

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

**EVALUACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y MANEJO DE TRES CULTIVOS,
SOBRE LA EROSION HIDRICA EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL
RÍO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA. (FASE II)**

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



GREGORIO AMILCAR SANCHEZ PEREZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 1998.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO

VOCAL I

Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT

VOCAL II

Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ

VOCAL III

Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA

VOCAL IV

Br. OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA

VOCAL V

Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO

SECRETARIO

Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA

Guatemala, noviembre de 1998.

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

Distinguidos miembros:

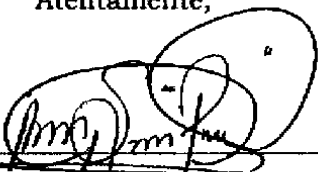
De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y MANEJO DE TRES CULTIVOS,
SOBRE LA EROSION HIDRICA EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL
RÍO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA. (FASE II)**

Presentado 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, me despido de ustedes.

Atentamente,


Gregorio Amílcar Sánchez Pérez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por haberme permitido llegar a esta meta.

MIS PADRES

Angelina Pérez López y José Basilio Sánchez Morales, por haberme educado y dado ejemplos de esfuerzo y trabajo.

MIS HERMANOS

Por el apoyo incondicional que me brindaron.

**MIS ABUELOS, TIOS,
PRIMOS Y SOBRINOS.**

TESIS QUE DEDICO

A:

Escuela Oficial Rural Mixta de Aldea Sibaná, El Asintal , Retalhuleu.

Instituto Básico de Sibaná.

Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcena, Villa Nueva.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mis compañeros y amigos universitarios.

AGRADECIMIENTOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Agr. M. Sc. Hugo Antonio Tobías Vásquez e Ing. Agr. M. Sc. Ervin Maxdelio Herrera de León, por su asesoría y apoyo en la realización del presente trabajo de tesis.

Instituto de Investigaciones Agronómicas por el apoyo que me brindó y a los compañeros del proyecto de investigación en la cuenca del río Itzapa: Ing. Agr. M. Sc. Víctor Cabrera Cruz, Ing. Agr. Fredy Romero, Ing. Agr. Carlos López, Ing. Agr. Guillermo Santos, Eduardo Moreira, Erick Motta, Hugo Buch y Alfonso López.

Mis amigos Ernesto España, Luis Echeverría, Gilberto Cifuentes, Rafael Tellez, Carlos Ixcot, Héctor González, Miguel López, Beatriz Anleu, Christian Mora, por el compañerismo que siempre nos unió.

La información presentada en esta tesis pertenece al proyecto **"INVESTIGACION BASICA PARA LA PLANIFICACION DEL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RÍO ITZAPA"** del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CONTENIDO

CONTENIDO	Pag.
INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCION.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEORICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 Erosión hídrica.....	3
3.1.1.1 Proceso de la erosión hídrica.....	3
3.1.1.2 Factores que intervienen en la erosión y la escorrentía.....	4
3.1.1.3 Descripción del modelo USLE.....	6
3.1.2 Medición de la escorrentía y la erosión.....	7
3.1.3 Resultados de la primera fase de la evaluación del efecto de la cobertura vegetal de cultivos sobre la erosión hídrica del suelo en la cuenca media del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.....	8
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	9
3.2.1 Ubicación.....	9
3.2.2 Hidrografía.....	9
3.2.3 Clima.....	9
3.2.4 Geología.....	13
3.2.5 Suelos.....	13
3.2.6 Capacidad de uso de la tierra.....	13
3.2.7 Uso de la tierra.....	13
3.2.8 Características de la población.....	13
3.2.9 Ubicación del sitio experimental.....	13
4. OBJETIVOS.....	14
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
5. HIPOTESIS.....	15
6. METODOLOGIA.....	16
6.1 SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	16
6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
6.3 ARREGLO Y MONTAJE DEL EXPERIMENTO.....	16

6.3.1 Confinamiento de las parcelas.....	16
6.3.2 Sistema colector de agua y sedimentos.....	18
6.3.3 Fuente de datos meteorológicos.....	18
6.3.4 Establecimiento y manejo de los cultivos.....	18
6.4 VARIABLES RESPUESTAS.....	20
6.4.1 Variables auxiliares.....	21
6.5 MEDICION DE VARIABLES.....	21
6.5.1 Escurrimiento superficial.....	21
6.5.2 Cantidad de suelo erosionado.....	21
6.5.3 Cálculo de la lámina de suelo erosionado.....	21
6.5.4 Determinación de la textura de los sedimentos.....	22
6.5.5 Medición del porcentaje de cobertura de los cultivos.....	22
6.5.6 Medición de la precipitación pluvial.....	22
6.5.7 Cálculo del índice de erosividad de la lluvia.....	22
6.6. ANALISIS DE LA INFORMACION.....	23
7. RESULTADOS.....	26
7.1 PRECIPITACION PLUVIAL.....	26
7.1.1 Precipitación pluvial total mensual.....	26
7.2 ESCORRENTIA.....	27
7.2.1 Cantidad de escorrentía.....	27
7.2.2 Porcentaje de escorrentía.....	28
7.3 SUELO EROSIONADO	29
7.3.1 Cantidad de suelo erosionado ton/ha.....	29
7.3.2 Lámina de suelo erosionado.....	30
7.4 FACTOR DE COBERTURA (Factor C).....	31
7.5 CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE LOS SEDIMENTOS.....	31
7.6 FACTOR DE EROSIVIDAD (R).....	32
7.7 COBERTURA DE LOS TRATAMIENTOS.....	33
7.8 ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO.....	33
7.9 CORRELACIONES.....	35
7.10 ANALISIS INTEGRADO DE LOS RESULTADOS DE LA FASE I. Y LA FASE II.....	36
8. CONCLUSIONES.....	40
9. RECOMENDACIONES.....	41
10. BIBLIOGRAFIA.....	42
11. APENDICE.....	45

INDICE DE FIGURAS

No.	Pag.
1. Ubicación de la cuenca del río Itzapa a nivel nacional y dentro de la cuenca del río Achiguate.....	10
2. Delimitación de la cuenca del río Itzapa.....	11
3. Zonas de vida en la cuenca del río Itzapa.....	12
4. Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo.....	18
5. Pluviograma de lluvias tabuladas, media 11 años estación La Alameda; Años 1996 y 1997 estación Xipacay.....	17
6. Porcentaje acumulado del factor R, durante los meses del ensayo, 1997	32
7. Comparación de valores obtenidos de suelo erosionado por el método directo y el método indirecto, USLE (1997).....	34
8. Comparación de valores de suelo erosionado (ton/ha) obtenidos en la fase I. y la fase II	37
9. Comparación de valores obtenidos de escorrentía superficial en las fases I. y II.....	38
10 A. Nomograma para la determinación del valor de erodabilidad del suelo, factor K.....	47
11 A. Velocidad de infiltración de los suelos cercanos al sitio experimental.....	51

INDICE DE CUADROS

No.	PPag.
1. Precipitación mensual promedio de 11 años de registros de la estación meteorológica "La Alameda" y los valores registrados en la estación meteorológica "Xipacay" en los años 1,996 y 1997.....	26
2. Escorrentía superficial (m ³ /ha), para tratamientos y repeticiones en el sitio experimental en 1,997.....	28
3. Prueba de medias (Tukey) para la cantidad de escorrentía superficial.....	28
4. Cantidad (m ³ /ha) y porcentaje de escorrentía para los diferentes tratamientos.....	28
5. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año) en el sitio experimental.....	29
6. Prueba de medias (Tukey) para la cantidad de suelo erosionado.....	30
7. Lámina de suelo erosionado (cm), en cada uno de los tratamientos evaluados en 1997.....	30
8. Factor de cobertura (Factor C) para cada tratamiento evaluado.....	31
9. Partículas de suelo de los sedimentos de erosión (ton/ha).....	31
10. Valor de erosividad de lluvia mensual (Factor R) en (Megajoules-milímetro)/(hectárea-hora-año) en 1997 y porcentaje mensual de cada valor.....	32
11. Porcentaje de cobertura vegetal para el sitio experimental en 10 muestreos.....	33
12. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año), por el método directo y calculado por la Ecuación Universal de Pérdida de suelo, método indirecto.....	34
13. Prueba de medias para cantidad de suelo erosionado (ton/ha), para fases I. y II.....	36
14. Presentación de medias de escorrentía (m ³ /ha), de las fases I. y II.....	37
15. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año), por método directo (promedio de dos años de registro) y calculado por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, método indirecto (integración de datos de los años 1996 y 1997).....	39
16 A. Cantidad de lluvia y frecuencia para cinco clases de lluvias en San Andrés Itzapa, Chimaltenango en el año 1997.....	48
17 A. Cálculo de la precipitación efectiva con base a los datos del año 1997 de la estación Xipacay	48
18 A. Análisis de varianza para la escorrentía superficial en el experimento.....	49
19 A. Análisis de varianza para la cantidad de suelo erosionado (1997).....	49
20 A. Análisis de varianza para cantidad de suelo erosionado, en las fases I. y II.....	49
21 A. Análisis de varianza para los volúmenes de escorrentía, obtenidos en las fases I. y II.....	49
22 A. Coeficientes determinados para las correlaciones.....	50
23 A. Prueba de infiltración en área cercana al sitio experimental.....	50

EVALUACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y MANEJO DE TRES CULTIVOS, SOBRE LA EROSION HIDRICA EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA. (FASE II)

EVALUATION OF THE VEGETABLE COVERAGE AND MANAGEMENT OF THREE CROPS OVER THE HIDRIC EROSION OF THE SOIL, IN THE MIDDLE PART OF THE ITZAPA RIVER BASIN, SAN ANDRES ITZAPA. (PHASE II)

RESUMEN

El presente trabajo constituyó la segunda fase del proyecto de evaluación del efecto de la cobertura vegetal y manejo de tres cultivos sobre la erosión hídrica de los suelos de la parte media de la cuenca del río Itzapa, la cual se ubica en el municipio de San Andrés Itzapa, en el departamento de Chimaltenango. El estudio se realizó en la época lluviosa del año 1997, en un terreno con pendiente de 18 por ciento, y tuvo como objetivo generar información básica para probar y validar el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, (USLE).

La evaluación del manejo y las coberturas vegetales se efectuó en los cultivos representativos de la parte media de la cuenca, siendo estos: cultivo de brócoli Brassica oleracea Var. Itálica, cultivo de frijol Phaseolus vulgaris L. y el cultivo en asocio de maíz y frijol Zea mays L. Además de estos tres cultivos se tuvo una parcela sin cobertura vegetal durante el ensayo la cual se usó como testigo. Con los datos obtenidos se calculó el factor de manejo y cobertura (factor C) de la ecuación universal de pérdida de suelos, USLE.

