluado con cultivo de chile pimiento en 1999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....25
4.	Sección transversal del tratamiento acequia con barrera viva, evaluado con cultivo de chile pimiento en 1,999 Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....25
5.	Sección transversal del tratamiento surcos en contorno con barrera viva evaluado con cultivo de chile pimiento en 1999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....26
6.	Sección transversal del tratamiento testigo evaluado con cultivo de chile pimiento en 1,999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.....26
7.	Esquema de una parcela de escurimiento establecida en el ensayo..... 28
8.	Distribución de la precipitación pluvial mensual en Pueblo Viejo, Malacatancito, años 1,998 y 1,999.....34
9.	Promedio de escurrimiento superficial en m ³ /ha registrados en los tratamientos evaluados en 1,999.....37
10.	Promedio de sedimentos en ton/ha/año, expresados en porcentaje, producidos en las parcelas de escorrentía..39

11. Distribución de las partículas de los sedimentos de acuerdo al tamaño por tratamiento evaluados.....42

12. Rendimiento en kg/ha de chile pimiento en los tratamientos evaluados.....43

**EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS,
EN LA SUBCUENCA DEL RIO CUNTZE, MALACATANCITO,
HUEHUETENANGO.**

**EVALUATION OF THREE SOIL CONSERVATION PRACTICES, IN THE
CUNTZE RIVER WATERSHED, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO
RESUMEN**

El suelo es uno de los recursos principales en la producción agrícola, ganadera y Forestal. Sin embargo, por un inadecuado uso y manejo ha sido degradado en la mayor parte del territorio. La erosión inducida por el hombre, ha provocado pérdida de suelo por la destrucción de la vegetación natural, introducción de cultivos en áreas con pendientes fuertes, sobrepastoreo, tala inmoderada, siendo las causas principales de la pérdida del potencial productivo de éste valioso recurso natural renovable.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de tres prácticas de conservación de suelos, en la cuenca alta del río Chixoy, específicamente en la subcuenca del río Cuntzé, aldea Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango; zona que en su mayoría presenta suelos con alta susceptibilidad a la erosión y fuertes pendientes con cultivos limpios.

La evaluación se realizó con el fin de determinar la efectividad en el control de la erosión hídrica y el escurrimiento superficial de las prácticas: Terraza de banco, acequia con barrera viva, camellones en contorno con barrera viva, utilizando como barrera viva el pasto (*Setaria sphacelata* S.), con respecto a la práctica tradicional que los agricultores realizan en el área de estudio.

Para el desarrollo de la investigación se montaron lotes o parcelas de escorrentía, distribuidos en un diseño experimental de bloques al azar, sobre un terreno con pendiente media de 32 %, cada tratamiento con cinco repeticiones. En cada parcela se cultivó chile pimiento (Capsicum frutescens L.), por ser uno de los productos principales en el área.

El análisis estadístico de los resultados de escurrimiento y suelo erosionado demuestra que la menor escorrentía se presentó en la práctica de terraza de banco con 37.86 m³/ha/año, para la práctica de acequia con barrera viva 50.39 m³/ha/año, para surcos en contorno con barrera viva 145.77 m³/ha/año y cuando no existe práctica de conservación se tiene un valor de 187.98 m³/ha/año.

En cuanto al volumen de suelo erosionado, en el tratamiento terraza de banco se registró en promedio 15.21 ton/ha/año, en la práctica de acequia con barrera viva 24.75 ton/ha/año; para surcos en contorno con barrera viva 35.58 ton/ha/año y para el tratamiento testigo 52.13 ton/ha/año, existiendo diferencia estadística al 5% entre los valores.

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

El mayor rendimiento se obtuvo con la práctica terraza de banco con 28,444 kg/ha, comparado con el testigo que aportó 12,833 kg/ha, esto demuestra la influencia de la erosión del suelo sobre el rendimiento. El costo total de producción es mayor al aplicar prácticas conservacionistas, teniendo éstas un costo de implementación para el primer año que causa impacto en los costos. Para este año de estudio la práctica terraza de banco da un beneficio neto de Q 7,497.49 por hectárea, comparado con el testigo con un beneficio de Q 2,152.59.

Las tres prácticas de conservación evaluadas redujeron sustancialmente la escorrentía y la pérdida de suelo, con respecto a la práctica tradicional de manejo de los suelos en el área. Se concluye que las prácticas de terraza de banco y acequia con barrera viva mostraron ser las más efectivas en el control de la erosión hídrica.

I. INTRODUCCION

Guatemala basa su economía en la producción agrícola. El caso de las áreas del altiplano central y occidental del país, se caracteriza por una producción en su mayor parte de subsistencia, la cual aunada a la presión demográfica ejercida en tales áreas, ha provocado una fuerte degradación de los recursos naturales.

El suelo es uno de los recursos, que por la necesidad de su utilización se está deteriorando por la erosión inducida. Este tipo de erosión opera cuando las pérdidas son debidas al mal uso y manejo del suelo por el hombre. Entre las principales causas de deterioro se tienen: La destrucción de la vegetación natural, introducción de cultivos en áreas con pendientes fuertes, laboreo del suelo, sobre pastoreo y tala inmoderada del bosque.

Es innegable la necesidad de plantear el uso y aprovechamiento sostenido de los recursos naturales del país; esto implica que deben plantearse alternativas de solución en forma integral. Una de éstas puede ser la planificación del manejo de los recursos naturales renovables, en este caso el suelo a nivel de cuenca (la cual es considerada como la unidad básica de estudio y planificación) (16).

La cuenca hidrográfica del río Chixoy es un área de prioridad nacional, por motivo de encontrarse en ella el embalse hidroeléctrico que genera aproximadamente el 40% de energía eléctrica al país. Dicha cuenca abarca gran parte de los departamentos del Quiché, Totonicapán, algunas áreas de Huehuetenango y Baja Verapaz, presentado problemas relacionados con la erosión por la no utilización de medidas tendientes a manejar en forma adecuada los suelos; además de provocar daños a la infraestructura hidroeléctrica, en primer término la erosión y la escorrentía afectan la economía de los agricultores de estas áreas en forma directa o indirecta ya que degrada y empobrece el suelo, se da

asolvamiento de los causes de los rios y desbordamiento de los mismos, a la vez que escasea el agua en la época seca.

Una de las alternativas para disminuir los efectos de la erosión la constituye la implementación de estructuras de conservación de suelos, las cuales benefician a la conservación del agua. El proyecto Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables de la Cuenca Alta del Río Chixoy (UNEPROCH), desde su inicio en el año de 1,992 a través de los planes de manejo integral de cuencas ha implementado el uso de técnicas de conservación de suelos, como: Terrazas de banco, acequia con barrera viva, surcos en contorno con barrera viva; con el objeto de disminuir la tasa de erosión, sedimentación y aprovechar de mejor forma los recursos naturales renovables para que incrementen la productividad y darle mayor vida útil al embalse hidroeléctrico Pueblo Viejo, Quixal y cualquier otra infraestructura existente en el área. En el municipio de Malacatancito y específicamente en la Aldea Pueblo Viejo, comunidad atendida por extensionistas del Proyecto UNEPROCH, realizan éstas prácticas, sin embargo no se cuenta con estudios técnicos realizados en el área de influencia de la cuenca del río Chixoy que validen y justifiquen el uso de las diferentes estructuras que el Proyecto recomienda en el establecimiento de los cultivos.

El objetivo del estudio fué evaluar la efectividad de dichas prácticas en el control de la erosión hídrica. El método que se utilizó fue el de parcelas de escurrimiento, adaptado a las condiciones del área.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas de erosión del suelo en Guatemala están ligados en mayor grado a la presión demográfica, como a las condiciones biofísicas, sociales y económicas que se presentan por los regímenes de tenencia de la tierra minifundista, como sucede en el altiplano donde la población necesita recurso suelo para su subsistencia. Así mismo, la población tiene obligadamente que hacer uso inmoderado de otros recursos naturales como el bosque y el agua que se encuentran estrechamente relacionados al suelo.

La necesidad de la utilización de los recursos naturales de la parte alta de la Cuenca del río Chixoy ha provocado una degradación continua observándose un alto grado de deterioro del recurso suelo; en consecuencia, es prioritario el planteamiento del manejo de las cuencas hidrográficas, para disminuir la degradación del suelo y darle más vida útil al embalse hidroeléctrico instalado en ésta cuenca.

En la actualidad no se ha generado información que permita visualizar los volúmenes de suelo perdidos por erosión hídrica, el efecto que algunas prácticas de conservación de suelo y agua tienen para controlar la erosión; así como la disponibilidad que tienen los productores para aceptar un plan de conservación de suelo y agua en el área.

La presente investigación pretende encontrar una práctica de conservación de suelo y agua que reduzca o minimice la erosión hídrica, que pueda utilizarse como alternativa de solución a los problemas que se dan en el manejo de la producción en el área de estudio.

III. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Erosión

En su más general acepción, se dice que erosión es el proceso relativo al desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo causado por el agua y el viento (14).

La erosión es el proceso continuo al que obedece la forma cambiante de la superficie terrestre. Consiste en la separación de las partículas y agregados de suelo en su transporte y sedimentación en posiciones inferiores al punto original (13).

3.1.2 Erosión hídrica

En Guatemala el tipo de erosión comúnmente observado es el causado por efecto del agua, llamado también erosión hídrica; la cual se da por efecto de la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo, desprendiendo partículas del mismo, las que al que sobrevenir el escurrimiento superficial son las que provocan las pérdidas de suelo debido al transporte o arrastre que se da. La pérdida de suelo por erosión hídrica puede expresarse en unidad de peso por unidad de área por milímetro de lluvia, en un determinado lapso de tiempo (mg/ha/año) o en lámina anual de suelo perdido, en base a una densidad aparente del suelo dada en (mm/año).

3.1.3. Etapas del Proceso de Erosión hídrica

López (9) indica que el proceso de erosión hídrica se realiza en tres etapas

3.1.3.1. Desprendimiento

Es la separación o liberación de las partículas del suelo por el impacto de las gotas de lluvia en la superficie terrestre, esta fase se verá propiciada si la cubierta vegetal es escasa. En cuestión de suelos también se ha de considerar el tamaño de la partícula y la textura, puesto que suelos arenosos son más susceptibles al desprendimiento que los suelos arcillosos (14).

3.1.3.2. Arrastre

Es el proceso por el cual las partículas y/o agregados del suelo se mueven a través de la pendiente. Se expresa en unidades de peso por unidad de distancia (kg/m) (13).

El arrastre se da como consecuencia del escurrimiento superficial del agua de lluvia que por efecto de la topografía, textura del suelo, cantidad, intensidad y distribución de la lluvia; determinará los volúmenes del mismo escurrimiento y por lo tanto de las pérdidas del suelo (14).

3.1.3.3. Deposición

Proceso por el cual los materiales de suelo transportados son depositados al disminuir la capacidad de transporte del flujo del agua, y como consecuencia los materiales se hunden. Esto ocurre cuando se da un cambio en la pendiente del terreno o existe algún obstáculo que disminuya la velocidad de la corriente (21).

Suárez, establece que el proceso de desprendimiento así como el de arrastre de las partículas del suelo involucra pérdida de nutrientes, cambios en propiedades físicas del suelo disminución de la capacidad de infiltración y retención de la humedad, además de asolvamiento de las partes bajas y áreas de almacenamiento de agua (20).

3.1.4. Factores determinantes de la erosión y la escorrentía

Diversos autores han señalado los cuatro factores que determinan la erosión y la escorrentía; El clima, la topografía, la vegetación o cobertura vegetal, además del suelo y sus características tanto físicas como químicas (9, 11).

3.1.4.1 El Clima

Existen cuatro factores dentro del clima que intervienen en los procesos erosivos: La lluvia, el viento, la temperatura y la radiación solar. Dentro de estos factores el factor climático con mayor grado de acción en los procesos erosivos lo constituyen las lluvias (10).

En lo que respecta a la precipitación el volumen de las lluvias tiene que alcanzar ciertos valores para que se origine la escorrentía. Según Apolo, estos valores de lluvia van a variar de un lugar a otro hasta provocar escorrentía de valores significativos, encontrando que en experimentos realizados en Turrialba, Costa Rica, estos valores de lluvia alcanzaron los 5 mm promedio. En tanto que Sánchez (17) determinó que para el caso del área del Proyecto de Conservación de Suelos Michatoya, con precipitaciones menores de 15 mm no se da principio al proceso de escorrentía.

3.1.4.2. La Topografía

Como el agua se mueve en sentido de la pendiente, la topografía es un factor muy importante en la determinación de la magnitud y la velocidad del flujo de escorrentía y por ende ejerce un papel importante en la erosión (13).

Suárez de Castro (20) estableció que el tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que ésta fluya, lo cual es una resultante directa de la longitud y el grado de la pendiente.

a) Grado de la Pendiente

Gougón *et al.* (8) determinaron que la erosión crece rápidamente con relación al grado de la pendiente del terreno y se observa un aumento considerable de las pérdidas del suelo por débil que sea el crecimiento de la misma.

b) Longitud de la Pendiente

El efecto de la longitud de la pendiente va a variar dependiendo del tipo de suelo. Donde los suelos tienen buena permeabilidad, las pendientes de mayor longitud van a producir menores escorrentía que pendientes cortas.

3.1.4.3 La cobertura Vegetal

La cobertura desempeña el papel de resistencia en el proceso de erosión, lo que representa el factor de mayor importancia. Toda planta ejerce un efecto de protección al suelo en contra de los procesos erosivos. López y Gougón *et al.* (9, 8) concuerdan en que la vegetación juega un papel importante y significativo en el control de la erosión, ya que la vegetación intercepta las gotas de lluvia, disminuye el volumen y la velocidad de la escorrentía. La cobertura ejerce acción a través de la protección directa contra el impacto de la gota al disparar la energía cinética con que la gota de lluvia llega al suelo, intercepción del volumen de agua que llega al suelo, amarre de masa de suelo, aumento de la porosidad del suelo y de la capacidad de agua de lluvia.