La investigación se realizó utilizando un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de escorrentía de 10 m de longitud y 5 m de ancho, (área de 50 m²). En cada una de las parcelas se midió la cantidad de escorrentía superficial y suelo erosionado. Con los datos de precipitación se calculó el factor de erosividad de la lluvia (factor R). El factor de erodabilidad de los suelos (factor K), se calculó con los datos de las características físicas y químicas del suelo obtenidas en la Fase I. Además se calculó el valor para el factor topográfico (LS), el cual toma en cuenta la longitud y pendiente del terreno.

Se procedió a calcular el suelo erosionado a través del modelo USLE luego se comparó con los valores reales de pérdida de suelo obtenidos en las parcelas de escorrentía. Seguidamente se hizo una

integración de los valores obtenidos en los dos años de evaluación, y se sometió a un análisis utilizando el modelo de una serie de experimentos.

Los resultados obtenidos indican que en las parcelas con cobertura y manejo de brócoli se obtuvo un valor medio de 727.4 m³/ha de escorrentía superficial, seguido de las parcelas con cultivo de frijol con una media de 353.19 m³/ha. El menor valor fue para el tratamiento de cobertura y manejo de asociado de maíz y frijol, con una media de 336.01 m³/ha. La parcela testigo tuvo una media de 1384.1 m³/ha, la cual se tomó como comparador absoluto.

Los valores de suelo erosionado fueron en su orden: cobertura del cultivo de brócoli, con una media de 10.22 ton/ha, las parcelas con cultivo de frijol, con un valor medio de 6.21 ton/ha, y por último el asociado con cultivos de maíz y frijol, con un valor medio de 4.52 ton/ha. En las parcelas testigos se obtuvo un valor medio de 32.37 ton/ha.

De los tres cultivos evaluados, el tratamiento con maíz y frijol en asociado tuvo un promedio de 69 por ciento de cobertura vegetal y un valor del factor C de 0.14. Seguidamente las parcelas con cultivo de frijol, con un promedio de 44.3 por ciento de cobertura vegetal y un factor C de 0.18. Por último, las parcelas con cultivo de brócoli presentaron un promedio de 37.3 por ciento de cobertura vegetal y un valor de 0.32 para el factor C.

El factor de erodabilidad de los suelos (factor K) fue de 0.016 (toneladas-hectárea-hora)/(hectárea-megajoules-milímetro), este factor indica que los suelos son poco susceptibles a ser erosionados por la lluvia, mientras que el factor topográfico (LS) fue de 1.96. El factor de erosividad de la lluvia fue de 2892.98 (megajoules-milímetro)/(hectárea-hora-año) lo que indica una alta capacidad erosiva de la lluvia en el área de estudio. Haciendo uso de estos parámetros de la USLE, se obtuvo un valor de 17.03 ton/ha de suelo erosionado para el cultivo de brócoli; para el cultivo del frijol el valor fue de 6.21 ton/ha y para el asociado de maíz y frijol se obtuvo un valor de 4.52 ton/ha. El análisis de los datos de los dos años de registro indica que existe diferencia significativa para los años de observación, para los tratamientos y para la interacción de años-tratamientos.

1. INTRODUCCION

En Guatemala la agricultura es una de las principales actividades económicas, según datos del Instituto Nacional de Estadística (12), la agricultura genera alrededor del 26 por ciento del Producto Interno Bruto a nivel nacional, también genera aproximadamente el 33 por ciento de los empleos y se estimó que entre los años 1992 a 1996 generó un promedio de US\$1,012,481,630 en concepto de divisas por exportación.

La agricultura socialmente es importante por ser la fuente de subsistencia para la mayoría de habitantes del área rural, sin embargo, en muchos casos esta actividad se realiza en terrenos no aptos para este fin, estableciendo cultivos limpios, sin prácticas que minimicen las pérdidas de suelos, dando como resultado el deterioro de este recurso y a la vez, provocando un desequilibrio ecológico en el área. Este problema se puede observar en la subcuenca del río Itzapa, perteneciente a la cuenca del río Achiguate, la cual entre los años de 1990 a 1992 fue seleccionada como cuenca prioritaria en la vertiente del Pacífico, por el Instituto de Investigaciones Agronómicas, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De la cuenca del río Achiguate, se llegó a definir a la subcuenca del río Itzapa, como área experimental por poseer condiciones típicas de la región y por ser un área accesible física y económicamente para generar información básica, con el propósito de planificar el manejo integral sostenible de los recursos naturales del área, ya que se considera que los resultados obtenidos se podrán extrapolar a otras regiones con características similares.

Con la presente investigación se pretende generar información básica sobre el efecto de la cobertura vegetal y algunos elementos en el manejo de los cultivos representativos de la parte media de la subcuenca, en la erosión hídrica, con la finalidad de obtener información que permita probar y validar algunos componentes del modelo de la ecuación universal de pérdida de suelos, para poder utilizar los resultados en la planificación del uso sostenible de los recursos naturales de la cuenca.

El estudio se realizó en la época lluviosa del año 1997 y fué apoyado por la Dirección General de Investigación y el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la cuenca del río Itzapa, se presenta un alto deterioro de los recursos naturales, y dentro de éstos el recurso suelo es uno de los más afectados, debido al mal manejo que consciente o inconscientemente se da por parte de los habitantes de la región, pues en muchos casos se han habilitado tierras no aptas para la agricultura y también se han establecido cultivos limpios, sin la previsión de lo que es la erosión de suelos, lo cual aunado a la precipitación pluvial, da como resultado una alta erosión y escorrentía superficial. Este problema tiene como consecuencia la disminución de la fertilidad natural de los suelos, y por ende la disminución de los rendimientos de los cultivos; así mismo, se presentan desbordamientos del río en la parte baja y se altera la calidad física y química del agua, disminuyendo el uso integral de la misma.

Una de las herramientas que permite generar índices de los factores de erosión y a partir de los cuales poder buscar alternativas para minimizar la erosión es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo; pero en Guatemala, se carece de mucha información básica, consistente acerca de las variables de esta ecuación, por lo anterior se hace necesario generar dicha información.

El presente trabajo constituyó la segunda fase de la evaluación de la cobertura vegetal y el manejo de tres cultivos en una pendiente sobre la erosión hídrica y los niveles de escorrentía en terrenos de la parte media de la subcuenca del río Itzapa, en San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Erosión hídrica:

La erosión hídrica es el proceso que consiste en el desprendimiento del suelo o fragmentación de roca y su arrastre, por la acción del agua. (4, 7, 8, 15, 19)

3.1.1.1 Proceso de la erosión hídrica:

El proceso de erosión hídrica se realiza en tres etapas consecutivas, estas etapas son las siguientes:

- a) Separación o liberación de partículas o grupos de ellas de la masa principal del suelo, esto se da por la acción del impacto de las gotas de lluvia en la superficie. Suelos sin cubierta vegetal están sujetos a mayor desprendimiento que aquellos que se encuentran cubiertos por vegetación en su superficie.
- b) Arrastre o transporte de las partículas de suelo de su posición original, la cual es provocada por el escurrimiento superficial del agua de lluvia que no logra infiltrarse en el suelo. (27).

Revolorio Quevedo (23), indica las relaciones teóricas entre la velocidad del agua y su poder erosivo son de la magnitud siguiente:

- La velocidad del agua varía con la raíz cuadrada de la distancia vertical que ella corre y su energía cinética, o sea su capacidad erosiva, de acuerdo con el cuadrado de la velocidad. Es decir, si la pendiente del terreno se aumenta cuatro veces, la velocidad del agua que fluye sobre el se duplica y su capacidad erosiva se cuadruplica.
- La cantidad de material de determinado tamaño que puede ser arrastrado por el agua varía con la quinta potencia de la velocidad del flujo.
- El tamaño de las partículas que pueden ser arrastradas por el rodamiento, varía con la sexta potencia de la velocidad del agua.

De manera que si se duplica la velocidad de la escorrentía, la cantidad de material de determinado tamaño que puede ser transportado, se aumenta 32 veces y el tamaño de las partículas que pueden ser transportadas por rodamiento se aumenta 64 veces.

- c) Deposición o sedimentación, que ocurre cuando se presentan cambios de pendiente o algún obstáculo que disminuye la velocidad de escurrimiento y así su capacidad de arrastre. (15, 16, 27)

3.1.1.2 Factores que intervienen en la erosión y la escorrentía.

Los factores físicos de mayor significación que intervienen en la erosión, son los que se describen a continuación:

a) Lluvia:

Este es factor climático de gran incidencia en la manifestación y desarrollo de la erosión hídrica, siendo de ésta tres las características de importancia, a saber:

i. La intensidad:

Es el factor pluviométrico de mayor importancia, generalmente se expresa en milímetros por hora. Las lluvias con alta intensidad que se presentan generalmente en periodos cortos, desarrollan mayor actividad erosiva en los suelos, comparados con las lluvias de baja intensidad que se presentan en periodos más largos, ya que su acción erosiva disminuye. (27)

Experimentos realizados en Venezuela (21), demostraron que, apenas un 10 por ciento de los eventos de lluvia produjeron casi el 40 por ciento de las pérdidas de suelo y representaron 55 por ciento de la erosividad total de éstas.

Por otro lado, Sánchez (24), indica que, en los suelos bajo estudio del proyecto de conservación de suelos del río Michatoya, independientemente de la humedad del suelo, en lluvias menores de 15 mm, no se da el proceso de arrastre del suelo, solo el de dispersión, debido al impacto de la lluvia, esto debido a la alta capacidad de infiltración de los suelos del área de estudio. Gourgon et al, citado por Pérez Liquidano (22), indica que el estado de saturación del suelo juega un papel muy importante en la caracterización de los aguaceros erosivos, por lo tanto las lluvias de fuertes intensidades que se suceden a intervalos cortos causan sin duda la máxima erosión.

ii. La duración:

Es el complemento de la intensidad; la asociación de las dos determina la precipitación total. (7, 27)

iii. La Frecuencia:

Si los intervalos entre lluvias son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquéllas y aumentan los riesgos de que se originen escorrentías con aguaceros de baja intensidad. (27)

b) La topografía del terreno:

La erosión por el agua no es problema de zonas planas. Tan solo cuando la topografía de los terrenos se hace quebrada, las pérdidas de suelo comienzan a adquirir importancia. El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que ésta fluye, la cual, es una resultante de la longitud y el grado de la pendiente del terreno.

i. Grado de la pendiente:

El grado de la pendiente del terreno es usualmente más importante que su longitud con respecto a la severidad de la erosión. (25, 27)

Revolorio (23), indica que la erosión crece rápidamente con relación al grado de la pendiente del terreno y se observa algunas veces un aumento considerable de las pérdidas de suelo por muy débil que sea el crecimiento de la misma.

ii. Longitud de la pendiente:

La longitud de la pendiente influye en la velocidad y volumen del agua de escorrentía. (14). El efecto de la longitud de la pendiente varía considerablemente con el tipo de suelo. En suelos de buena permeabilidad, con pendientes de mayor longitud producen menor escorrentía, que pendientes cortas, y de baja permeabilidad pues hay menor oportunidad para que el agua se infiltre. (18)

Según Millar (19), los terrenos con pendientes moderadas de gran longitud pueden sufrir una mayor erosión que los que tienen pendientes mayores, pero de poca longitud.

El servicio de Conservación de Estados Unidos (6), dice que en las pendientes largas y de gran inclinación, la velocidad y la fuerza erosiva de la corriente, son mayores que en pendientes cortas y de poca inclinación.

c) La vegetación:

Según resultados obtenidos de estudios experimentales en la cuenca del Río Itzapa, demuestran que el suelo está más expuesto a los agentes erosivos si los campos están desprovistos de cubierta vegetal. (3, 22, 25, 28)

La cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Toda planta, desde la más minúsculas hierba hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferente. (27)

Un suelo cubierto por una vegetación permanente, pasto o bosque, no muestra prácticamente señales de erosión, puede haber escorrentía si la pendiente es fuerte, pero las pérdidas de tierra son nulas. Experimentos realizados en Sefá, Senegal (7), demostraron que el bosque protege al suelo 40 veces más que el barbecho natural y si un cultivo cubre bien el suelo, la erosión no sobrepasa de unas pocas toneladas por hectárea por año; en cambio, si las siembras son poco densas las pérdidas de suelo alcanzan de 8 a 15 ton/ha/año.

Las plantas juegan un papel significativo en el control de la erosión, ya que actúan como interceptoras de las gotas de lluvia, disminuyen el volumen y la velocidad de la escorrentía y su sistema radicular sujeta las partículas del suelo. (15)

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (6), indica que la lluvia intensa, al caer sobre el césped denso o en el mantillo de los bosques es atenuado por la cubierta vegetal, parte del agua es absorbida por la vegetación, parte queda a disposición de las plantas,

en estas condiciones el escurrimiento superficial es poco o nulo y la erosión de los suelos es insignificante.

En experimentos realizados en la cuenca del río Itzapa por Santos López (25), los suelos cubiertos por una vegetación permanente de pasto, sufrieron menor erosión que los suelos con cobertura de maíz siendo los valores de suelo perdido de 0.43 ton/ha para el pasto y de 2.38 ton/ha para el maíz.

Pérez Liquidano (22), en experimento realizado en la cuenca del río Itzapa, encontró una relación de pérdidas de suelo de 14:1 entre una parcela sin cobertura y otra con cobertura de pasto.

d) El suelo:

Las características de los suelos que influyen para que se presente la erosión son las siguientes:

- Porcentaje de limo más arenas muy fina.
- Porcentaje de arena con partícula mayor de 0.1 mm.
- Contenido de materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- Permeabilidad. (27)

Según Hudson, citado por Pérez Liquidano (22), indica que la profundidad del suelo y las características del subsuelo son también muy importantes y deben ser consideradas al elevar la erodabilidad o susceptibilidad de los suelos a la erosión. Asimismo el efecto de la piedra tiene una importancia primordial sobre la protección de un suelo, debido a que el arrastre de suelo se debe sobre todo al choque de las gotas de agua sobre éste, así en general, todos los suelos que presentan un horizonte superficial granzoso son menos sensibles a la erosión que los otros.

3.1.1.3 Descripción del modelo USLE

El modelo de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE), ha permitido estimar las pérdidas por efecto de la erosión hídrica tipo laminar y en canaliculos en diferentes partes del mundo, dada la facilidad de su aplicación. (16, 27)

La ecuación universal de erosión se expresa en los siguientes términos:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P.$$

Donde:

- A = el promedio anual de pérdidas de suelo en toneladas por hectárea.
 R = la capacidad erosiva de las lluvias, determinada combinando la intensidad máxima en 30 minutos y la energía cinética de los aguaceros, (27). Cuando los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo se mantienen constantes, las pérdidas de suelos en los campos de cultivos son directamente proporcionales al parámetro de la tormenta (aguacero) identificada

como energía unitaria, el promedio anual total de los valores de I para diferentes tormentas en una localidad particular, representa el índice de erosividad de la lluvia para tal lugar.

K = la erodabilidad de los suelos, calculada combinando las cinco características que anteriormente se señalaron (limo más arenas muy finas; arena fina a muy gruesa; materia orgánica; estructura y permeabilidad).

L = el factor que mide el efecto de la longitud de la pendiente, determinado empíricamente;

S = el factor que mide el efecto de la longitud de la inclinación (grado de la pendiente), determinado empíricamente.

C = el factor clase de cultivo o cobertura el cual mide el efecto de la cobertura y manejo, determinado empíricamente (tiene valor 1 cuando el suelo está barbechado desnudo y preparado en dirección de la pendiente);

P = el factor prácticas de control de la erosión, tomando como punto de referencia la situación de un terreno arado y sembrado en dirección de la pendiente (las prácticas de conservación reducirán el valor máximo 1 de ese factor).

La USLE, se desarrolló, como un método para predecir la pérdida promedio anual de suelo procedente de la erosión en interarroyuelos y arroyuelos al poder disponer de los valores de los parámetros, las alternativas de cultivo y de manejo pueden determinarse para reducir la pérdida de suelo estimada a los valores de tolerancia sugeridos para el tipo de suelo, (16). La USLE puede utilizarse adecuadamente para:

- a) Predecir la pérdida anual de suelo de una pendiente en un campo con condiciones específicas para uso de la tierra.
- b) Servir como guía en la selección de sistemas de cultivo y manejo, y de prácticas de conservación para suelos y pendientes específicos.
- c) Predecir el cambio en la pérdida de suelo que resultaría de un cambio en las cosechas de conservación sobre un campo específico.
- d) Determinar cómo pueden aplicarse o alternarse las prácticas de conservación para permitir un cultivo más intensivo.
- e) Estimar las pérdidas de suelo en áreas con un suelo distinto del agrícolas.
- f) Y obtener estimaciones de pérdida de suelo para que los conservacionistas determinen las necesidades de conservación. (16)

3.1.2 Medición de la esorrentia y la erosión:

Según el manual de conservación de suelos del Colegio de Postgraduados de Chapingo (4), los lotes de escurrimento o parcelas experimentales constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica.

Ortiz (20), indica que las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes, que son: el área experimental y los dispositivos receptores del agua y del suelo que

proviene del área experimental por efecto del escurrimiento por la lluvia. A continuación se describen estos:

a) El área experimental:

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

b) El sistema receptor:

Sus partes son:

i. Canal colector:

Situado en la parte inferior del área experimental, constituye el límite inferior de ésta. Su función es coleccionar el agua y la tierra arrastrada durante el proceso de escurrimiento y erosión.

ii. Canal evacuador:

Conduce el agua y los sedimentos del canal colector hacia el tanque receptor.

iii. Tanques receptores:

Depósitos donde se acumulan el agua escurrida y los sólidos arrastrados. (4)

3.1.3 Resultados de la primera fase de la evaluación del efecto de la cobertura vegetal de cultivos sobre la erosión hídrica del suelo en la cuenca media del río Itzapa, San Andrés Chimaltenango. (17)

El proyecto "Investigación Básica Para la Planificación de la Cuenca del Río Itzapa", desarrolló el proyecto de evaluación en su primera fase en el año 1996.

Las coberturas que se evaluaron en la primera fase fueron: frijol Phaseolus vulgaris L, brócoli Brassicacae oleracea Var. Italica y asocio de maíz Zea maíz L y frijol Phaseolus vulgaris L.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en dicha fase:

De las tres coberturas evaluadas, el mayor volumen de escorrentia ocurrió en la cobertura de brócoli, con 489.91 m³/ha, seguida de la cobertura de frijol, con 279.52 m³/ha, mientras que el menor valor fue para el tratamiento de la cobertura de asocio de maíz y frijol, con 193.76 m³/ha. La parcela sin cobertura presentó 710.87 m³/ha el cual se tomó como comparador absoluto (18). La cantidad de suelo erosionado fue mayor para la cobertura de brócoli, con 22.75 ton/ha, seguidamente la cobertura de frijol, con 2.90 ton/ha, y la cobertura de asocio de maíz y frijol con 1.30 ton/ha. En la parcela testigo se obtuvieron 33.30 ton/ha.

De los tratamientos evaluados, el asocio de maíz y frijol fue el que proporcionó el mayor porcentaje de cobertura durante el período de evaluación, con un 68 por ciento, el frijol alcanzó

un porcentaje de 48 por ciento y el brócoli alcanzó el 44 por ciento, por lo tanto la cantidad de suelo erosionado fue alto en el último tratamiento.

El factor de cobertura (Factor C), para el cultivo de brócoli fue 0.68, para el cultivo de frijol fue 0.09, siendo menor para el cultivo de asocio de maíz y frijol con valor de 0.04. Los resultados anteriores indican que el asocio de maíz y frijol proporciona mayor protección al suelo contra la erosión hídrica. (17). El factor de erodabilidad del suelo (factor K) para el sitio experimental fue de 0.016 (tonelada-hectárea-hora)/(hectárea-megajoules-milímetro) y el factor de erosividad de la lluvia (Factor R), fue de 2,216.71 (megajoules-milímetro)/(hectárea-hora-año).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Ubicación:

La cuenca del río Itzapa se encuentra ubicada en la cabecera Noroeste de la cuenca del Río Achiguate, (fig. 1) y se localiza en el municipio de San Andrés Itzapa, en el departamento de Chimaltenango. Geográficamente se encuentra entre los paralelos de $14^{\circ} 34' 37''$ y $14^{\circ} 38' 56''$ de Latitud Norte y los meridianos de $90^{\circ} 49' 21''$ y $90^{\circ} 54' 14.7''$ de Longitud Oeste, (11). Tiene un área de 26.71 kilómetros cuadrados, equivalente a 2,671 hectáreas. (14) (fig. 2)

3.2.2 Hidrografía:

La cuenca del río Itzapa drena sus aguas por medio del río denominado La Virgen, nombre que además es el que toma el río Itzapa en la parte alta de la cuenca. El origen de este río está a partir de la quebrada del cerro El Socó, que se encuentra a una elevación de 2688 msnm. (11)

3.2.3 Clima:

De acuerdo con la clasificación de Thornthwite, el clima de la cuenca es tipificado como, templado con invierno benigno y húmedo con invierno seco (B' 2b' Bi). (10)

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (5), en la cuenca se encuentran las zonas de vida siguiente: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) que abarca principalmente las partes media y baja de la cuenca y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB) en la parte alta de la cuenca. (fig. 3)

Según Aguilar Marroquín, (1) , la precipitación media anual en la cuenca es de 1,202 mm, los cuales se distribuyen de mayo a octubre; la temperatura media anual es de 23.1°C .