En terrenos recubiertos por vegetación permanente no demuestra erosión, pudiendo haber escorrentía si existen pendiente fuertes, sin embargo las pérdidas de suelo son nulas. Si las siembras son poco densas; las pérdidas pueden alcanzar valores de 8 a 15 toneladas por hectáreas por año; si los cultivos son diezmos por los insectos o enfermedades la erosión puede elevarse hasta 50 toneladas por hectárea por año (9).

Pérez (12) reporta pérdida de suelo en relación 6:1 entre una parcela con cobertura y otra sin cobertura, en San Juan, Zacapa. Así mismo Pérez (13) reportó que para el área de la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango, Guatemala, la relación de pérdida de suelo es de 14 a 1 entre parcelas sin cobertura y con cobertura de pasto específicamente.

3.1.4.4. Suelos

Suárez de Castro (20) estableció que las condiciones físicas y químicas del suelo al impartirles mayor o menor resistencia a la acción de las aguas, tipifican y singularizan el comportamiento de cada suelo expuesto a condiciones similares de pendientes, lluvia y cobertura vegetal.

Baver *et al.* (9), citado por López⁽⁹⁾, indica que los efectos de las propiedades del suelo sobre la erosión hídrica se manifiestan de dos formas:

a) Aquellas propiedades que determinan la habilidad del suelo para permitir la penetración de la lluvia la cual depende de: La condición de la superficie del suelo representada por su rugosidad, el contenido de la humedad del suelo al momento de ocurrir la lluvia, la permeabilidad del suelo.

b) Por las propiedades que imparten al suelo resistencia a la dispersión, entre las cuales se encuentra la estructura, la textura, la mineralogía de la arcillas, el contenido de materia orgánica, los agentes cementales, etc.

La profundidad del suelo será otro factor importante en la susceptibilidad a la erosión, no solamente el arrastre de cierta cantidad de suelo es una consecuencia, también lo es la llamada "Erosión de la fertilidad", que consiste en la influencia que ejerce la escorrentía sobre los elementos constitutivos del suelo en una forma selectiva, manifestándose como una modificación de las características físicas y químicas del suelo, importante para ciertos fines obtener información de las cantidades de nutrientes por la escorrentía a los suelos (10).

Suárez de Castro (20) en una investigación sobre pérdidas de elementos en las aguas de escorrentía en Chinchiná, Colombia, determinó que para los tratamientos extremos, suelos desnudos y cafetal viejo; las relaciones en pérdida de nutrientes fueron de 6:1 para nitratos respectivamente, en tanto que para fósforo fue de 18:1, para potasio 17:1 y para calcio de 100:1.

3.1.4.5. Factores Socioeconómicos

Chan (7) incluye este factor, no menos importante; entre los factores que influyen en los procesos erosivos.

Suárez de Castro (20) indica que existen diversas circunstancias como: Distribución de la población y los terrenos agrícolas, la estabilidad de los precios de los productos agrícolas, el grado de educación del agricultor, las vías de comunicación, etc. que explican el uso y manejo inadecuado del suelo y como consecuencia la magnitud y características de la erosión en la región.

3.1.4.6. 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 ecológicas del lugar ya sea por necesidad, por ignorancia o por aplicar técnicas inadecuadas en el uso de los recursos naturales (12).

3.1.5 Prácticas de conservación de suelos

Suárez de Castro (20) define como todas las técnicas encaminadas a aumentar la resistencia del suelo o disminuir las fuerzas que intervienen en la erosión. 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.

Según López (9) el manejo y conservación de los suelos pueden clasificarse en dos grupos de técnicas: Técnicas biológicas y técnicas mecánicas.

3.1.5.1. Técnicas Biológicas

Estas técnicas consisten en una serie de procedimientos que tienen como objetivo la obtención de una cobertura adecuada y lograr el fortalecimiento de los caracteres y cualidades de los suelos para hacerlos más resistentes al proceso de erosión; a éstas prácticas o conjunto de técnicas, también se les conoce como prácticas agronómicas o culturales de conservación de suelos (15).

a) Distribución de los cultivos

La distribución de los cultivos es la base para todo programa de conservación, estos programas deben estar establecidos de acuerdo con la capacidad de uso de los suelos, tomando en cuenta las clases agrológicas de los mismos (9).

b) La siembra en Contorno

Consiste en disponer las hileras de siembra y verificar las labores de cultivo en forma transversal a la pendiente siguiendo las curvas a nivel (7).

Revolorio (15) señala que el establecimiento de los surcos perpendiculares a la pendiente y por ende al escurrimiento, ocasionan una fuerte disminución del proceso erosivo por la fragmentación que causan los surcos al actuar como micro diques.

Las prácticas de surcos de contorno o camellones de contorno si se les emplea, sólo va perdiendo su eficiencia en la medida que va aumentando la pendiente, pero sigue siendo eficaz si se le acompaña de otras medidas de protección adecuadas.

c) Cultivos en Fajas

Esta práctica consiste en establecer bandas cultivadas de anchura variable sobre terrenos con pendientes de 2 a 15%,siguiendo el sentido general de las curva a nivel, esto se realiza con el fin de alternar plantas que ofrecen poca protección al suelo, con plantas de crecimiento denso (7).

Esta técnica ofrece muchas ventajas de protección a los suelos, ya que las fajas de cultivo denso van a detener o disminuir la velocidad de la escorrentía, así mismo su volumen, cuando esta llega a los cultivos limpios o de escarda. Otra ventaja muy importante de esta técnica, es que participa con el cultivo en contorno y se presta para la rotación de cultivos.

d) Barreras Vivas

Son hileras de plantas perennes o semiperennes de crecimiento rápido y denso, que se cultiva transversalmente a la pendiente del terreno con determinado distanciamiento horizontal, el cual depende de la pendiente del terreno y que casi siempre sigue las curvas de nivel (7).

e) Rotación de Cultivos

Consiste en una secuencia de diferentes cultivos en ciclos agrícolas continuos en el mismo terreno.

Con una buena rotación de cultivos se logrará mejorar las condiciones del suelo, lo cual se reflejará en reducciones grandes en las pérdidas de suelo y agua. En lo posible los cultivos que se suceden en la rotación deben tener exigencias alimenticias diferentes, no ser susceptibles a las mismas plagas y enfermedades y crecer en diferentes grados de protección al suelo (9).

f) Plantas de Cobertura y Abonos Verdes

Las plantas de cobertura se utilizan para proteger al suelo contra la acción de las lluvias y mejorar sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento de los

cultivos; cuando éstas plantas se entierran se denominan abonos verdes y sus efectos benéficos en el suelo son por el aumento de materia orgánica y para los efectos que ésta tiene sobre las propiedades químicas y físicas del suelo, lo que determina una reducción de escorrentía del suelo y por ende en la pérdida de suelo por la erosión (7).

3.1.5.2. Técnicas Mecánicas

Consisten en realizar movimientos de tierra, modificando las características topográficas del terreno, (longitud y grado de la pendiente), facilitando la evacuación del agua, disminuyendo los escurrimientos superficiales y la erosión (14).

a) Canales de desviación

Son estructuras que sirven para evacuar volúmenes considerables de agua o desviarla de su curso natural, cortan el flujo del agua de escorrentía y la conducen a lugares protegidos para evitar el daño en el terreno (20).

b) Terrazas

Son camellones o terraplenes, la combinación de bordes y canales construidos en sentido perpendicular a la pendiente, con el objeto de interceptar y desviar la escorrentía o acumularla en canales para facilitar su infiltración y almacenamiento en suelo (11).

La construcción de las terrazas es una de las prácticas más efectivas para combatir la erosión en terrenos de cultivo; sin embargo, las terrazas mal diseñadas aceleran la erosión. La construcción de terrazas es también una de las técnicas más costosa y se deberán de construir donde se justifique el costo de inversión y mantenimiento y con cultivos rentables.

c) Acequias de Ladera

Son canales normales de sección trapezoidal de 30 cm en el fondo, con taludes de 1:1 y de profundidad y desnivel contruidos siguiendo una curva a nivel del terreno. Se construyen a una distancia de acuerdo a la pendiente y uso del terreno, a 0.15 m del borde superior de la acequia y a todo lo largo se siembra una planta como barrera viva con el objeto de infiltrar el agua que llegue al canal y en esa forma disminuir la cantidad de material que en él se deposite. Las acequias reducen la escorrentía y la erosión al dividir la longitud de la pendiente en tramos, cortando la escorrentía antes que la misma tome velocidades perjudiciales, subdividiendo el volumen total de la escorrentía de un terreno en porciones pequeñas fáciles de manejar (20).

3.1.6. Formas de erosión hídrica

Se conocen varias formas de erosión hídrica:

a) Erosión por salpicadura

Que ocurren cuando chocan las gotas de lluvia contra el suelo.

b) Erosión Laminar

Que consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes del suelo, sobre toda un área.

c) Erosión en Surcos

Que ocurre cuando por pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos puntos o sitios, hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar canalículas en el terreno.

d) Erosión en zanjones o cárcavas

Que se presenta generalmente cuando hay una gran concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno permitiendo que años tras años,

vayan ampliándose los surcos formados por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad (20).

3.1.7. Medición de las pérdidas de suelo por la Erosión

Existen diferentes formas para cuantificar las pérdidas de los suelos por efecto de la erosión dentro de los cuales tenemos:

a) Método de Clavos y Roldanas

Método para cuantificar pérdidas de suelo provocadas por el agua o el viento, con más confiabilidad, pero así mismo requiere del empleo de más recursos para su implementación y establecimiento que van a depender del motivo de estudio o bien de las características implícitas del área de estudio (14).

b) Método de las Corcholatas

Este método es utilizado en la medición de la erosión laminar, la cual puede ser producida por el agua o el viento (14).

c) Lotes de escurrimiento o Parcelas de Escorrentía

Las parcelas de escurrimiento constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica. Los pasos que constan se mencionan a continuación (15):

1. Se selecciona un área representativa de las condiciones donde se desea estimar la pérdida de suelo por la erosión.
2. Se ubican lotes o parcelas de escurrimiento de 2 x 10 metros a lo largo de la pendiente principal del terreno y se confinan mediante láminas de metal, asbesto, cemento o madera. Debe procurarse que queden enterrados y salgan de la superficie del terreno de 25 a 30 cm.
3. En la parte baja se ubica un tanque graduado en litros con capacidad tal que permita captar los escurrimientos máximos generados.

4. Después de cada día de lluvia se observa el volumen de escurrimiento captado en el tanque graduado y se toma una muestra de un litro.

5. Se filtra la muestra y se determina el peso de los sedimentos que acarreo este se multiplica por el volumen escurrido y se obtiene la cantidad total de suelo perdido por erosión.

6. La suma total de la pérdida de suelo perdido en kilogramo para los días de lluvia de un año y multiplicado por 500 da la pérdida por erosión en kilogramos por hectáreas por año.

3.1.8 Algunos estudios realizados en Guatemala

Hasta la fecha se han realizado trabajos de investigación desarrollados como tesis de grados en Licenciatura y tesis para optar el grado de Magister Scientiae sobre pérdidas de suelo por erosión hídrica. En algunas de estas investigaciones se ha utilizado el método de lotes de escurrimiento para cuantificar las pérdidas de suelo.

Esto constituye una barrera técnica, pues la falta de conocimientos experimentales y prácticos limita la recomendación de técnicas para cada cultivo, suelo y condiciones de los terrenos. Mientras tanto cada día aumenta el deterioro del recurso suelo; se han realizado estudios a nivel de cuenca donde aportan resultados de pérdida de suelo (11).

Ardón (3), en 1990, realizó un estudio sobre la "evaluación de tres prácticas de conservación de suelos y tres variedades de maíz"; utilizando las prácticas de barrera viva, acequias de infiltración y cultivos de cobertura. Determinó por el método de clavos y roldanas que la práctica que mejor controlaba la erosión era la de barrera viva. Concluyendo que en las condiciones del ensayo, las pérdidas de suelo por erosión hídrica eran de 5.2 ton/ha/año, en San Miguel Huité, Zacapa.

Bravo (4), en 1998 determinó, en el estudio preliminar de la erosividad de las lluvias en la República de Guatemala, que los valores de Isoerosividad variaban de 2,000 a 34,000 MJ/mm/ha/hora/año, utilizando ecuaciones de regresión.

Cabrera (5), en 1987, estableció en su estudio "Identificación de áreas críticas con base en criterios biofísicos y análisis básico de la degradación y transporte de sedimentos en la cuenca superior del río Chixoy", que la degradación media específica era de 1,660 ton/km²/año.

Cabrera (6), en 1986, en su investigación "caracterización de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Pensativo", indica que la cuenca posee una degradación específica de 2,100 ton/km²/año.

Chan (7), en 1992, refiere en su estudio, "evaluación de tres prácticas de conservación de suelos dentro de la subcuenca del río Pensativo, Sacatepéquez", que la degradación específica de la subcuenca del río Pensativo, es de 64,000 ton/km²/año, utilizando parcelas de esorrentía con las técnicas de barrera viva.

López (9), en el año 1990, evaluó tres prácticas de conservación de suelo en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez, utilizando el método de lotes o parcelas de escurrimiento, con el diseño estadístico de bloques al azar con 5 repeticiones y 4 tratamientos; determinando que la práctica que producía menores valores de esorrentía superficial era la de acequia con barrera viva, con una pérdida de suelo erosionado de 1.31 ton/ha/año.

Pérez (12), en 1993, estableció en su investigación "Efecto de prácticas rendimiento del cultivo de maíz, en la aldea San Juan, Zacapa", que estadística y económicamente la práctica de barreras muertas se presenta como opción tecnológica más asequible para las condiciones de agricultura de Secano.

Portillo (14), en 1977, determinó en su estudio "prácticas de manejo de conservación de suelos recomendables para el área del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango", que los rendimientos del cultivo al hacer uso de las

prácticas conservacionistas aumentaron considerablemente la producción y que el 80% de la erosión del suelo es debido a la fuerza de arrastre del agua de la lluvia y las pronunciadas pendientes de los terrenos sin dar datos concretos sobre arrastre de sedimentos.