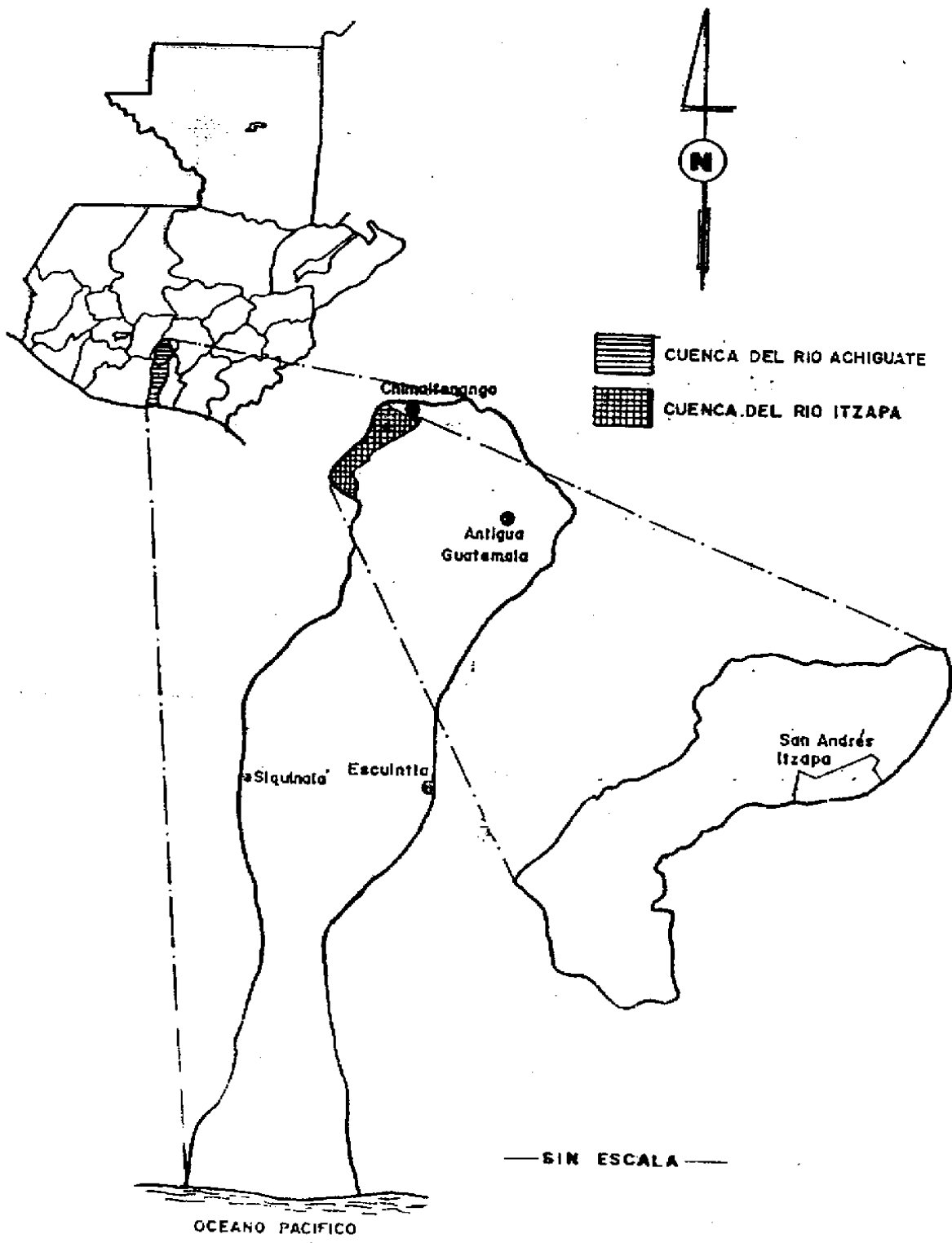


FIGURA 1. Ubicación de la cuenca del río Itzapa a nivel nacional y dentro de la cuenca del río Achiguate.

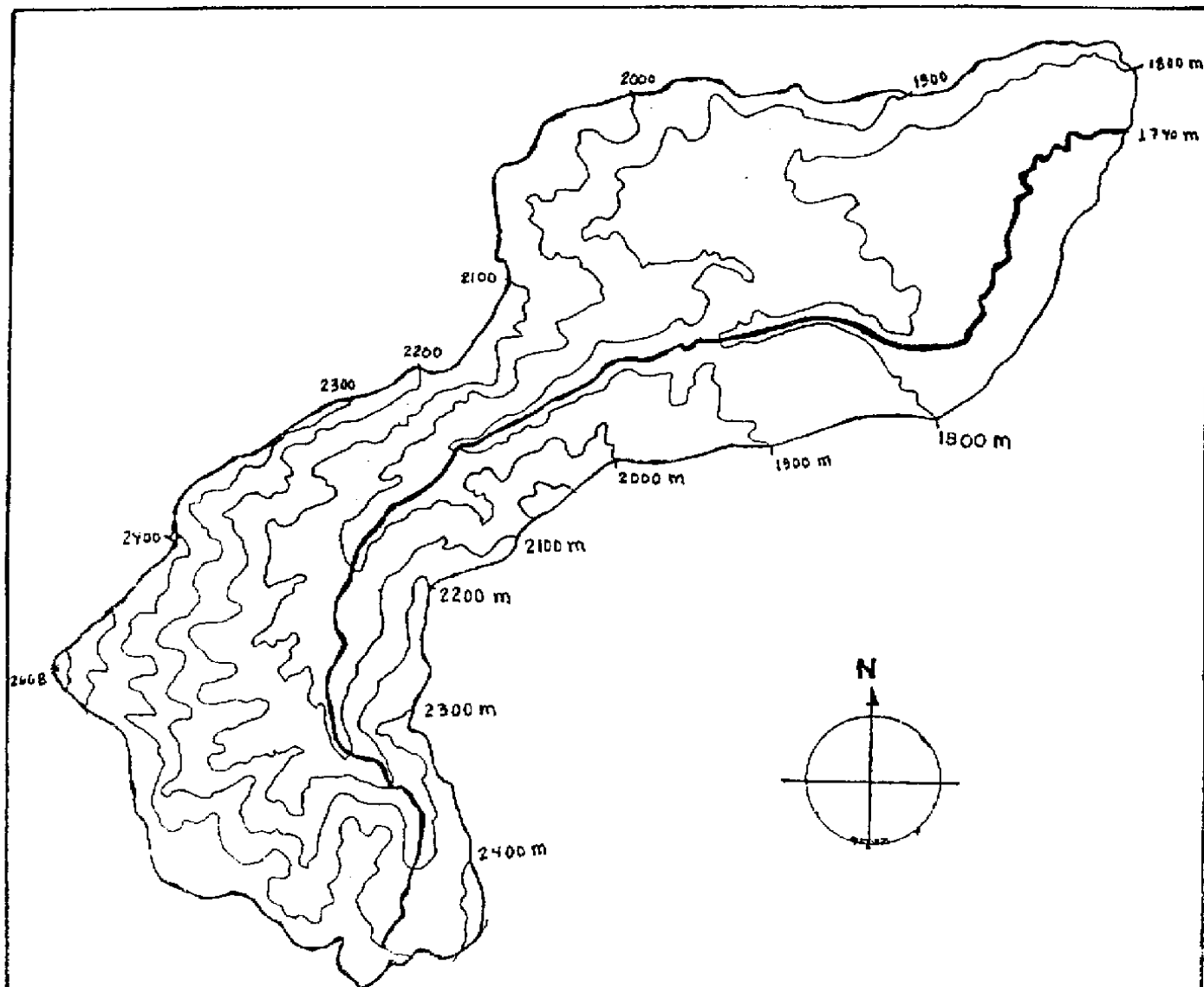


FIGURA 2. Mapa de curvas de nivel, cuenca del río Itzapa.

ESCALA 1:50,000

ÁREA: 26.71 km²

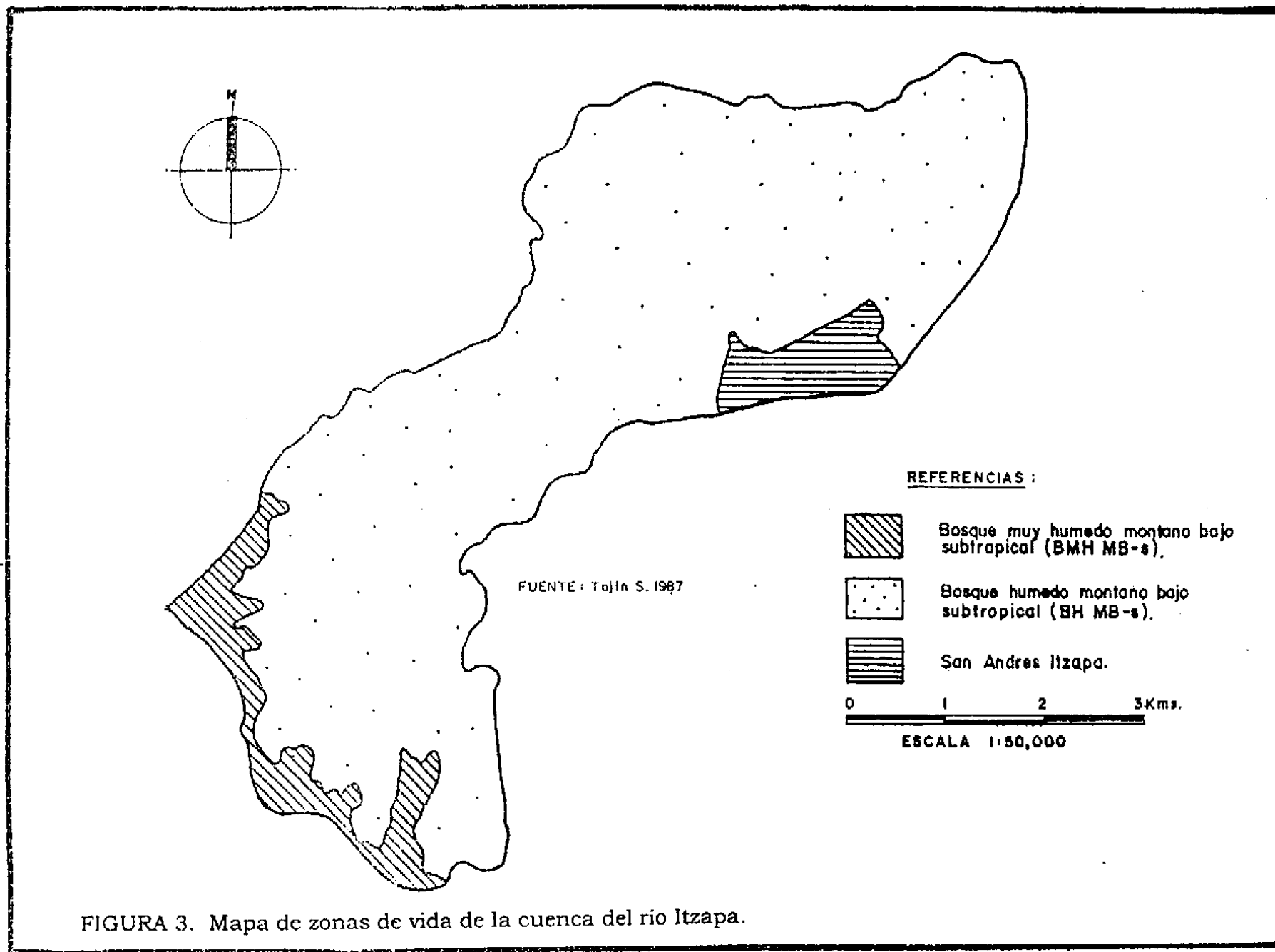


FIGURA 3. Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Itzapa.

3.2.4 Geología:

Según el Mapa Geológico de la República de Guatemala (9), la cuenca se caracteriza por poseer materiales constituidos por rocas volcánicas sin dividir, predominantemente del Mioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos del período terciario y material ígneo y metamórfico del período cuaternario.

3.2.5 Suelos:

Taxonómicamente los suelos están representado en un 67.54% por el orden de los Andisoles y el 10.29% constituyen una asociación entre Andisoles e Inceptisoles. (13)

3.2.6 Capacidad de uso de la tierra

Según Véliz Zepeda (31), en la cuenca, las clases de capacidad de uso de la tierra (por medio de la metodología USDA), van de la II a la VIII. La parte media se caracteriza por poseer tierras de la clase IV, con limitaciones por riesgo de erosión.

3.2.7 Uso de la tierra:

Según Véliz Zepeda (31), el uso agrícola de la parte media de la cuenca está ocupada por cultivos anuales - hortalizas y bosque abierto de coníferas.

3.2.8 Características de la población:

Según Zúñiga Aragón, (32) en la parte media de la cuenca, para el año 1995 existían 7,425 habitantes. Indica también que un 83.91% de esta población son del grupo étnico Maya Cakchiquel, los cuales son bilingüe, es decir, que tienen dominio de su lengua nativa y del castellano.

3.2.9 Ubicación del sitio experimental:

La investigación se realizó en la parte media de la Cuenca del Río Itzapa, en San Andrés Itzapa, Chimaltenango, la cual se ubica a $14^{\circ} 37' 40''$ de Latitud Norte y $90^{\circ} 51' 22''$ de longitud Oeste, a una altitud de 1850 msnm.

Se seleccionó esta área por ser representativa del uso de la tierra en la parte media de la cuenca, con una pendiente promedio de 18 por ciento y por considerarse un área crítica de erosión de la misma.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

4.1.1 Obtener información básica sobre el efecto de la cobertura y manejo de tres cultivos en la parte media de la cuenca, sobre la erosión hídrica, para probar y validar un modelo para estimar la erosión hídrica.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

4.2.1 Cuantificar en forma directa el escurrimiento superficial y la cantidad de suelo erosionado bajo la cobertura vegetal y el manejo de tres cultivos (asocio maíz - frijol, frijol y brócoli) para determinar el factor de cobertura y manejo de los cultivos, (factor C).

4.2.2 Determinar el factor de erosividad de la lluvia (factor R) en el año 1997.

4.2.3 Probar y validar el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, con los datos obtenidos.

4.2.4 Integrar a través de un análisis estadístico los datos de las fases I. y II del estudio

5. HIPOTESIS

Las áreas con cobertura y manejo de cultivos de frijol, brócoli y asocio (maíz - frijol) sufrirán igual erosión y tendrán la misma escorrentía superficial, con la precipitación pluvial, en la época lluviosa de los años 1996 y 1997, en la parte media de la cuenca del Río Itzapa.

6. METODOLOGIA

6.1 SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron seleccionados de acuerdo al uso de la tierra que los agricultores hacen en el área.

El experimento se realizó en un terreno con una pendiente de 18 por ciento, la cual es representativa de los terrenos cultivados de la parte media de la cuenca. Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

Cobertura de asocio de maíz, Zea mays L. y frijol, Phaseolus vulgaris L.

Cobertura de frijol, Phaseolus vulgaris L.

Cobertura de hortaliza brócoli, Brassica oleracea var. Italica

Testigo (sin cobertura).

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

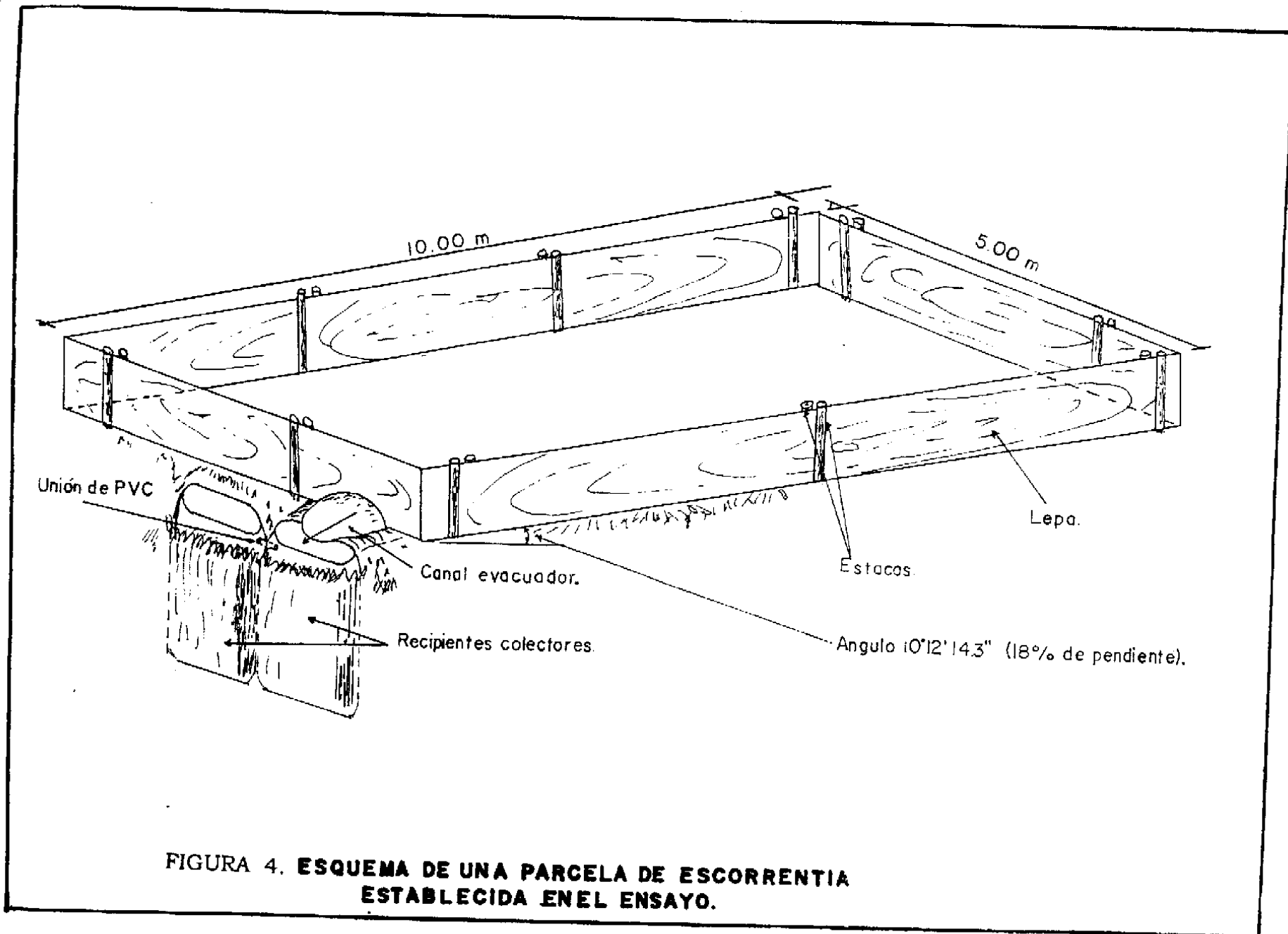
Se utilizó el diseño en "Bloques al Azar", debido a la pendiente que existe en el área del experimento, con el objetivo de bloquear las diferencias en las condiciones del suelo que puedan existir por esta gradiente, para que no interfiriera en los resultados del ensayo. El experimento se realizó con cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos, lo cual genera un número de 16 unidades experimentales, cada uno con 50 metros cuadrados.

6.3 ARREGLO Y MONTAJE DEL EXPERIMENTO

Por tratarse de la segunda evaluación de la cobertura de tres cultivos en esta área, el experimento fué establecido el año 1996, por lo que, para la presente investigación fué necesario rehabilitar las parcelas de escorrentía; se describe a continuación el procedimiento seguido para el establecimiento del experimento.

6.3.1 Confinamiento de las parcelas:

Para evitar la penetración de escorrentía superficial de áreas aledañas, se circularon los lotes utilizando tablas de madera de segunda (lepa) de 0.25 m de ancho, las cuales se introdujeron en el suelo hasta una profundidad de 0.15 m, fijándolas al terreno con estacas de madera. Las parcelas de escorrentía tenían un área de 50 m cuadrados, 10 m de largo y 5 m de ancho; midiéndose el lado más largo a favor de la pendiente. (Fig. 4)



6.3.2 Sistema colector de agua y sedimentos:

El sistema está constituido básicamente de los siguientes elementos:

a) Canales colectores:

Consisten en canales de forma trapezoidal de 0.10 m de profundidad y 0.20 m de ancho, recubiertas con cemento para evitar que la escorrentía del lote se filtre en el suelo.

b) Canales de evacuación:

Para conducir el agua y sedimentos de los canales colectores hacia los recipientes, se utilizaron canales semicirculares hechos de cemento con un largo de 0.30 m.

c) Recipientes colectores:

Como recipientes colectores se utilizaron toneles de plástico de 200 litros de capacidad, colocando dos toneles por parcela y conectados en su parte superior por un tubo de PVC. Los toneles estaban colocados 0.10 m abajo del nivel del canal de evacuación.

6.3.3 Fuente de datos meteorológicos:

Cerca del experimento está instalada la estación meteorológico de Xipacay, con el siguiente equipo: pluviógrafo de banda semanal, tanque evaporímetro, pluviómetro y termómetro de máxima y de mínima.