Saguil (16), en 1995, en su estudio "evaluación de tres prácticas de conservación de suelo y agua, en dos sistemas tradicionales de cultivo en asocio en Buena Vista, Quezada, Jutiapa", determinó que el mejor resultado y control, es con la práctica de acequia más barrera viva, con valores de degradación de 0.36 ton/ha/año, utilizando las prácticas de acequia, barrera viva y acequia más barrera viva, con maíz, frijol y sorgo, para el control del escurrimiento superficial y suelo erosionado en lotes o parcelas de esorrentía en análisis estadístico de bloques al azar en arreglo bifactorial de parcelas divididas con 8 tratamientos y 5 repeticiones.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Características generales de la Cuenca

La Cuenca alta del río Chixoy comprende un área de 5,495 km² y un perímetro de 490 km aproximadamente, se extiende desde los Cuchumatanes, parte alta de los departamentos de Totonicapán, Quiché y Huehuetenango hasta la desembocadura del río Chixoy en la presa de Pueblo Viejo, en el departamento de Alta Verapaz; las coordenadas geográficas están entre los meridianos 91°40' y 90°00', longitud oeste de Greewach y los paralelos 14°50' y 15°35', latitud norte, las alturas oscilan de 3,800 a 700 msnm en el embalse (Figura 1A).

3.2.2 Características y ubicación del sitio experimental

El sitio experimental se encuentra en La cuenca del río Cuntzé, en la aldea Pueblo Viejo, Malacatancito, del departamento de Huehuetenango, situada en el

extremo occidental de la macrocuenca del río Chixoy, a una distancia de 31 kms. de la cabecera municipal por vereda Noreste y a 248 kms. de la ciudad capital, atravesando por la carretera Interamericana CA-1, de occidente. La aldea está ubicada en las coordenadas de Latitud $15^{\circ}09'16''$ y una longitud de $91^{\circ}25'45''$, su altura sobre el nivel del mar es de 1,910 mts, su extensión territorial es de 128 km², con una pendiente media del 32 por ciento (Figuras 1, 2).

3.2.3 Geomorfología y Fisiografía

Según Simmons (18), el área en estudio de la cuenca se encuentra en la división geográfica de la altiplanicie central que consiste de fuertes ondulaciones, formada principalmente de ceniza volcánica pomácea, seccionada completamente con barrancos escarpados y formación de cárcavas.

3.2.4 Clima y zona de vida

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdrige, el área corresponde a la zona ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical Bhmb (s), la precipitación pluvial media anual es de 1,075 mm distribuidos en 121 días de lluvia y una temperatura media anual de 21°C, el clima es templado con invierno benigno(B'2b').

3.2.5 Hidrografía

El río Chixoy (río negro) nace en la intersección de los departamentos de Huehuetenango, Totonicapán y Quiché; sus principales afluentes (río blanco, molino, calá, serchíl, pacaranat, chilil, pasabaquiej, chibalán, chicruz, salamá y carchelá), estos conforman la cuenca alta del río Chixoy (Figura 1A). La parte media de la cuenca tiene un caudal de 45 m³/s, con una temperatura de 19 a 25°C.

3.2.6 Suelos

Pertenece a la serie de suelos Quiché, material madre cenizas volcánicas pomácea, textura franco arcillo-arenosa y estructura granular fina en los primeros 20 cm de profundidad del perfil del suelo, con un pH 5.3. El uso de los suelos es de explotación agrícola principalmente de hortalizas (18).

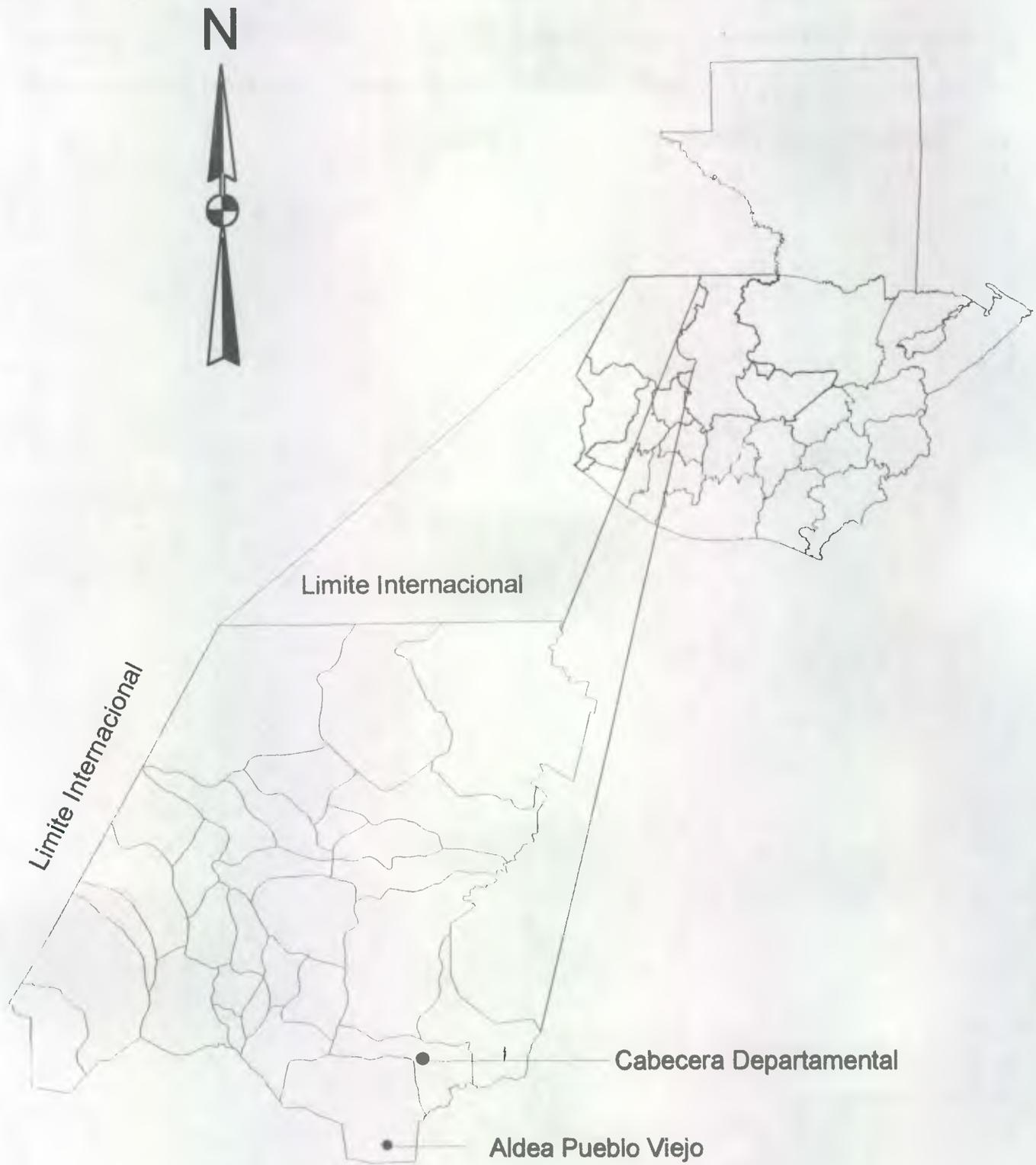
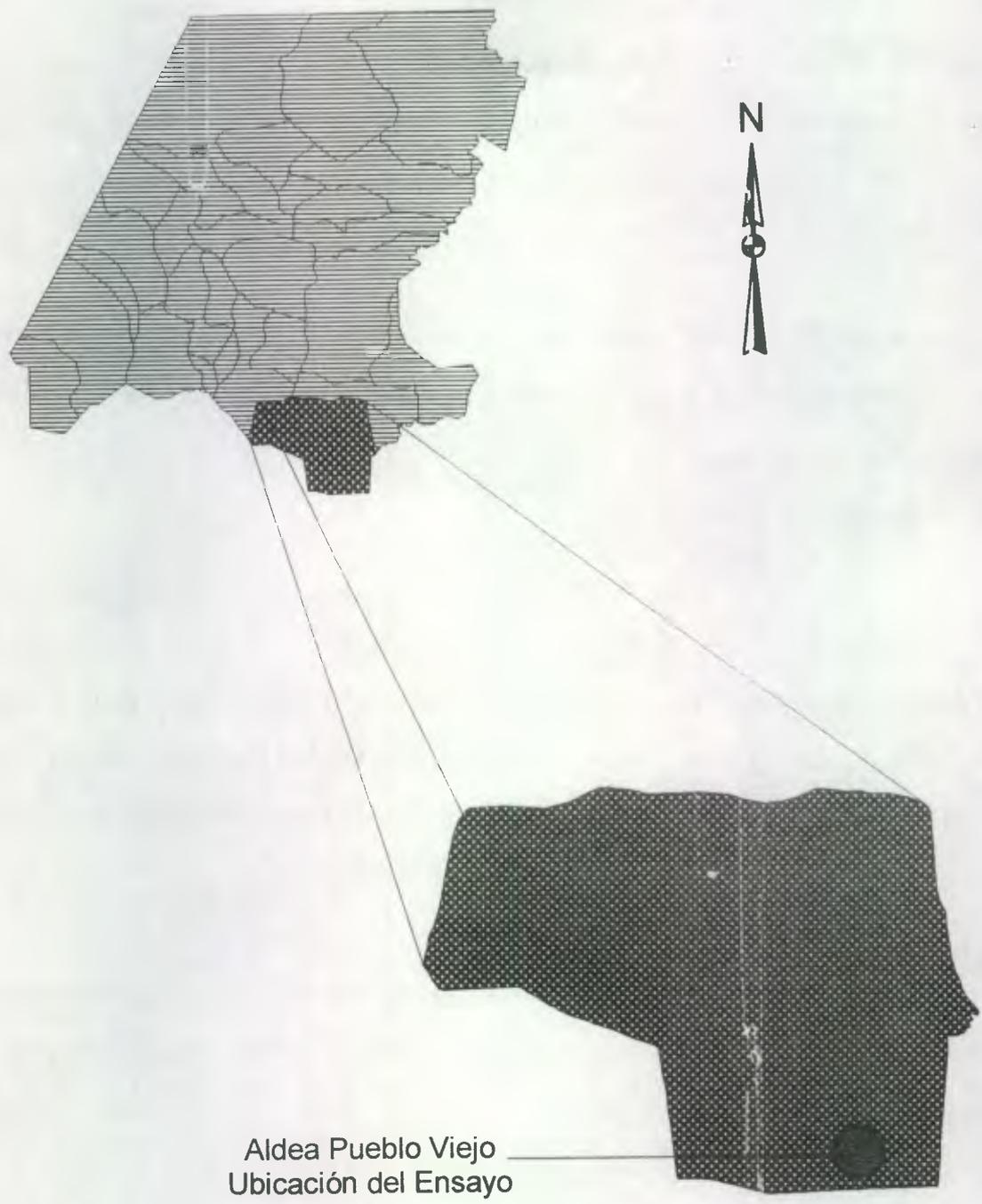


FIGURA 1: Ubicación Geográfica del Departamento de Huehuetenango (Sin escala) .



Aldea Pueblo Viejo
Ubicación del Ensayo

FIGURA 2. Ubicación del ensayo, en la aldea "Pueblo Viejo", Malacatancito, Huehuetenango.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el efecto de tres prácticas de conservación de suelo y agua en el control de la erosión hídrica en la subcuenca del río Cuntzé, Pueblo Viejo, Matcatancito, Huehuetenango.

4.2 Específicos

4.2.1 Medir y comparar los volúmenes de escurrimiento superficial y suelo erosionado, provocados por la precipitación pluvial en las prácticas de terrazas, acequias con barrera viva, surcos en contorno con barrera viva y manejo tradicional en parcelas con cultivo de chile pimiento (Capsicum frutescens L.).

4.2.2 Evaluar y comparar los costos de implementación y mantenimiento de las estructuras de conservación de suelo-agua y su impacto en la producción para el primer año y su proyección a cinco años.

4.2.3 Cuantificar y comparar el efecto de las prácticas de conservación de suelos sobre el rendimiento del cultivo y la rentabilidad de las mismas, en el primer año de evaluación.

V. HIPOTESIS

5.1 Al menos una de las prácticas de conservación de suelo y agua reduce significativamente los efectos de la erosión hídrica en relación a la práctica tradicional de manejo de los suelos en el área.

5.2 Existen diferencias en los costos de implementación y mantenimiento de las estructuras de conservación de suelo-agua y su impacto en la producción.

VI. METODOLOGIA

6.1 Diseño del Experimento

6.1.1 Tratamientos evaluados

Con base en las características de los suelos, aspectos socioeconómicos y agricultura practicada en el área; además por ser las prácticas más utilizadas por los agricultores con el apoyo del Proyecto UNEPROCH, se seleccionaron las siguientes prácticas (Figuras 3, 4, 5, 6).

- a) Terrazas de banco (TB).
- b) Acequia con barrera viva (Ac+Bv).
- c) Camellones en contorno con barrera viva (Cc+Bv).
- d) Testigo (cultivo tradicional).

6.1.2 Diseño Experimental

Se utilizó el método de lotes o parcelas de escurrimiento y el diseño utilizado fué el de bloques al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 20 unidades experimentales de 48 mts² cada una, de forma rectangular (8 mts x 6 mts). El área total del experimento fué de 960 mts², con una pendiente media del 32%, las unidades experimentales se ajustaron a la forma, tamaño del terreno disponible y diseño utilizado.

Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = u + t_i + B_j + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.

u = efecto de la media general.

t_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

$$i = 1, 2, 3 \text{ ----- } t$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ ----- } r$$

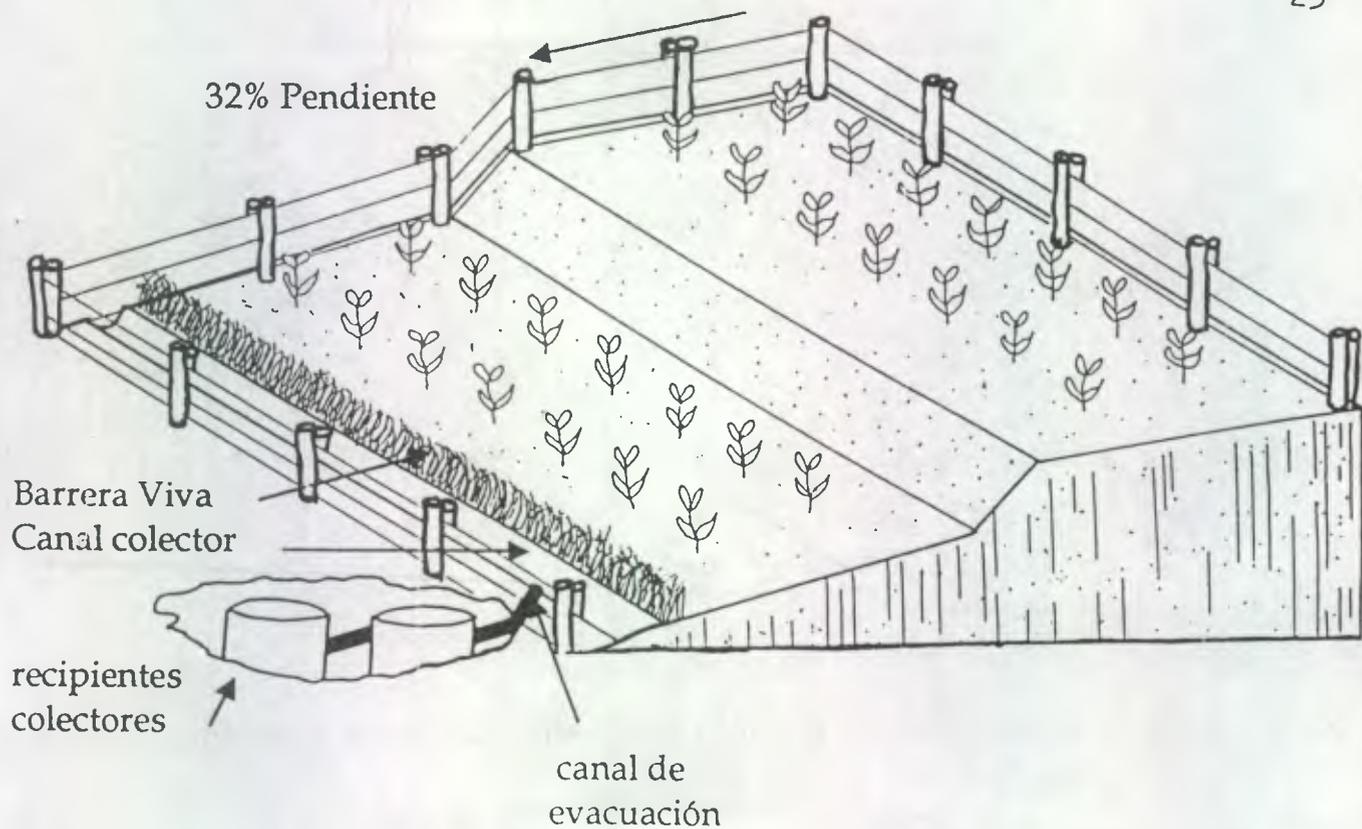


FIGURA 3. Sección transversal del tratamiento Terraza de Banco

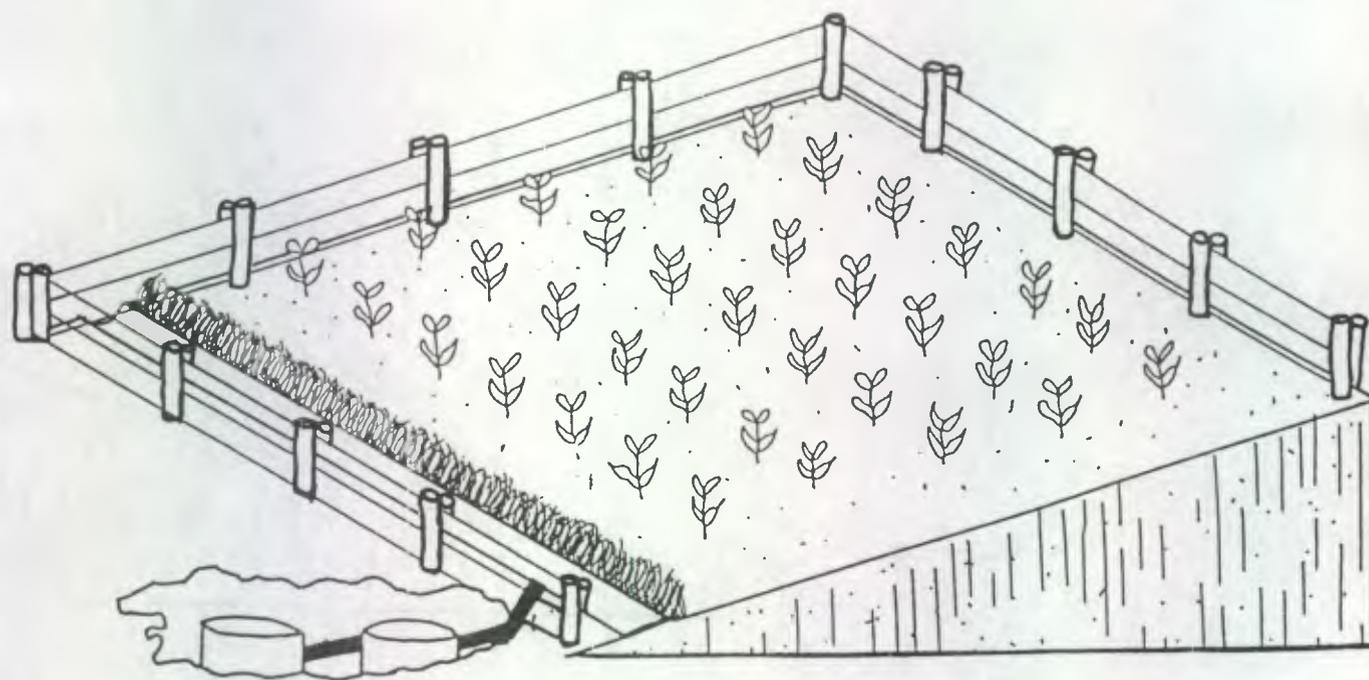


FIGURA 4. Sección transversal del tratamiento Acequia con barrera viva.

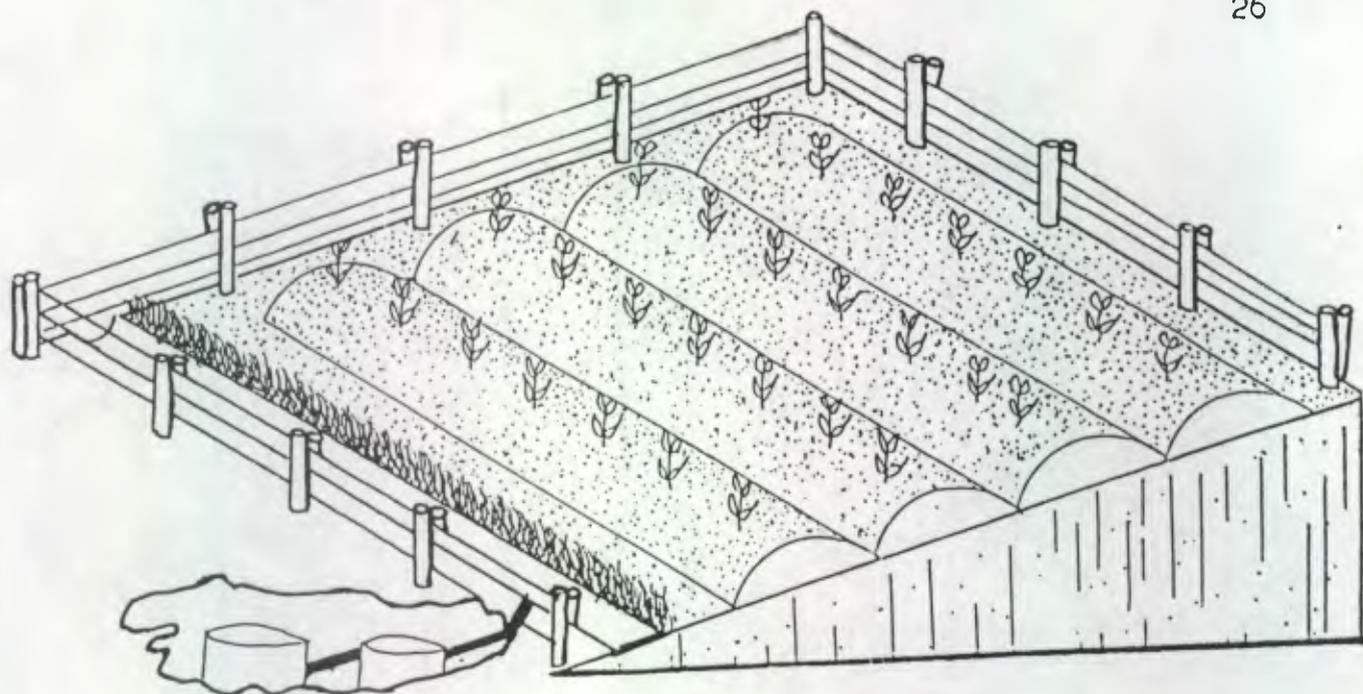


FIGURA 5. Sección transversal del tratamiento Surcos en contorno con barrera viva.

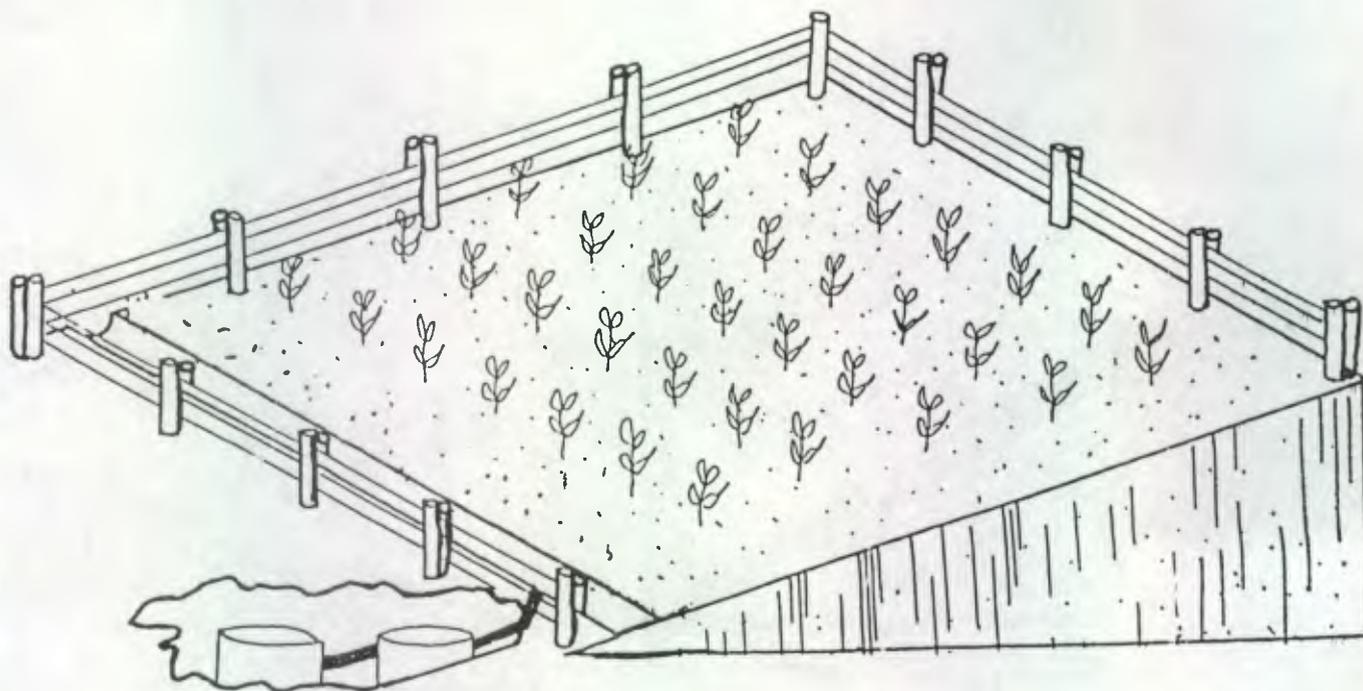


FIGURA 6. Sección transversal del tratamiento Testigo.

6.2 Manejo del experimento

6.2.1 Confinamiento de las parcelas

El método utilizado para estimar la escorrentía y la erosión hídrica fue el de parcelas de escorrentía, las unidades experimentales fueron aisladas con lámina de metal de 0.30 m de ancho, enterradas a una profundidad de 0.15 m y fijadas con estaca de madera de 0.50 m de largo (figura 7).

6.2.2 Sistema colector de agua y sedimentos

a) Canal colector

En la parte inferior de las parcelas de escorrentía se construyeron zanjas trapezoidales de 0.30 m de base y 0.30 m de altura; estas fueron recubiertas con plástico negro para evitar el efecto de infiltración.

b) Canales de evacuación

Para conducir el agua y los sedimentos de los canales colectores a los recipientes colectores, se utilizaron canales semicirculares de lámina galvanizada de 0.80 m de largo.

c) Recipientes colectores

Se utilizaron 2 toneles plásticos de 200 litros de capacidad cada uno por cada parcela, requerimiento determinado por Revolorio, con base al escurrimiento básico posible del área por el método racional modificado (15). Los toneles se colocaron en agujeros de 1.5 m³ y con la abertura a una altura de 0.10 m por debajo del canal de evacuación. Los toneles de cada parcela se conectaron en su parte superior por medio de un tubo pvc de 1 pulgada de diámetro.