6.3.4 Establecimiento y manejo de los cultivos:

a) Maíz y frijol (en asoció):

i. Semillas:

Se utilizó semilla local, por ser la utilizada por los agricultores del área.

ii. Preparación del terreno:

Consistió en un barbechado y elaboración de surcos perpendiculares a la pendiente.

iii. Siembra:

La siembra de maíz se realizó el 1 de junio y se colocaron 4 ó 5 semillas de maíz, dejando una distancia entre postura de 0.90 m y entre surcos de 1.25 m, la cosecha del maíz fué el 30 de noviembre; para el frijol, se utilizó semilla de crecimiento determinado, se tuvieron 2 ciclos de este cultivo, la primera siembra se realizó el 1 de junio y se cosechó el 25 de agosto; la segunda siembra se realizó el 25 de agosto y se cosechó el 15 de noviembre; del frijol se colocaron 2 semillas por postura a una distancia de 10 cm entre los surcos de maíz.

iv. Fertilización:

Para el maíz se realizaron dos aplicaciones de fertilizantes, la primera a los 30 días después de la siembra, con fertilizante de fórmula 15-15-15 a razón de 152 kg/ha (38 libras por cuerda de 40 varas por 40 varas) y la segunda a los 4 meses después de la siembra, al empezar la floración, a razón de 221 kg/ha (50 libras de urea por cuerda) y para el frijol se aplicó únicamente fertilizante 15-15-15 a razón 152 kg/ha (38 libras por cuerda), a los 30 días después de la siembra, en cada uno de los dos ciclos que se tuvieron.

v. Control de malezas:

Para el maíz se efectuaron dos limpieas con azadón, la primera a los 30 días después de la siembra y la segunda a los 4 meses, cuando se realizó la calza del maíz (al momento de la fertilización); mientras que para el frijol se realizó una limpieza a los 30 días después de la siembra, en cada uno de los dos ciclos que se tuvieron.

vi. Control fitosanitario:

En las parcelas sembradas con frijol se presentó la plaga de tortuguilla del frijol, Diabrotica sp, y se controló conde aspersiones de metil parathion.

b) Frijol:

En este cultivo se tuvieron dos ciclos durante la duración del ensayo, la primera siembra se realizó el 1 de junio y se cosechó el 25 de agosto, la segunda siembra se realizó el 25 de agosto y se cosechó el 15 de noviembre. El manejo que se dió fue el siguiente:

i. Semilla:

Se utilizó semilla local, (semilla criolla de crecimiento determinado)

ii. Preparación del terreno:

Consistió en un barbechado y elaboración de surcos perpendiculares a la pendiente.

iii. Siembra:

Se colocaron 2 semillas por postura a una distancia de 10 cm, sembrando tres hileras por cada surco.

iv. Fertilización:

Se realizó una aplicación de fertilizante de fórmula 15-15-15 a razón de 152 kg/ha (38 libras por cuerda de 40 varas por 40 varas), 30 días después de la siembra.

v. Control de malezas:

Se realizó una limpieza manual de malezas a los 30 días después de la siembra, al momento de la siembra.

c) Brócoli:

De este cultivo se tuvieron dos ciclos, las plántulas del primer ciclo se transplantaron el 1 de junio y se cosecharon el 7 de agosto, las plántulas del segundo ciclo se transplantaron el 9 de agosto y se cosecharon el 22 de octubre.

i. Semillero:

Se elaboró un semillero de brócoli de la variedad Legacy, el cual es muy utilizado por los agricultores de la región.

ii. Preparación del terreno:

Se realizó un barbecho al terreno con el objetivo de tener condiciones adecuadas para pegue de las plántulas.

iii. Transplante:

Se realizó a los 35 días después de germinadas las semillas. Se utilizó un distanciamiento de 0.75 m al cuadro (entre surcos y plantas).

iv. Fertilización:

Se realizaron dos aplicaciones, la primera al momento de la siembra a razón de 284 kg/ha de fertilizante de fórmula 15-15-15 (1 quintal por cuerda) y la segunda al comenzar la floración a razón de 426 kg de Urea/ha (1.5 quintal por cuerda). La fertilización se hizo en forma localizada, similar a la que hacen los agricultores del área.

v. Control de malezas:

Únicamente se realizó una limpia un mes después del transplante, utilizando para el efecto azadón. Cuando empezaron a aparecer los floretes se procedió a hacer un aporcado que fué formando un surco transversal a la pendiente que evitaba la erosión.

vi. Control fitosanitario:

El control de plagas se efectuó al observar daño en el cultivo, en el caso del brócoli se tuvo ataque de larva de Leptophobia aripa y para su control se utilizó el producto biológico Bacillus thuringiensis. No se presentó ningún ataque de enfermedades.

d) Testigo:

La parcela testigo se mantuvo sin cobertura vegetal; realizando limpiezas mecánicas de malezas a cada 15 días, para evitar que éstas dieran algún tipo de protección al suelo en contra de la escorrentía y la erosión.

6.4 VARIABLES RESPUESTA

Entre las variables respuestas, se encuentran:

- a) Cantidad de escurrimiento superficial en metros cúbicos por hectárea y porcentaje de escorrentía.
- b) Cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea y lámina de suelo en centímetros.
- c) Granulometría de los sedimentos
- d) Porcentaje de cobertura de los cultivos.

6.4.1 Variables auxiliares:

- a) Cantidad, frecuencia e intensidad de la precipitación pluvial en el área de estudio.
- b) Índice de erosividad de la lluvia.

6.5 MEDICION DE VARIABLES

6.5.1 Escurrimiento superficial:

El escurrimiento superficial se midió después de cada evento de lluvia, siempre y cuando llegara agua a los recipientes colectores. La medición se efectuó con una regla graduada (calibrada en litros), para cada tipo de recipiente, lo cual permitió obtener la profundidad del agua escurrida, luego se determinó el volumen en litros y posteriormente se obtuvo el equivalente en metros cúbicos por hectárea.

6.5.2 Cantidad de suelo erosionado (sedimentos):

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

a) Sólidos en Suspensión:

Se tomó una muestra de un litro de agua de los recipientes colectores para cada parcela después de un evento de lluvia, que arrastró sedimentos. Para determinar la cantidad de sólidos, la muestra de agua se filtró y se colocó con el papel filtro y los sólidos en el horno a 105° C por 24 horas, para posteriormente determinar su peso en base seca.

b) Sedimentos:

Después de evacuar el agua de los recipientes se sacaron los sedimentos depositados en el fondo de éstos y los sedimentos colectados en el fondo de los canales; se pesaron en húmedo y se tomó una muestra para determinar el peso en base seca por el método gravimétrico, secado en horno a 105° C por 24 horas.

6.5.3 Cálculo de la lámina de suelo erosionado:

Para el cálculo de la lámina de suelo erosionado, se tomó en cuenta la cantidad de suelo erosionado en cada uno de los tratamientos y seguidamente se relacionó con la densidad aparente de 1.05 gr/cc, que poseen los suelos del área de trabajo.

6.5.4 Determinación de la textura de los sedimentos:

Del suelo que se colectó y se sedimentó en los recipientes colectores se tomó una muestra para hacer un análisis de granulometría a través del método de Bouyucos

6.5.5 Medición del porcentaje de cobertura de los cultivos:

Con una frecuencia de quince días a partir del establecimiento de los cultivos en las parcelas de escorrentía y cuando se hacían lecturas de los datos de escorrentía y erosión, se realizó un muestreo respecto al porcentaje de cobertura del follaje de los cultivos, midiendo para ello la proyección del área foliar del cultivo sobre el surco y tomando en cuenta la distancia entre los surcos.

6.5.6 Medición de la precipitación pluvial:

Del pluviógrafo de banda semanal, instalado cerca del ensayo, se obtuvo la cantidad de lluvia, frecuencia e intensidad de cada evento. Para definir un evento se siguió el criterio de Wischmeir y Mannering, cuya metodología se describe en el siguiente inciso.

6.5.7 Cálculo del índice de erosividad de la lluvia.

- Para el cálculo de este índice se utilizaron las bandas semanales del pluviógrafo instalado cerca del experimento, la determinación del factor está en función de la intensidad máxima en 30 minutos y la energía cinética por evento de lluvia.
- Para la determinación de la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia, se buscó la parte de la curva en el pluviograma que tenía mayor pendiente, en una porción de tiempo equivalente a treinta minutos, el resultado obtenido se multiplicó por dos, para expresar los datos en milímetros por hora.
- No todas las gráficas de precipitación se analizaron y tabularon, puesto que no todas las precipitaciones tuvieron características erosivas, por lo que se depreciaron todas aquellas lluvias menores a 13 milímetros, siempre y cuando estuvieran separadas por intervalos de tiempo mayores a 6 horas, a menos que la precipitación iguale a 6 milímetros en un tiempo de 15 minutos.
- La energía cinética se calculó a través de los registros pluviométricos semanales, los cuales se dividieron en segmentos. De cada segmento del pluviograma se calculó la intensidad en milímetros por hora.
- Con la ecuación siguiente se calculó la energía cinética unitaria para cada segmento que tenga intensidades uniformes:

$e = 0.119 + 0.0873 \text{ Log}_{10} I$, donde I es la intensidad expresada en milímetros por hora de cada uno de los segmentos. Si la intensidad excede los 76 milímetros por hora, se tomó la energía cinética directamente como 0.283.

- Calculada la energía unitaria por cada segmento, se sumó y se obtuvo la energía global por lluvia, que multiplicada por la intensidad máxima en 30 minutos en mm/hr dió los valores de Energía Unitaria para cada evento de lluvia; los valores de cada evento se sumaron para obtener los valores del factor R mensual y Anual.

6.6 ANALISIS DE LA INFORMACION

1. Análisis de varianza:

Los datos de escorrentía superficial y cantidad de suelo erosionado fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), con el modelo de "bloques al azar" los que se compararon y se determinó si existía diferencia significativa entre los tratamientos y como los tratamientos fueron estadísticamente diferentes con un nivel de significancia de 5 por ciento, fue necesario someterlos a una prueba de comparación de medias, usando para ello el comparador de Tukey.