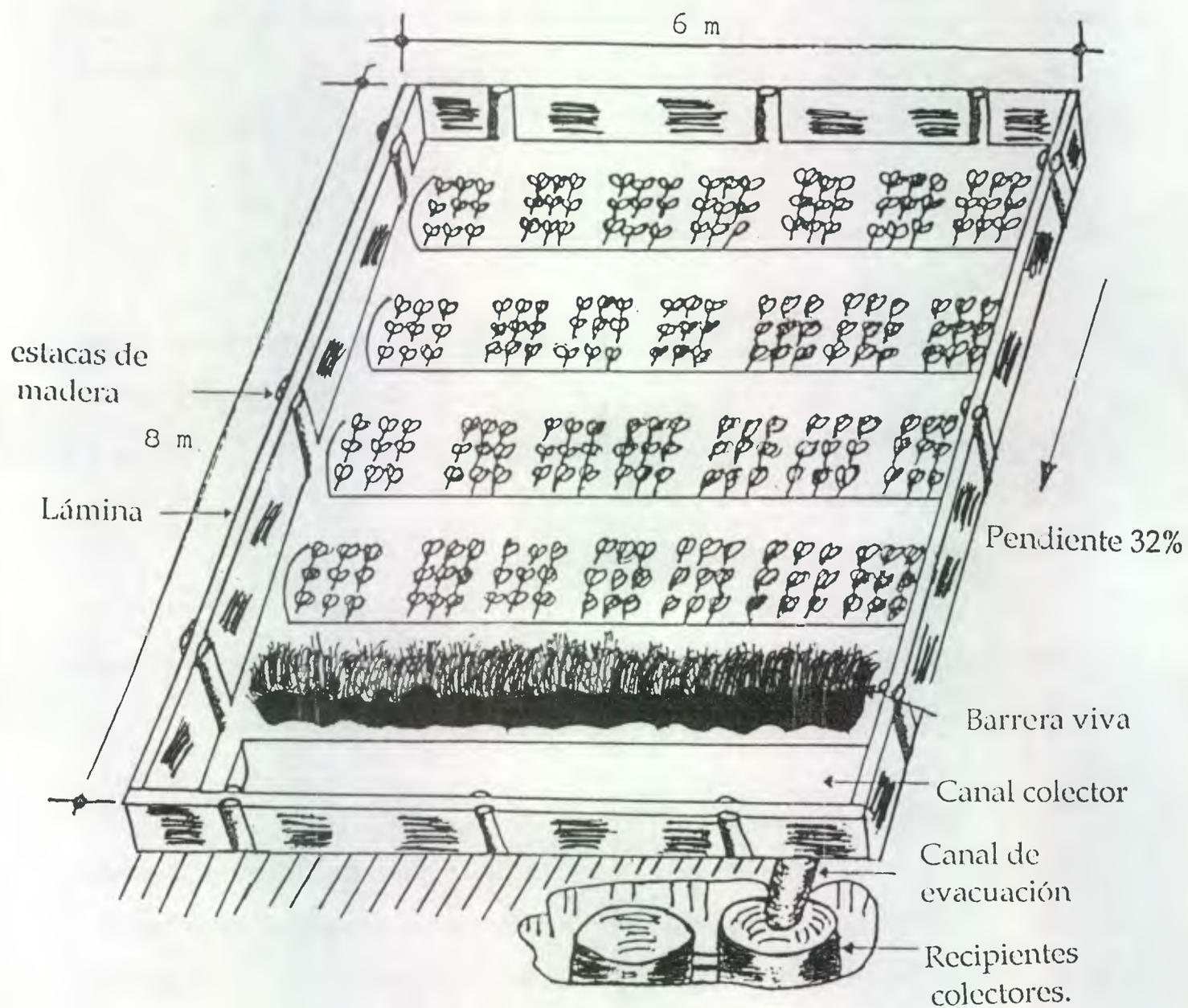


FIGURA 7. Esquema de una parcela de esorrentía establecida en el ensayo.

6.3. Medición de las variables

6.3.1 Precipitación pluvial

Esta variable se midió por medio de un pluviógrafo de banda semanal de 10 mm, instalado en la estación meteorológica de Xeabaj a 10 kms de distancia del sitio experimental. Se determinó la precipitación pluvial total en mm, que produjo cada evento de lluvia, así como la intensidad de los mismos.

Para la definición de cada evento de lluvia se siguió el criterio de Wischmeier 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 mm.

La medición de la precipitación pluvial se realizó desde el mes de mayo a noviembre (desde que se estableció la época lluviosa hasta que se produjeron las últimas precipitaciones).

6.3.2 Escurrimiento superficial

El escurrimiento se midió luego de cada evento de lluvia que provocó escorrentía. Para medir esta variable en los recipientes colectores, se utilizó una regla graduada en mm, con el sistema métrico decimal, a fin de obtener la altura alcanzada por el agua escurrida, medida que junto a la utilización de una tabla con datos de los recipientes colectores, permitió calcular el volumen escurrido, expresado en m³/ha/año.

6.3.3 Volumen de suelo erosionado

Se determinó en cada evento de lluvia que provocó arrastre; sumando los sólidos en suspensión y los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores (toneles).

6.3.4 Sólidos en suspensión

Para cuantificar los sólidos en suspensión se tomó una muestra de 1 litro de agua escurrida en cada recipiente colector. La muestra se filtró, se secó utilizando un horno de convección a 60°C/12 horas, luego de secada la muestra; se determinó su peso con la ayuda de una balanza analítica. El peso de cada muestra fue convertido a peso de volumen total escurrido por evento.

6.3.5 Sedimentos

Los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores, se sacaron y secaron bajo sombra, luego se pesaron. El suelo erosionado fue expresado en ton/ha, por evento y tratamiento, luego se obtuvo el total en ton/ha/año.

A todas las muestras de suelo erosionado, se les sometió a diferentes análisis en el laboratorio de suelo y planta "Ing. Agr. Salvador Castillo" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para determinar,

Porcentaje de humedad, por método gravimétrico (18).

Densidad aparente, por el método de la probeta (1).

Granulometría, método del hidrómetro de Bouyucos (15).

6.3.6 Rendimiento del cultivo

Se tomó como base una parcela neta de 30.24 m² por cada parcela bruta, eliminando 2 surcos y 2 plantas por surco en los extremos. El rendimiento se determinó en peso fresco por parcela neta, expresados en kg/ha.

Los valores de precipitación, número de eventos, cantidad de lluvia, intensidad, se obtuvo a través de los registros del pluviógrafo.

A las variables: Escurrimiento en m³/ha/año, suelo erosionado en ton/ha/año y rendimiento del cultivo en kg/ha, se les realizó un análisis de

varianza (ANDEVA) y cuando se detectó diferencias significativas se realizó una prueba de medias para lo que se utilizó el comparador, TUKEY.

6.4 Establecimiento y manejo del cultivo

Se sembró chile pimiento (Capsicum frutescens L.), variedad tropical Irazú, por ser uno de los cultivos de mayor establecimiento junto con el tomate en el área de estudio. Se construyeron 10 surcos por parcela, utilizando por la época, pilón artesanal elaborado de papel periódico (prensa), de bajo costo y para tener mayor control sobre las enfermedades. El establecimiento y manejo del cultivo se realizó de acuerdo a tecnología empleada por los agricultores del área que considera: (fertilización, control de plagas, control de enfermedades, control de malezas, riego, poda y cosecha), con distancia de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.30 m entre posturas cosechando a los 90 días del trasplante (figura 2A).

6.5 Descripción del pasto utilizado como barrera viva

El pasto que se utilizó fue (Setaria sphacelata S), conocido en el medio como pasto setaria, mijo dorado, pasto rhodesia. Es una especie perenne, robusta, de amacollamiento, con tallos de hasta 180 cm de altura, se adapta a zonas de 600 mm de lluvia anuales, resiste la sequía y el anegamiento, prefiere los suelos húmedos y fértiles. Se utiliza para pastoreo o corte durante la época de lluvia y en terrenos con riego, en períodos secos es improductiva. Es una de las poáceas que da brotes tiernos a principio de las lluvias, el sistema de siembra es en asocio con soya perenne y kudzú, en surcos a una profundidad de 5 cm, produce una cantidad de masa verde 60 ton/ha/año, contiene de 8 a 9 por ciento de proteína bruta.

Es un pasto introducido a las comunidades de la cuenca del río Chixoy, por la Unidad Ejecutora del Proyecto Chixoy (UNEPROCH), utilizado como barrera viva en los terrenos ya que es aceptado por los agricultores por ser de rápido crecimiento y amacollamiento, para alimento de ganado vacuno, porcino y aves.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Precipitación pluvial

7.1.1 Precipitación total mensual

En el cuadro 1 se presentan los valores de la precipitación mensual para el período del estudio durante la época lluviosa en el año 1999 y valores de precipitación del año 1998 como comparador. Partiendo de estos datos se calculó para el área experimental, una precipitación promedio de 902.30 mm, durante la época lluviosa que se presentó en los meses de mayo a noviembre del año 1999, y las mayores cantidades se registraron en los meses de agosto y septiembre.

Cuadro 1. Promedios de precipitación pluvial mensual en mm, registrados durante la época lluviosa en Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.

MES	AÑO 1998	AÑO 1999
Mayo	125.30	71.10
Junio	191.20	127.50
Julio	174.10	115.90
Agosto	57.30	215.30
Septiembre	195.30	225.50
Octubre	216.50	138.00
Noviembre	74.40	9.00
Total	1034.1	902.3

Fuente: Registros estación Meteorológica Xeabaj-UNEPROCH.

En la figura 8 se observa el comportamiento de la distribución de la lluvia en los meses de mayo a noviembre para los años 1,998 y 1,999. El comportamiento es bimodal, con máxima precipitación para los meses de junio y septiembre respectivamente. Esto indica que en esos meses, el riesgo de erosión hídrica es mayor y por lo tanto, debe protegerse el suelo con prácticas de conservación.

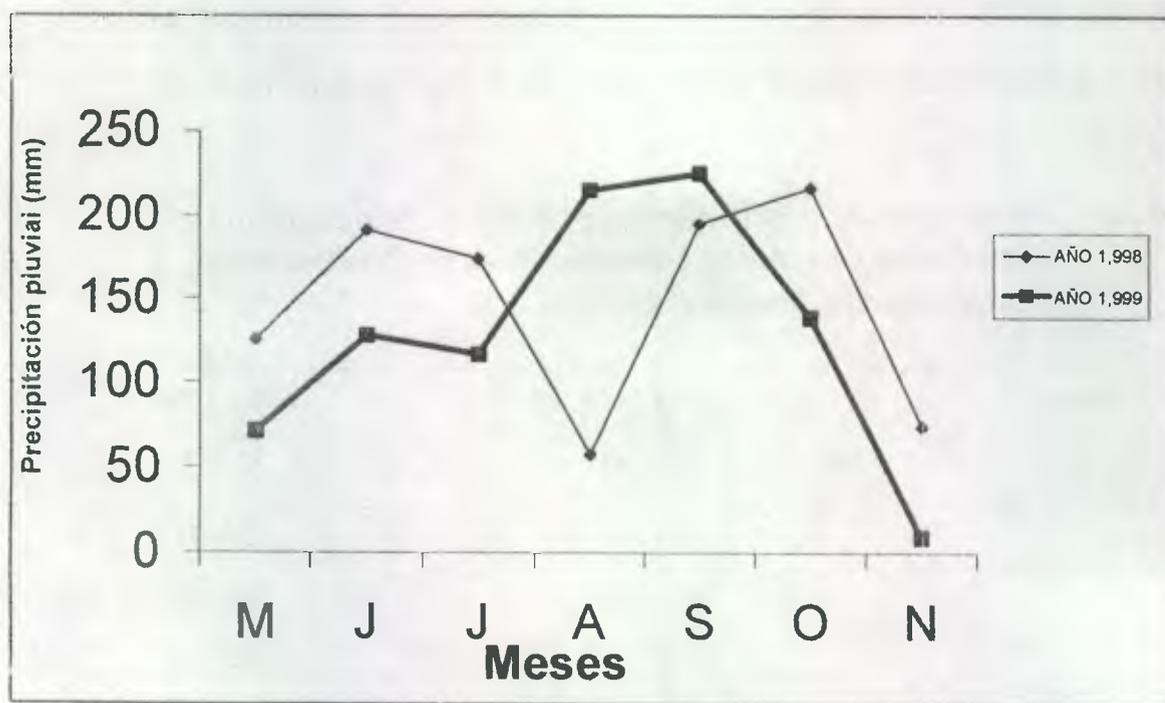


Figura 8. Distribución de la Precipitación Pluvial mensual en Pueblo Viejo, Malacatancito, años 1998 – 1999.

7.1.2 Intensidad

En el cuadro 1A se presenta el listado de eventos de lluvia con su respectiva lámina y se puede observar que la menor lámina caída fue de 0.5 mm y ocurrió el 4

de octubre con una intensidad media de 0.17 mm/hora, la mayor precipitación durante el período de medición ocurrió el 18 de octubre con una lámina de 35.6 mm y una intensidad de 3.56 mm/hora.

7.1.3 Frecuencia de las precipitaciones

En el cuadro 2, se observan las cantidades precipitadas en Pueblo Viejo, Malacatancito, durante la época lluviosa de 1,999 las cuales se distribuyeron en 5 clases a intervalos de 5 mm. El total de eventos fue de 100 de los cuales el 79% de los eventos de lluvia presentaron intensidades hasta de 15 mm/hora, alcanzando el 49.65% del total de la lámina precipitada; por otro lado, las lluvias que presentaron intensidades de más de 15 mm/hora, constituyen el 21% del total de eventos de lluvia y alcanza el 50.35% de la lámina total precipitada.

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

Cuadro 2. Precipitación pluvial y frecuencia distribuidas en 5 clases de lluvia, Ocurridas en Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango, del 4 de Mayo al 31 de Noviembre de 1,999.

Lámina (mm)	Precipitación (mm)	%	Frecuencia	%
0 - 5	81.4	10.13	35	35
5 - 10	190.5	26.65	28	28
10 - 15	176.1	12.87	16	16
15 - 20	117.3	15.22	8	8
> 20	337.00	35.13	13	13
TOTAL	902.30	100.00	100	100.00

7.2 Escurrimiento Superficial

El escurrimiento superficial varió entre las diferentes prácticas de conservación de suelos evaluadas.

En el cuadro 4A se presentan los resultados promedio calculados para cada uno de los tratamientos y gráficamente en la figura 9. Donde se observa que el testigo fué el tratamiento en donde se produjo mayor volúmen de esorrentía con $187.98 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$; el tratamiento que presentó menor volúmen de escurrimiento fué el de terraza de banco de absorción dando un promedio de $37.86 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, lo cual representa un 20.14% del escurrimiento obtenido del testigo. Esto quiere decir, que se evitó perder en la parcela con la práctica de conservación indicada un 79.86% del escurrimiento.

En la práctica de acequia con barrera viva, escurrieron $50.39 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, corresponde al 26.81% de lo escurrido en la parcela testigo; mientras que el escurrimiento en la práctica de surcos en contorno con barrera viva fué de $145.77 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, que corresponde al 77.55% respecto al testigo. Por lo tanto, en el primer caso se evitó perder en la parcela el 73.19% y en el segundo caso el 22.45% del escurrimiento.

Lo anterior demuestra que con barrera viva se obstaculiza el paso del agua de esorrentía. Sin embargo, el control de la esorrentía no es muy eficiente con esta práctica debido al grado de la pendiente del terreno, frecuencia e intensidad de las lluvias.

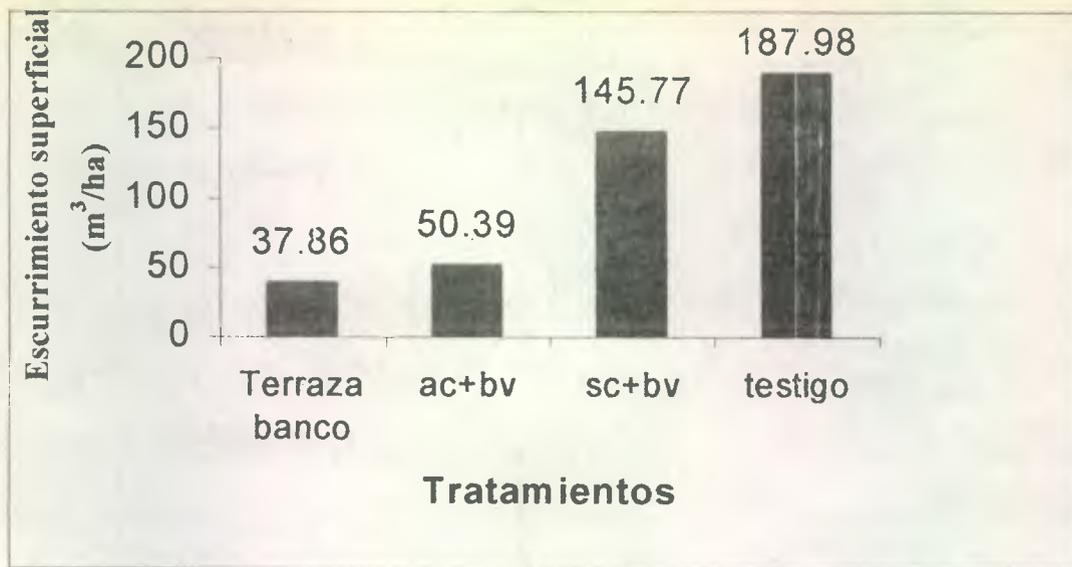


Figura 9. Promedios de escurrimiento superficial en m³/ha registrados en los tratamientos evaluados (Mayo a Noviembre de 1,999).

Los resultados de estos análisis se presentaron en el cuadro 3, los mismos indican que existen diferencias significativas entre las prácticas de conservación.

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

Cuadro 3. Análisis de varianza para el escurrimiento superficial registrada m³/ha.

F. V	GL	S. C	C. M	FC	Pr>F
Trat	3	80183.9	26757.99	343.36	0.0001*
Rep	4	1286.0			
Error	12	934.1			
Total	19	82404.0			

C. V = 8.36%

* = existe diferencia significativa al 0.05

Con base en el análisis de varianza presentado en el cuadro 3, se comprueba la diferencia de valores de escorrentía entre tratamientos y se establece que las prácticas evaluadas contribuyen a disminuir el volúmen de escurrimiento superficial.

Las prácticas de terraza de banco y acequia con barrera viva, que no presentaron diferencias significativas entre sí, disminuyen la cantidad de agua de escorrentía en alrededor de un 46.95% de lo que escurre cuando no existe práctica de conservación.

Cuadro 4. Prueba de Tukey a las medias de escurrimiento superficial en m³/ha, obtenidos de los tratamientos evaluados durante la época lluviosa de 1,999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.

Tratamiento	escurrimiento medio m ³ /ha/año	TUKEY *
Testigo	187.98	a
sc+bv	145.77	b
A+bv	50.39	c
tb (terrazza banco)	37.86	c

- 0.05 significancia

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

De acuerdo con la prueba de Tukey (cuadro 4), se establece que el escurrimiento fue mayor en el testigo. El menor volumen de escurrimiento superficial lo presentaron los tratamientos de terraza de banco y acequia con barrera viva, los que fueron estadísticamente iguales.

7.3 Suelo erosionado

7.3.1 Cantidad de suelo erosionado

Durante el período de estudio, del total de los eventos de lluvias, tuvieron la capacidad de provocar erosión 21 eventos en las prácticas evaluadas. En el cuadro 5A, se presenta el promedio y porcentaje de suelo erosionado en ton/ha/año de los tratamientos, relacionado con el tratamiento testigo y gráficamente en la figura 10.

La cantidad de suelo erosionado de las prácticas evaluadas, se comparó con el testigo, obteniendo en la práctica de terraza de banco un valor de 34.51% del total de la cantidad de suelo erosionado en el testigo. El tratamiento acequia con barrera viva presentó una erosión equivalente al 54.05%. El tratamiento surcos en contorno con barrera viva tuvo un valor de suelo erosionado de 82.82% del total del testigo. Estos resultados indican que las terrazas de banco reducen en mayor cantidad la erosión hídrica del suelo, en comparación a la práctica tradicional de cultivo.

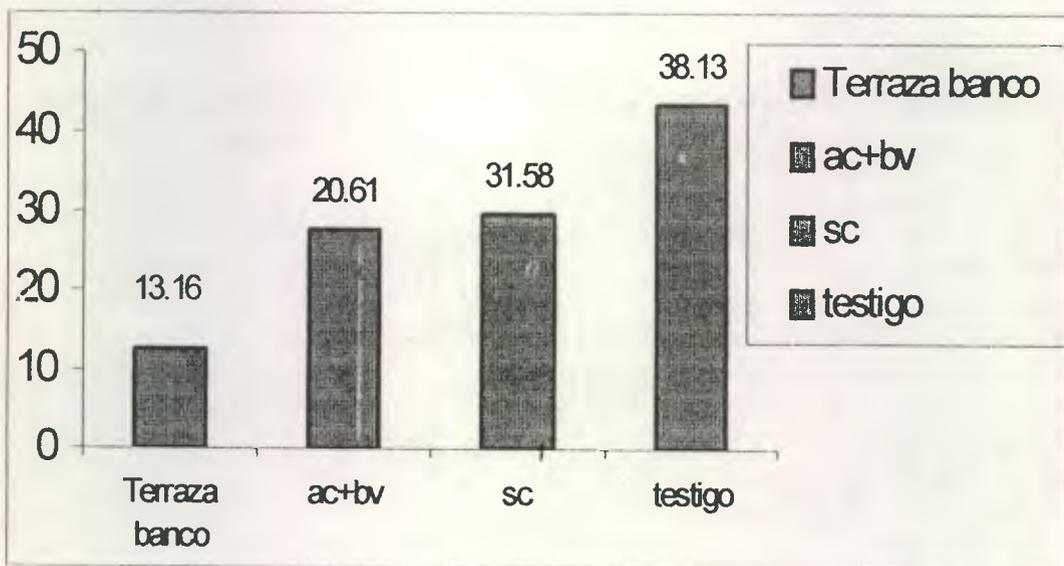


Figura 10. Promedio de Sedimentos en ton/ha/año, expresados en porcentaje producidos en las parcelas de escorrentía.

Cuadro 5. Análisis de varianza de los totales de suelo erosionado en ton/ha/año por tratamiento.

F.V	G.L	S.C	C.M	FC	P ₁ >F
Tratamiento	3	3763.10	1254.36	13.25	0.0004*
Repetición	4	2328.66			
Error	12	1135.65			
Total	19	7227.42			

C.V. = 30.48%.

El ANDEVA (cuadro 5) determinó que existe diferencia significativa entre pérdidas de suelo registradas en el testigo con los otros tratamientos evaluados, por lo tanto, se establece que con la aplicación de las prácticas de conservación evaluadas, se reduce la pérdida de suelo por erosión hídrica, aceptándose la primera hipótesis planteada, por lo que se procedió a efectuar prueba de Tukey.

Cuadro 6. Prueba de Tukey a las medias de suelo erosionado en ton/ha/año, registrados en los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Media de los sedimentos ton/ha/año	Tukey *
Testigo	52.132	a
Sc+bv	35.580	a b
a+bv	24.750	b c
Tb	15.208	c

* 0.05 significancia.

Mediante la prueba de Tukey (cuadro 6), se demuestra que la media de los sedimentos registrados en las prácticas de terraza de banco y acequias con barrera viva, son estadísticamente iguales. Estos tratamientos son los que presentaron las menores pérdidas de suelo (Figura 10), y a la vez fueron los que más redujeron la escorrentía superficial (Figura 9), en consecuencia, éstas prácticas de conservación fueron las más eficientes en el control de erosión hídrica.

7.3.2 Característica de los sedimentos

7.3.2.1 Granulometría

En la figura 11 se presentan los resultados del análisis mecánico de suelo del área de estudio. Se observa que cuando no existen prácticas conservacionistas, la erosión hídrica arrastra grandes cantidades de arenas, en un 68%; mientras que, las cantidades de limos y arcillas son bajas (20% y 12% respectivamente). Esto se da como consecuencia de que la textura de los horizontes superficiales es franco-arenoso y la capacidad de arrastre de la escorrentía también es alta.

Para la evaluación realizada, en la práctica de terraza de banco, las arenas se pierden en 51%, los limos en 35% y las arcillas con 14%. Esto cambia en la práctica de acequia y barrera viva, aumentando las arenas en 64% y bajando el porcentaje de limos y arcillas en 26% y 10% respectivamente. Para la práctica surco en contorno y barrera viva los valores encontrados fueron de 45% de arena, 41% de limos y 14% de arcillas.

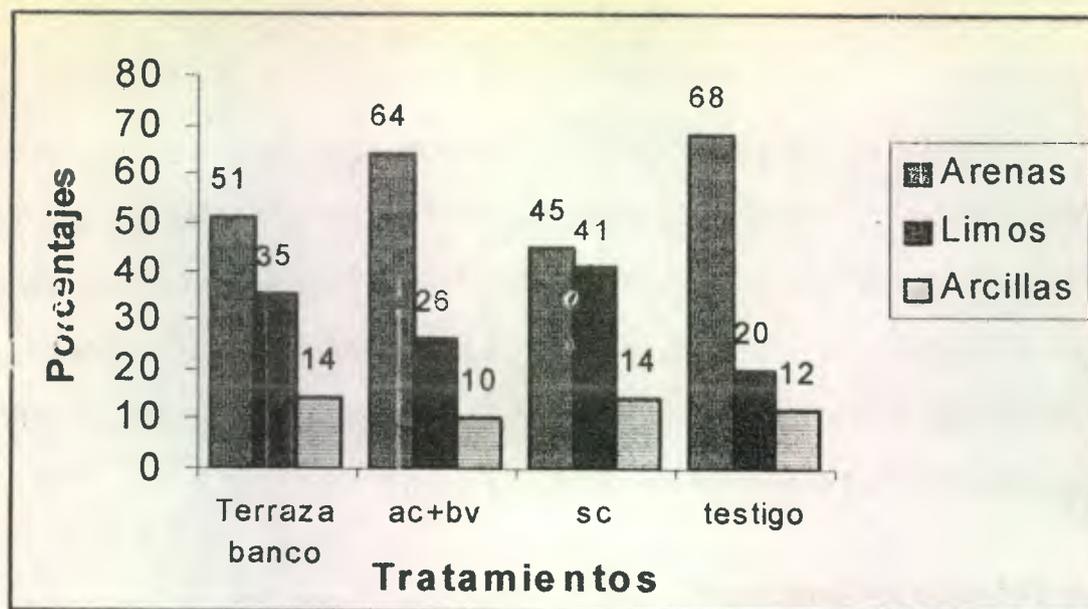


Figura 11. Distribución de las partículas de los sedimentos de acuerdo al tamaño por tratamiento evaluados.

7.4 Rendimiento del cultivo

En la figura 12 se presentan los valores del rendimiento en peso fresco del chile pimiento (*Capsicum frutescens* L.) con los diferentes tratamientos.

Con base en los datos se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en la práctica terraza de banco con 28,444 kg./ha (627 qq/ha), comparado con el testigo con 12,833 kg./ha (286 qq/ha), lo cual demuestra la influencia de la erosión del suelo sobre el rendimiento obtenido. Aunque la literatura indica que el efecto de las prácticas conservacionistas sobre el rendimiento de los cultivos, se observan después de 3 o 5 años de instaladas; en el presente caso, sí se observaron diferencias estadísticas significativas en el primer año de evaluación.

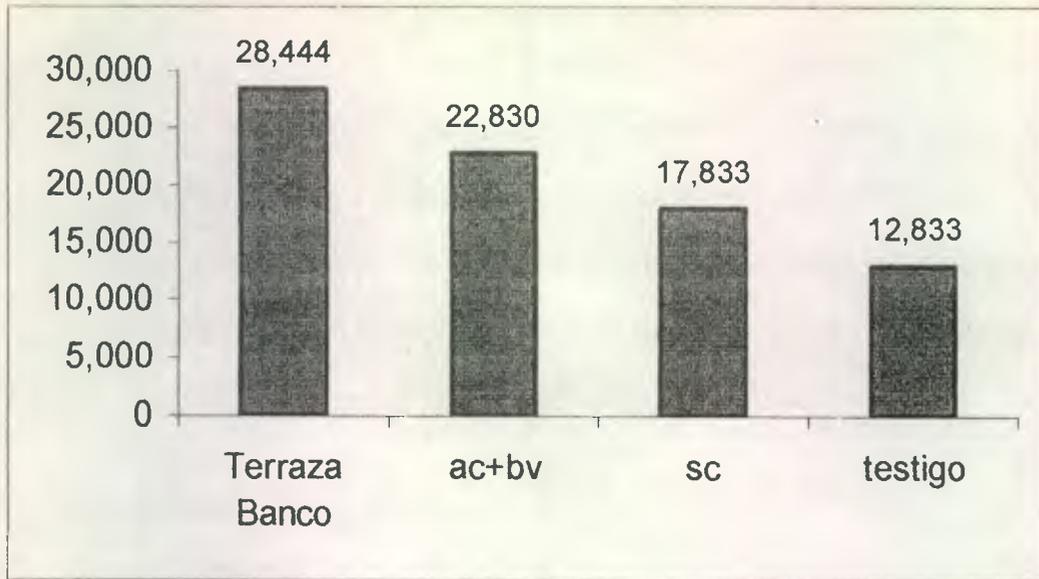


Figura 12. Rendimiento en kg/ha de chile pimiento en los tratamientos evaluados.