El modelo estadístico que se utilizó para el ANDEVA fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Variable respuesta de la ij -ésima parcela de escorrentía.
 μ : Efecto de la media general.
 α_i : Efecto del i -ésima cobertura vegetal.
 β_j : Efecto del j -ésimo bloque.
 ϵ_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la ij -ésima parcela de escorrentía.
 i : 1, 2, 3T
 j : 1, 2, 3f

2) Porcentaje de escorrentía:

Se determinó el porcentaje de escorrentía para cada tipo de cobertura, a través de una relación de proporción considerando como 100 por ciento el volumen total de lluvia registrada durante el año 1,997 y relacionándolo con el volumen medio de escorrentía de cada uno de los tratamientos evaluados.

$$\text{Porcentaje de escorrentía} = \left(\frac{\text{volumen de agua escurrida}}{\text{Volumen de lluvia}} \right) \times 100$$

3) Factor de cobertura y manejo del cultivo:

El factor de cobertura y manejo del cultivo (factor C), se determinó de acuerdo a la relación:

$$C = \left(\frac{\text{cantidad de suelo erosionado en parcela con cobertura}}{\text{cantidad de suelo erosionado en parcela sin cobertura}} \right)$$

4) Análisis de correlación entre variables :

Haciendo uso de los valores de intensidad y cantidad de lluvia de los 23 eventos registrados, que causaron erosión durante la época lluviosa del año 1997, además de los valores obtenidos escorrentía superficial, suelo erosionado y el porcentaje de cobertura vegetal para los diferentes cultivos evaluados, se calcularon los coeficientes de correlación lineal para:

- a) Porcentaje de cobertura vegetal - suelo erosionado:
- b) Intensidad de lluvia - suelo erosionado:
- c) Porcentaje de cobertura vegetal - escorrentía superficial.
- d) Intensidad de lluvia - escorrentía superficial.
- e) Escorrentía superficial - suelo erosionado.

5) Análisis Integrado de los Resultados de la Fase I. y Fase II:

Se realizó un análisis de varianza, utilizando el modelo de una serie de experimentos, para las variables suelo y escorrentía, tomando como fuente de variación los tratamientos, los bloques, la interacción de bloque-tratamiento, los años de observación, la interacción de año-tratamiento, y la interacción año-bloque, los que se compararon y se determinó si existía diferencia significativa entre estas fuente de variación, como estadísticamente en algunas de estas existe diferencia a un nivel de significancia de 5 por ciento, fue necesario someterlos a una prueba de comparación de medias,

El modelo estadístico que se utilizó para el ANDEVA fue:

$$X_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + T_k + aT_{k,i} + BT_{k,j} + E_{ijkl}$$

Donde:

- μ : Efecto de la media general.
- A_i : Efecto del i-ésima cobertura vegetal.
- B_j : Efecto del j-ésimo bloque.
- AB_{ij} : Efecto de la interacción de la cobertura y el bloque.
- T_k : Efecto del t-ésimo año de observación.
- $aT_{k,i}$: Efecto de la interacción entre años de observación y la cobertura vegetal.
- $BT_{k,j}$: Efecto de la interacción entre años de observación y los bloques.

E_{ijk} : Efecto del error experimental asociado a la ij -ésima parcela de
escorrentía y al k -ésimo año
 i : 1, 2, 3T
 j : 1, 2, 3r

Tomando en cuenta los valores de suelo erosionado obtenidos del año 1,996 y 1,997 se calculó el factor de manejo y cobertura de cada cultivo (factor C), para ello se sumaron dichos valores para cada cultivo y se dividieron dentro de la sumatoria de los valores de suelo erosionado obtenidos de las parcelas sin cobertura vegetal.

El factor de Erosividad de la lluvia (Factor R), de ambos años se obtuvo del promedio de los años 1,996 y 1,997. Seguidamente se hicieron los cálculos de suelo erosionado a través del modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) y se compararon con los valores promedios de los dos años de registro.

7. RESULTADOS

7.1 PRECIPITACION PLUVIAL:

7.1.1 Precipitación pluvial total mensual:

En el cuadro 1 se presentan los valores de la precipitación mensual promedio de 11 años de registro de la Estación meteorológica "La Alameda", así como los datos de los años 1996 y 1997 de la estación meteorológica Xipacay, ubicada cerca del área del experimento.

Cuadro 1. Precipitación mensual promedio de 11 años de registro de la estación meteorológica "La Alameda" y valores registrados en la estación meteorológica "Xipacay" en los años 1996 y 1997.

MES	PROMEDIO DE 11 AÑOS (mm)*	AÑO DE 1996 (mm)**	AÑO DE 1997 (mm)**
Enero	1.84	12	2
Febrero	9.18	0	0
Marzo	19.44	8	3
Abril	27.67	91.9	27.9
Mayo	110.21	143.9	52.74
Junio	194.05	211.2	81.64
Julio	167.22	286.00	74.20
Agosto	172.72	115.90	118.80
Septiembre	195.6	232.60	272.50
Octubre	113.65	74.00	48.00
Noviembre	15.44	23.90	26.10
Diciembre	4.89	24.0	8.2
TOTAL	1031.91	1223.40	715.08

* Fuente: INSIVUMEH.

Estación "La Alameda" (Primer Orden)

** Fuente: IIA. DIGI-USAC.

Estación "Xipacay" (Segundo Orden)

En el cuadro 1 y figura 5, se observa que los valores de precipitación registrados en el año de 1997, en la estación meteorológica de Xipacay, son altos en agosto y septiembre; al hacer una comparación con los valores promedio que se tienen de la estación la Alameda se observa que únicamente en septiembre se obtuvo una cantidad de precipitación mayor. El año (1997), fué un año con deficiencia de humedad en la mayor parte de los meses, y las precipitación pluvial se concentró casi en tres meses (fig. 5). También se observa que el total de la precipitación del año 1997, es menor a la precipitación registrada en el año 1996 y el promedio de los once años de la estación de La Alameda.

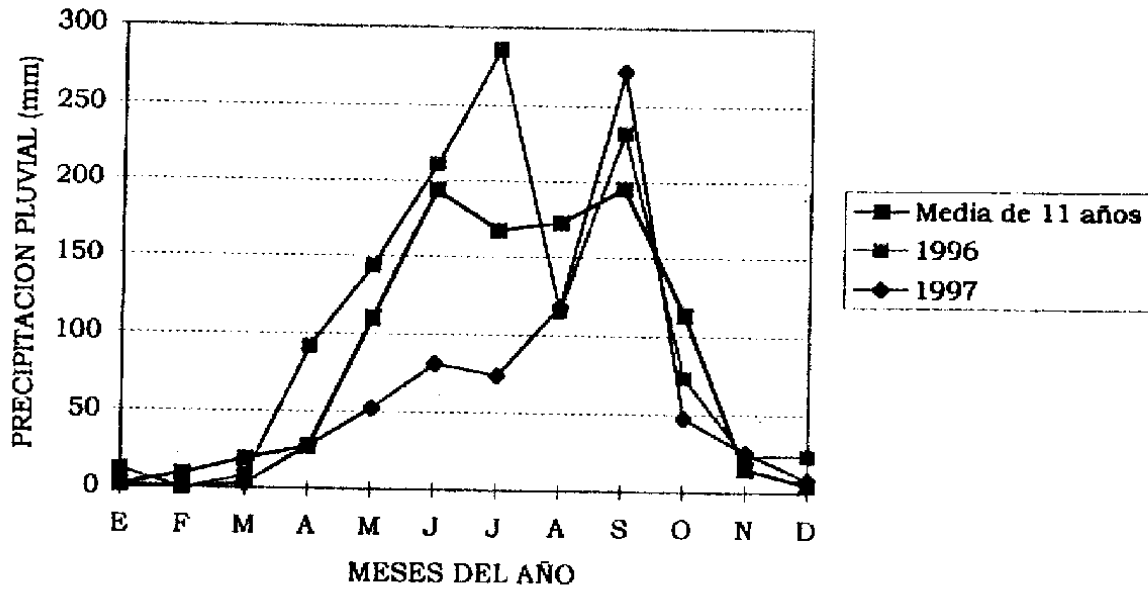


FIGURA 5. Pluviograma de lluvias tabuladas, media de 11 años en estación meteorológica La Alameda; años 1996 y 1997 en estación meteorológica Xipacay.

7.2 ESCORRENTIA

7.2.1 Cantidad de escorrentía:

En el cuadro 2, se presentan los volúmenes medios de escorrentía superficial en metros cúbicos por hectárea, que se obtuvieron en el experimento; en dicho cuadro se observa que de los tres cultivos evaluados, las parcelas cultivadas con brócoli reportan mayor volumen de escorrentía debido a que entre cada ciclo del cultivo se deja el suelo desprotegido y también porque al inicio del cultivo, el manejo que los agricultores le dan al mismo, no incluyen el surqueado transversal a la pendiente del terreno. El tratamiento en el que se obtuvo menor escorrentía fué el de asocio (maíz y frijol), debido al manejo que se le da al cultivo y a que la cobertura vegetal del cultivo fué alto durante la mayor parte del ensayo, y el ciclo del maíz coincide con el periodo de lluvia, dando mayor protección al suelo contra el proceso erosivo por el agua que corre sobre la superficie.

Cuadro 2. Escorrentía superficial (m^3/ha), para tratamientos y repeticiones en el sitio experimental en 1997.

TRATAMIENTO	REPETICIONES				MEDIA
	I	II	III	IV	
MAIZ - FRIJOL	348.00	328.05	328.40	341.60	336.01
FRIJOL	357.71	343.47	354.03	358.99	353.55
BROCOLI	750.13	717.07	712.53	729.89	727.41
SIN CULTIVO	1395.90	1350.90	1363.20	1428.50	1384.63

Al hacer un análisis de varianza (cuadro 18 A) a los datos obtenidos de escorrentía superficial se encontró diferencia significativa entre tratamientos, a un nivel de 5 por ciento de significancia, por lo cual se realizó una prueba de comparación de medias, usando la prueba Tukey, cuyos resultados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba de Medias (Tukey) para la cantidad de escorrentía Superficial.

TRATAMIENTO	ESCORRENTIA SUPERFICIAL (m^3/ha).	TUKEY
SIN CULTIVO	1384.10	a
BROCOLI	727.40	b
FRIJOL	353.19	c
MAIZ Y FRIJOL	336.01	d

En los datos del cuadro 3, se observa que todos los tratamientos produjeron escorrentía con valores que son estadísticamente diferentes al 5 por ciento de significancia. Esto indica que las coberturas de brócoli, frijol y asocio de maíz y frijol proporcionan diferentes grados de protección al suelo contra el proceso erosivo de la lluvia, produciendo diferencias en las cantidades de escorrentía superficial.

7.2.2 Porcentaje de escorrentía:

El total de la precipitación registrada durante los meses del ciclo de los cultivos fue de 621.24 mm, el cual es equivalente a $6112.40 m^3/ha$.