El análisis de varianza presentado en el cuadro 7 muestra que si hubo efecto significativo de las prácticas de conservación evaluadas sobre el rendimiento del cultivo en comparación al testigo; por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada. Debe de tomarse en cuenta que el efecto directo de las prácticas de conservación de suelo sobre el aumento de rendimiento de los cultivos, no es inmediato sino a mediano y largo plazo. De lo anterior se puede señalar que a pesar de ser el primer año de evaluación en ésta área de la cuenca, es evidente el efecto de éstas prácticas de conservación sobre el rendimiento del cultivo. Los rendimientos se dieron de una parcela neta que fue igual para todos los tratamientos.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento del chile pimiento en kg/ha.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Trat	3	6553092	2184364	31	0.0
Rep	4	575216			
Error	12	83173			
Total	19	72114826			

C.V. 4.13%.

7.5 Costos por hectárea de las tres prácticas de conservación con cultivo de chile pimiento, proyectado a cinco años

En el cuadro 8A se presentan los costos de establecimiento y mantenimiento de las prácticas evaluadas. Estos se determinaron con base a la información recabada en el sitio experimental. El costo total de producción de una hectárea de chile pimiento es mayor al aplicar prácticas conservacionistas comparado con el testigo; sin embargo, el mayor costo de estas prácticas es el de establecimiento y se da para el primer año. La práctica de terraza de banco da una rentabilidad de 7.48% y un beneficio neto de Q. 7,497.49/ha para el primer año, comparado con el testigo con una rentabilidad de 4.89% y un beneficio neto de Q. 2,152.59/ha. Proyectado a cinco años los beneficios y la rentabilidad aumentan considerablemente en las prácticas de conservación respecto del testigo.

Debe tomarse en cuenta¹ que el uso de prácticas de conservación proporcionan beneficios al evitar la pérdida de la fertilidad de los suelos y la recarga hídrica al disminuir el escurrimiento superficial, los beneficios económicos que se lograrán al reducir la erosión serán considerablemente mayores.

VIII. CONCLUSIONES

- 8.1 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 cultivo en el área; por lo que se acepta la primera hipótesis planteada.
- 8.2 Las prácticas de terraza de banco y acequia con barrera viva son las más eficientes en disminuir el escurrimiento superficial con valores de 37.86 y 50.39 m³/ha/año respectivamente, que equivalen al 20.14% y 26.81%, comparado con la práctica de manejo tradicional que registró 187.98 m³/ha/año.
- 8.3 En las prácticas de terraza de banco y acequia con barrera viva, se obtuvieron las menores cantidades de suelo erosionado con valores de 13.16 y 20.61 ton/ha/año respectivamente, que equivalen al 34.5% y 54.0% comparados con el testigo que registró una cantidad de suelo erosionado de 38.13 ton/ha/año.
- 8.4 El mayor rendimiento se obtuvo con la práctica de terraza de banco con 28,444 kg/ha, comparado con el testigo que aportó 12,833 kg/ha, esto demuestra la influencia de la erosión del suelo sobre el rendimiento; por lo que se acepta la hipótesis planteada.

8.5 El costo total de producción es mayor al aplicar prácticas conservacionistas; estas prácticas evaluadas tienen un costo de implementación y mantenimiento que causa impacto en los costos de producción para el primer año. La práctica de terraza de banco para este año aporta una rentabilidad de 7.48 % y un beneficio neto de Q 7,497.49 por hectárea, comparado con el testigo con una rentabilidad de 4.89 % y un beneficio neto de Q 2,152.59. Proyectado a cinco años, los beneficios aumentan considerablemente utilizando prácticas de conservación respecto al testigo.

IX. RECOMENDACIONES

Considerando que el ensayo se realizó a nivel de campo, en el área donde se cultivan especies hortícolas, se plantean las recomendaciones siguientes:

- 9.1 Evaluar estas prácticas de conservación por un período no menor de cinco años en el área de la cuenca para darle más confiabilidad a los datos obtenidos, debido a la variabilidad del comportamiento de la época lluviosa en el tiempo.
- 9.2 Por la reducción mostrada en el control del escurrimiento superficial y la erosión del suelo, se recomienda en el manejo de los suelos del área, las prácticas de terraza de banco y acequia con barrera viva.
- 9.3 Debido a sus características de buen macollamiento, raíz profunda y buena adaptabilidad a las condiciones de la región observada en el campo, se recomienda seguir utilizando como material vegetativo para barrera viva, el pasto *Setaria* (*Setaria sphacelata* L.).
- 9.4 Establecer este tipo de investigación en otras áreas de la cuenca, tomando en cuenta la pendiente del terreno, el tipo de suelo, mercado de los cultivos y prácticas de conservación que se recomiendan en el presente estudio, para mejorar el uso y manejo de los recursos naturales renovables.

X. 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. ARANA L., G. A. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del río Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 118 p.
3. ARDON GUEVARA, E. I. 1990. Evaluación de tres prácticas de conservación de suelos y tres variedades de maíz, en la comunidad de San Miguel, Huité, Zacapa. Método Clavos y roldanas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p.
4. BRAVO DE LEÓN, M.E. 1988. Estudio preliminar de erosividad de lluvia en la república de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 40 p.
5. CABRERA CRUZ, R.O. 1987. Identificación de áreas críticas con base en criterios biofísicos y análisis básico de la degradación específica y transporte de sedimentos en la Cuenca superior del río Chixoy, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica/ CATIE. 174 p.
6. CABRERA G., 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. 35 p.
7. CHAN S., M.L. 1992. Evaluación de tres prácticas de conservación de suelos dentro de la subcuenca del río Pensativo, Sacatepequez, de 1987 a 1991. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 77 p.

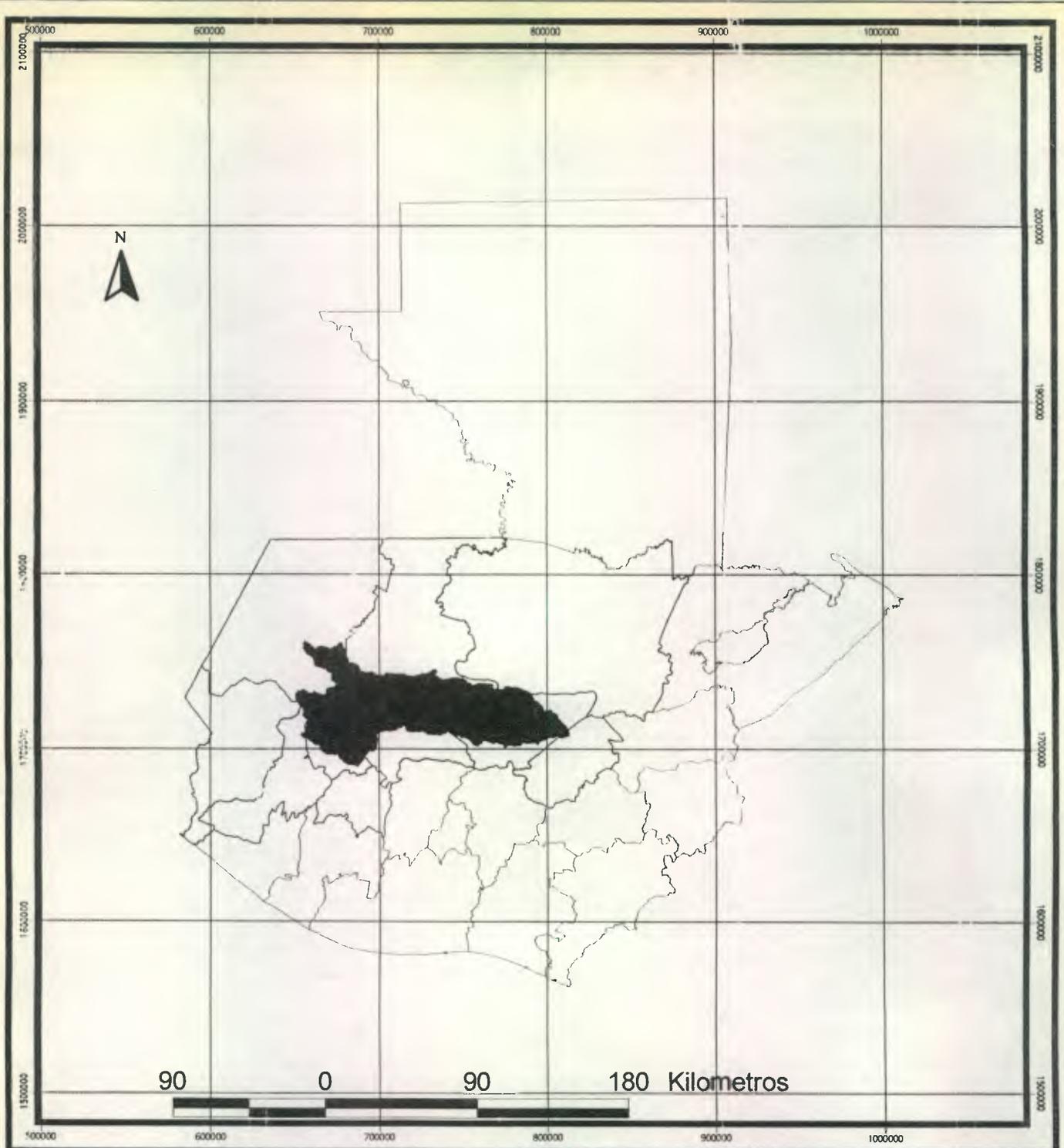
8. GOUGON, M., et. al. 1977. Conservación de suelos en regiones tropicales (Africa y Madagascar) Trad. por: José A. Castillo. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierra. 120 p.
9. LOPEZ HERNANDEZ, J.E. 1990. Segunda evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la Cuenca del río Pensativo, Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. 56 p.
10. MORALES MERIDA, J.C. 1983. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. 72 p.
11. MANUAL DE conservación de suelo y agua. 1979. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 585 p.
12. PEREZ ARANA, G.S. 1993. Estudio del efecto de prácticas agronómicas y mecánicas de conservación de humedad en el suelo, sobre el rendimiento del cultivo del maíz, en San Juan, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 54 p.
13. PEREZ L., H.E. 1995. Evaluación de la cobertura vegetal y la pendiente sobre la erosión hídrica en la parte alta de la Cuenca del río Itzapa, Chimaltenango. Fase II. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 99 p.
14. PORTILLO QUIROA, C.A. 1977. Prácticas de manejo y conservación de suelo recomendable para el área del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 60 p.
15. REVOLORIO, A. 1989. Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.

16. SAGUIL BARRERA, J.L. 1995, Evaluación de tres prácticas de conservación de suelo y agua, en dos sistemas tradicionales de cultivos en asocio, en Buena Vista, Quesada, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.
17. SANCHEZ, M. 1978. 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. SIMMONS, C. S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
19. SPIEGELER CASTAÑEDA, C.A. 1992. Determinación del potencial erosivo y características del manejo de la cuenca del río grande Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45 p.
20. SUAREZ DE CASTRO, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 315 p.
21. TOBIAS VASQUEZ, H.A. 1994. Impacto ambiental de las prácticas de conservación de suelos en la subcuenca del río Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, Programa de Maestría en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental. 81 p.



Vo. Bo.
Patualla

XI. APENDICE



Leyenda

 Area de Cobertura de la Parte Alta del Proyecto Chixoy

 Departamentos de Guatemala

Escala de presentación:
1:3,500,000

FIGURA 1A Ubicación de la Cuenca Alta del Río Chixoy en el Territorio Nacional

UNIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO
 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS
 NATURALES RENOVABLES DE LA CUENCA ALTA DEL RIO CHIXOY

ESTACION METEROLOGICA: XEABAJ
 LAT 15°05'00"
 LONG 91°31'50"
 ELEV 2180 msnm
 MUNICIPIO MOMOSTENANGO DEPTO: TOTONICAPAN

**CUADRO 1A Registro de precipitación pluival diaria, estación
 meteorológica, Xeabaj. Momostenango. Totonicapan.**

PRECIPITACION PLUVIAL DIARIA

AÑO HD. 99-2000

TOTAL ANUAL 902.3

DIAS/MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	0	5.3	0	2.6	18.3	17.5	0
2	0	0.8	25.1	1	2	12.5	0
3	0	20.1	3.1	0	5.4	9.5	0
4	7.9	0	1.5	5.6	5	0.5	0
5	0	0	5.1	0	15.4	2	0
6	7.1	10.1	0	30	29	3.2	0
7	0	0	9.3	0	10	0	0
8	6.1	0	0	0	9	0	0
9	0	0	0	25	0	3	0
10	2.7	0	6	20	0	0	0
11	23.2	0	0	27	30	0	7.8
12	0	10.3	3.2	0	9	29.5	
13	0	15.9	2.3	0	19	1.5	0
14	0	2.8	1	0	10	0	0
15	2.4	7.3	20.1	22.4	8	0	0
16	0	9.8	0	10	11	2	0.5
17	0	0	10.6	3	9	14	0
18	0	0	0	10	3	35.6	0
19	0	4.7	2.3	3.4	1.5	4.2	0
20	0	0	3.4	6.4	0	3	0
21	1.6	0	0	0	0	0	0
22	0	6.3	0	0	1	0	0
23	0	5.1	0	0	12.5	0	0.7
24	0	5.2	2.3	10	7.5	0	0
25	0	5.7	0	6.4	0	0	0
26	16.1	0	0	13	0	0	0
27	4	0	0	3	5.5	0	0
28	0	3	0	5	3	0	0
29	0	15.1	10	11.5	0	0	0
30	0	0	10.6	0	1.4	0	0
31	0	0	0	0	0		0
TOTAL/MES	71.1	127.5	115.9	215.3	225.5	138	9



FACULTAD DE AGRONOMIA
CALLE UNIVERSITARIA, ZONA 12
GUATEMALA, GUATEMALA

CUADRO 2A. Resultado del análisis mecánico de los sedimentos recolectados en el ensayo.

INTERESADO: MAJCELIO MERIDA

PROCEDENCIA: PUEBLO VIEJO, MALACATANCITO, HUEHUE

IDENTIF	Da gr/cc	%			clase textural
		arcilla	limo	arena	
A	0.9302	14.11	34.94	50.94	FRA ARENOSO
B	1.0526	9.91	26.54	63.54	FRA ARENOSO
C	0.9090	14.11	41.21	44.64	FRANCO
D	1.0811	12.39	19.86	67.75	FRA ARENOSO

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelo y planta
"Ing. Agr. Salvador Castillo" de la FAUSAC.

CUADRO 3A Programa SAS utilizado en el análisis de datos del ensayo

El procesamiento de los datos fue realizado por medio del programa en SAS que realiza los análisis de varianza y prueba de Tukey en el centro estadístico y cálculo de la facultad de agronomía de la USAC.

```

OPTIONS NODATE;
DATA dos;
INPUT trat $          rep          escorr          rend;
rendha=rend*208.333333;
CARDS;
tb          1          35.6          149.23
a+bv          1          45.2 120.66
sc+bv          1          141.35          101.61
testigo          1          173.68          69.85
tb          2          36.8          127
a+bv          2          49.15          101.01
sc+bv          2          136.25          76.2
testigo          2          192.45          60.33
tb          3          39.8          133.3
a+bv          3          52.45          95.26
sc+bv          3          140.7          69.85
testigo          3          193.65          50.8
tb          4          42.1          139.71
a+bv          4          56          140.78
sc+bv          4          168.45          88.9
testigo          4          214.45          69.85
tb          5          35          133.36
a+bv          5          49.17          101.61
sc+bv          5          142.1          79.38
testigo          5          165.68          60.33
;
PROC PRINT;
RUN;
PROC ANOVA;
CLASS rep trat;
MODEL escorr rendha=rep trat;
MEANS trat/TUKEY;
RUN;

```

Cuadro 4A Escorrentía superficial en m³/ha para tratamientos y repeticiones, durante la época lluviosa de 1,999, Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango

TRATAMIENTOS	REPETICIONES						
	I	II	III	IV	V	ME DIA	%
Terraza banco	35.60	36.80	39.80	42.10	35.00	37.86	20.14
ac+bv	45.20	49.15	52.45	56.00	49.17	50.39	26.81
sc+bv	141.35	136.25	140.70	168.45	142.10	145.77	77.55
Testigo	173.68	192.45	193.65	214.45	165.68	187.98	100

Cuadro 5A Cantidad de suelo erosionado, expresados en ton/ha/año tratamientos y repeticiones, año 1,999.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Promedio	%
Terraza banco	8.96	14.37	16.46	9.58	16.45	13.16	34.51
ac+bv	12.08	18.25	20.83	28.96	22.92	20.61	54.05
Sc	29.37	33.12	28.33	36.04	31.04	31.58	82.82
Testigo	38.96	36.49	39.58	39.17	36.46	38.13	100

Cuadro 6A Promedios de partículas del suelo en porcentaje y densidad aparente en gr/cm³, del suelo erosionado según tratamiento.

Tratamiento Fracción	Terraza de banco	ac+bv	sc+bv	testigo
Arenas	50.94	63.54	44.64	67.75
Limos	34.94	26.54	41.21	19.86
Arcillas	14.11	9.91	14.11	12.39
Densidad Ap	0.9302	1.0526	0.9090	1.0811
Clase textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco arenoso

Cuadro 7A Rendimiento del chile pimiento (kg/ha) para ratamientos y repeticiones.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	Total	Promedio
Terraza banco	149.23	139.36	133.36	127.00	133.36	682.31	136.53
ac+bv	120.66	104.78	95.26	101.61	101.61	523.92	104.78
s.c	101.61	88.90	69.85	76.20	79.38	415.94	83.19
Testigo	69.85	68.00	60.33	50.80	59.00	307.98	61.60
Total	441.35	401.04	358.80	355.61	373.35	1930.15	386.10

CUADRO 8 A Costo en Quetzales por ha/año de las tres practicas evaluadas con cultivo de chile pimiento en el año de 1,999 proyectado a cinco años en Pueblo Viejo, Malacatancito, Huehuetenango.

CONCEPTO	TERRAZA DE BANCO					ACEQUIA CON BARRERA VIVA				
	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003
1.- Costo de producción del cultivo (Q)	33,583.00	34,733.00	35,883.00	36,033.00	36,183.00	33,583.00	34,733.00	35,883.00	36,033.00	36,183.00
2.- Costo de establecimiento (Q)	62,500.00	-----	-----	-----	-----	36,458.00	-----	-----	-----	-----
3.- Costo de mantenimiento (Q)	4,166.66	4,266.66	4,366.66	4,516.66	4,666.66	3,125.00	3,200.00	3,350.00	3,500.00	3,650.00
4.- Costo Total (Q)	100,249.66	38,999.66	40,249.66	34,594.66	40,849.66	79,166.00	37,933.00	39,233.00	39,533.00	39,833.00
5.- Rendimiento (kg/ha)	28,444.00	29,845.83	30,845.83	32,845.83	33,845.83	22,830.00	23,138.00	24,138.00	25,138.00	25,538.00
6.- Ingreso Bruto (Q)	92,752.17	97,323.36	100,584.23	107,105.97	110,366.84	74,123.38	75,450.00	78,710.87	81,971.74	83,221.23
7.- Ingreso Neto (Q)	7,497.49	58,323.70	60,334.57	72,556.31	69,517.18	5,042.62	37,517.00	39,477.87	42,438.74	48,388.00
8.- Rentabilidad (%)	7.48	149.50	149.90	210.00	170.00	6.37	98.90	100.62	107.35	108.90
CONCEPTO	SURCO EN CONTORNO CON BARRERA VIVA					TESTIGO				
	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003
1.- Costo de producción del cultivo (Q)	33,583.00	34,733.00	35,883.00	36,033.00	36,183.00	33,583.00	34,733.00	35,883.00	36,033.00	36,183.00
2.- Costo de establecimiento (Q)	36,458.00	-----	-----	-----	-----	8,333.33	-----	-----	-----	-----
3.- Costo de mantenimiento (Q)	3,125.00	3,525.00	3,925.00	4,325.00	4,725.00	2,083.00	2,483.00	2,883.00	3,283.00	3,683.00
4.- Costo Total (Q)	73,166.00	38,258.00	39,808.00	40,358.00	40,908.00	43,999.33	37,216.00	38,766.00	39,316.00	39,866.00
5.- Rendimiento (kg/ha)	17,331.83	18,575.83	19,575.83	21,575.83	22,575.83	12,833.00	14,148.33	15,148.33	17,148.33	18,148.33
6.- Ingreso Bruto (Q)	56,516.84	60,573.36	63,834.23	70,355.96	73,616.84	41,846.74	46,135.86	49,396.79	55,918.46	59,179.33
7.- Ingreso Neto (Q)	16,649.15	22,315.36	24,026.23	29,997.96	32,708.80	2,152.59	8,919.86	10,630.79	16,602.46	19,319.33
8.- Rentabilidad (%)	22.75	58.33	60.36	74.33	79.96	4.89	23.96	27.42	42.23	48.45

CUADRO 9A Costo de producción por hectárea de chile pimiento en Pueblo Viejo, Malacatancito Huehuetenango, 1,999.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	COSTO TOTAL (Q)
1.- COSTOS DIRECTOS				
a) Insumos				
- Semillas	lbs	3	640.00	1,920.00
- Fertilizantes	qq	16	100.00	1,600.00
- Folear	ltrs	5	35.00	175.00
- Fungicidas				2,936.00
b) Labores culturales				
- Preparación semillero	Jornales	48	25.00	1,200.00
- Preparación suelo	Jornales	92	25.00	2,300.00
- Trasplante	Jornales	46	25.00	1,150.00
- Fertilización	Jornales	46	25.00	1,150.00
- Limpias	Jornales	48	25.00	1,200.00
- Aplicación Fungicidas	Jornales	46	25.00	1,150.00
- Corte y acarreo	Jornales	184	25.00	4,600.00
SUBTOTAL				19,381.00
2.- COSTOS INDIRECTOS				
- Asistencia Técnica				12,000.00
- Rafia				1,500.00
- Tutores				500.00
- Imprevistos 5%				500.00
SUBTOTAL				14,500.00
COSTO TOTAL				33,881.00
3.- RENDIMIENTO/ha	ton	21		
4.- INGRESO BRUTO				63,000.00
5.- COSTO PRODUCCION				33,881.00
9.- INGRESO NETO				29,119.00
10.- RENTABILIDAD (%)				85.94

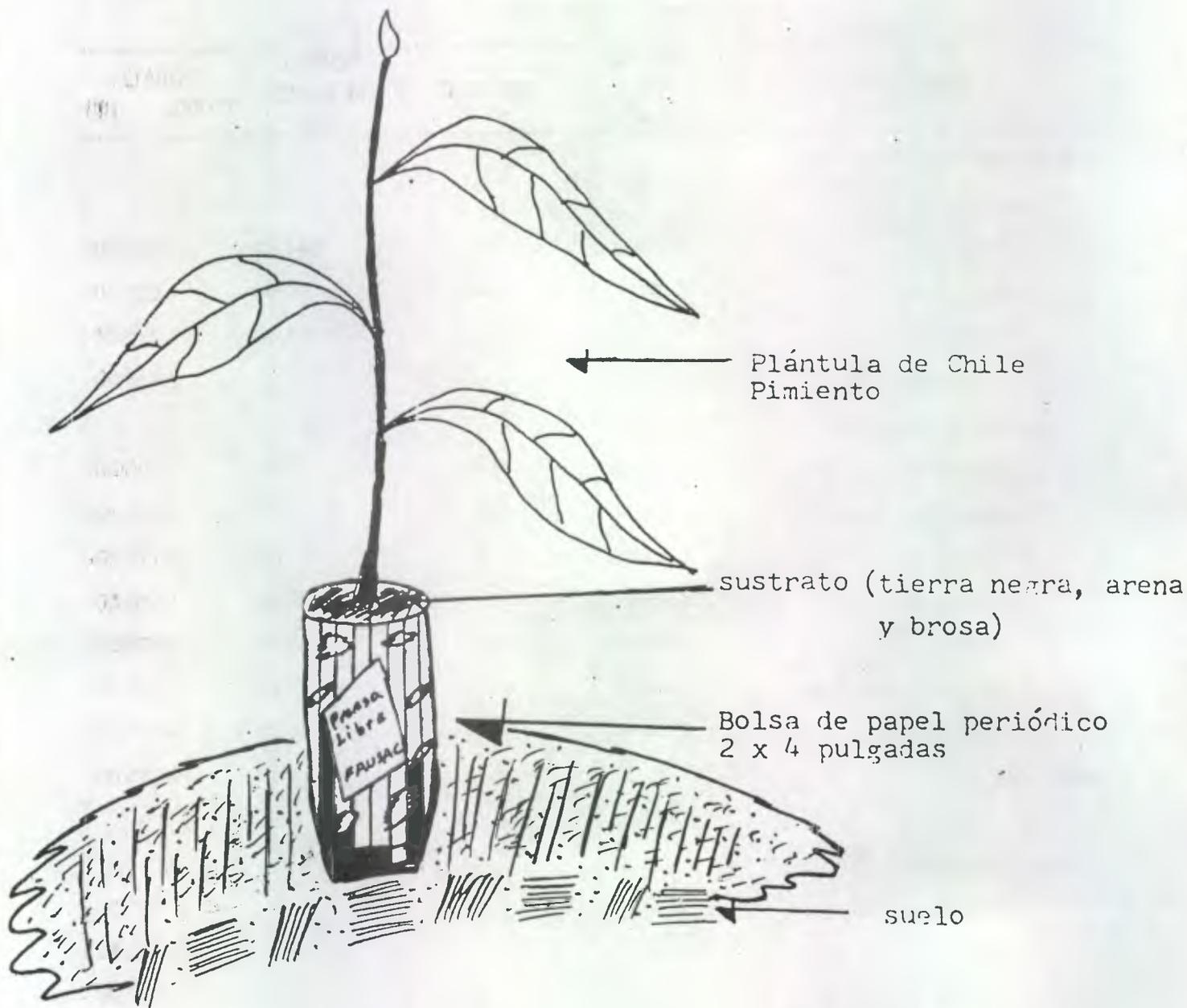


FIGURA 2A Pilón artesanal utilizado para el establecimiento del cultivo de chile pimiento en la localidad del experimento.



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE TRES PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS, EN LA
SURCUENCA DEL RIO CUNTZE, MALACATANCITO, HUEHUETENANGO".

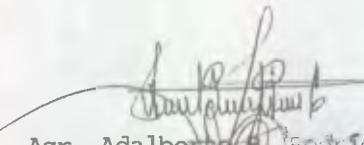
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MAUCELIO MERIDA MERIDA

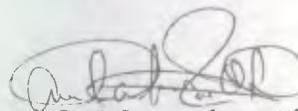
CARNET No: 8330118

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez
Ing. Agr. Víctor Manuel Cabrera Cruz
Ing. Agr. Miguel Morales Cayax

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. M.Sc. Ervin Maxdelio Herrera de León
A S E S O R


Ing. Agr. Adalberto B. Rodríguez García
A S E S O R


Dr. Ariel Abderramán Ortíz López
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Rivera
D E C A N O



cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 501091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: ilusac.edu.gt & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>