Cuadro 4. Cantidad (m^3/ha) y porcentaje de escorrentía para los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	CANTIDAD (m^3/ha)	PORCENTAJE DE ESCORRENTÍA
MAIZ Y FRIJOL	336.01	5.41
FRIJOL	353.55	5.69
BROCOLI	727.41	11.71
TESTIGO	1384.13	22.28

En el cuadro 4, se puede observar que del tratamiento en el que se tenía el asocio de maíz y frijol se obtuvieron los valores más bajos de escorrentia, seguido del cultivo del frijol. Esto se debe principalmente a que los agricultores, antes de sembrar el frijol o bien el asocio de maíz y frijol preparan el suelo con un surqueado transversal a la pendiente del terreno; así mismo, el cultivo de maíz se aporca o calza cuando empieza a florecer; favoreciendo la formación de una barrera contra la escorrentia; mientras que en el cultivo del brócoli no se surquea el terreno antes de sembrar, en este cultivo la calza se realiza hasta que los floretes empiezan a aparecer, por lo que el suelo queda expuesto a la erosión durante la fase vegetativa del cultivo.

7.3 SUELO EROSIONADO

7.3.1 Cantidad de suelo erosionado (ton/ha).

En el cuadro 5, se presentan las cantidades de suelo erosionado (ton/ha), por efecto de 23 eventos de lluvia mayores de 10 mm, que causaron arrastre de partículas en las parcelas del área experimental.

Cuadro 5. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año) en el sitio experimental.

TRATAMIENTO	REPTETICIONES				MEDIA
	I	II	III	IV	
MAIZ Y FRIJOL	4.85	3.98	4.10	5.15	4.52
FRIJOL	6.75	5.20	7.05	5.82	6.21
BROCOLI	8.95	11.20	10.23	10.50	10.22
SIN CULTIVO	34.75	35.80	28.32	30.62	32.37

El tratamiento de asocio de maíz y frijol, presentó el valor más bajo de suelo erosionado, esto es debido a que el cultivo de maíz, tiene un ciclo de 7 meses y cuando la cobertura oscila entre 80 a 95 por ciento, se presentaron las lluvias de mayor intensidad, por lo que siempre ofrece cierta protección al suelo contra la erosión. Los cultivos de brócoli y frijol en monocultivo presentan un ciclo de aproximadamente 90 días, por lo que en la etapa inicial de cada cultivo la cobertura es mínima y entre los ciclos de los mismos se dejan al suelo desprotegido contra la erosión hídrica.

Al hacer un análisis de varianza (cuadro 19 A) de los datos obtenidos de suelo erosionado, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se realizó una prueba de comparación de medias, utilizando para ello la prueba de Tukey y los resultados de dicha prueba se presentan a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de medias (Tukey) para la cantidad de suelo erosionado.

TRATAMIENTO	SUELO EROSIONADO (ton/ha/año)	TUKEY
SIN CULTIVO	32.37	a
BROCOLI	10.22	b
FRIJOL	6.21	c
MAIZ Y FRIJOL	4.52	c

En el cuadro 6, se observa que estadísticamente, al 5 por ciento de significancia, los tratamientos de frijol y asocio (maíz y frijol) son iguales en la protección del suelo contra la erosión hídrica. De los tres cultivos, el brócoli es el que presenta mayor cantidad de suelo erosionado, principalmente porque en el sistema de cultivo, no se prepara con un surqueado al suelo antes de la siembra y porque en el área de estudio, los agricultores siembran este cultivo en dos ciclos por año.

7.3.2 Lámina de suelo erosionado:

A continuación se presentan en el cuadro 7, los resultados de los cálculos para la lámina de suelo erosionado, expresado en centímetros, en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 7. Lámina de suelo erosionado (cm), en cada uno de los tratamientos evaluados, durante la época lluviosa 1,997.

TRATAMIENTO	LAMINA DE SUELO EROSIONADO (cm)
SIN CULTIVO	0.29
BROCOLI	0.091
FRIJOL	0.055
ASOCIO (MAIZ -FRIJOL)	0.040

En el cuadro 7, se observa que en la parcela con cobertura de brócoli, se perdió una lámina de suelo de 0.104 cm, (1.04 mm) siendo el tratamiento que presentó el valor más alto, seguidamente está el frijol con una lámina de suelo perdido de 0.063 cm, (0.63 mm) y luego el asocio de maíz - frijol con 0.046 cm (0.46 mm); tomando en consideración que la lámina que se perdió en este caso fue parte del horizonte A, y en dicho horizonte se encuentra la materia orgánica y la estructura del suelo es de tipo migajón y si tomamos en cuenta las características de los horizontes que se encuentra abajo del horizonte A, que poseen altos contenidos de arena y una estructura menos estable serán más fáciles de erosionar.

7.4 FACTOR DE COBERTURA (Factor C).

Con base a la cantidad de suelo erosionado en la parcela testigo, sin cobertura, se determinó el factor de cobertura, factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, para cada uno de los cultivos evaluados, los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Factor de Cobertura (Factor C) para cada tratamiento evaluado.

TRATAMIENTO	FACTOR C
FRIJOL	0.19
BROCOLI	0.31
MAIZ Y FRIJOL	0.14

En el cuadro 8, se observa que el factor de cobertura para el cultivo de brócoli es el más alto y cuando este valor tiende a la unidad, la protección que brinda al suelo contra la erosión es menor, es decir, que entre menor sea el valor del factor C, mayor es la protección que brinda el cultivo al suelo contra la erosión.

Al comparar los valores del Factor C, del cuadro 8, con los valores del cuadro 11, se observa que el cultivo que tiene mayor porcentaje de cobertura, el valor del Factor C, de este cultivo es menor, por lo tanto, el suelo está menos expuesto a la erosión.

7.5 CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DE LOS SEDIMENTOS

En el cuadro 9, se presentan los valores en toneladas por hectárea de las partículas primarias del suelo, que se perdieron en el proceso de erosión bajo los tratamientos evaluados.

Cuadro 9. Partículas de suelo de los sedimentos de erosión (ton/ha).

PORCENTAJE	CULTIVO O COBERTURA			
	FRIJOL	BROCOLI	TESTIGO	MAIZ Y FRIJOL
ARENA	4.69	7.95	26.06	3.32
LIMO	0.79	1.18	3.50	0.66
ARCILLA	0.74	1.09	2.81	0.54

En este cuadro, se puede observar que las partículas del tamaño de las arenas fueron las que mayor arrastre tuvieron, debido a que la textura del suelo superficial en el área experimental corresponde a un franco - arenoso. Se observa que de las parcelas con cultivo, en las del tratamiento con cultivo de brócoli, se perdieron altas cantidades de limo y arcilla, que son las partículas químicamente activas en el suelo, afectando así la fertilidad natural de los suelos.

7.6 FACTOR DE EROSIVIDAD (R)

Con base a la metodología propuesta por Wischmeier - Mannering, se calculó el factor de erosividad de la lluvia (R), los valores de este factor para cada mes durante el ensayo, se reportan en el cuadro 10, y los cálculos aparecen en el apéndice; se puede observar que septiembre posee el valor más alto, además de que en este mes se registró una mayor precipitación. Por lo tanto, los suelos estuvieron con bastante humedad, reduciendo la capacidad de absorber agua, provocando una mayor escorrentía y suelo erosionado, esto a pesar de que los suelos del área tienen una velocidad de infiltración de 7.63 cm/hr (cuadro 23 A), considerada como una permeabilidad de moderada a rápida, característica que permite al suelo una buena capacidad de infiltración.

Cuadro 10. Valor de erosividad de la lluvia mensual (factor "R" en (megajoules -milímetro)/ (hectárea-hora-año) en 1997 y porcentaje mensual de cada valor .

MES	FACTOR R DE 1997	PORCENTAJE FACTOR R	PORCENTAJE ACUMULADO FACTOR R
Mayo	231.87	8.01	8.01
Junio	226.98	7.85	15.86
Julio	154.54	5.34	21.20
Agosto	294.62	10.18	31.38
Septiembre	1944.38	67.21	98.59
Octubre	40.59	1.41	100.00
TOTAL	2892.98	100.00	100.00

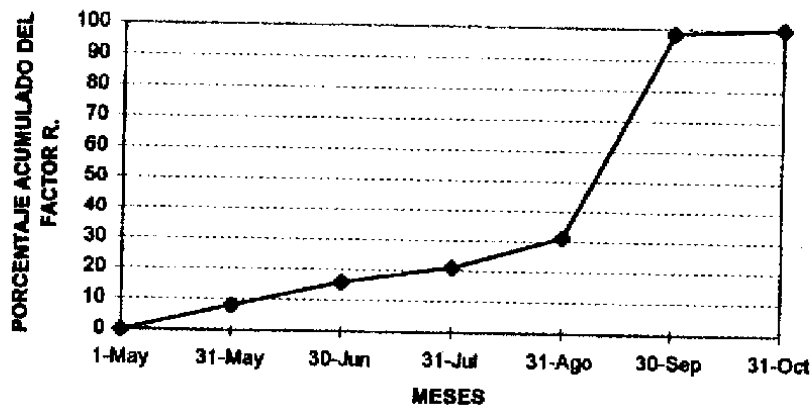


FIGURA 6. Porcentaje acumulado del factor R, durante los meses del ensayo en 1997.

Al analizar la figura 5, se observa que la curva posee una mayor pendiente en septiembre, seguido de agosto, lo que indica que durante estos meses hubo mayor riesgo de erosión, es decir que las lluvias tuvieron mayor capacidad de provocar erosión.

7.7 COBERTURA DE LOS TRATAMIENTOS

A continuación se presentan los resultados del porcentaje de cobertura de 10 muestreos, así como la fecha en que se realizaron. Estos datos fueron algunos de los que sirvieron para realizar las correlaciones con la cantidad de suelo erosionado, volumen de escorrentía, cantidad e intensidad de lluvia.

Cuadro 11. Porcentaje de cobertura vegetal para el sitio experimental en 10 muestreos.

TRATAMIENTO	FECHAS DE OBSERVACION									
	1/6	16/6	30/6	15/7	30/7	13/8	5/9	17/9	29/9	18/10
FRIJOL	0	26	55	82	95	88	1	10	21	65
BROCOLI	0	21	51	62	70	5	24	38	53	75
SIN CULTIVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAIZ Y FRIJOL	0	31	61	75	80	95	75	84	95	94

En el cuadro 11, se puede observar que el tratamiento de maíz y frijol en asocio, ofrece mayor cobertura, esto es debido a que el ciclo del maíz es de 7 meses, es decir, que en toda la época lluviosa siempre presentó una cobertura que protegía al suelo contra la escorrentía y la erosión. Por otro lado los cultivos de frijol y de brócoli presentaron ciclos de 65 y 90 días respectivamente, dejando un periodo entre ciclos en el cual el suelo queda sin ninguna cubierta vegetal, expuesto a la erosión hídrica. Durante el ciclo de los cultivos no presentó ningún déficit marcado de humedad en el suelo, por lo que el follaje tuvo un desarrollo normal. Esto se puede ver en el cálculo de precipitación efectiva, (Cuadro 17 A).

7.8 ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO:

Para la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), cuyos componentes son $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$; se utilizó para el factor R, el valor obtenido en el año 1997 (2892.98 (megajoules-milímetro)/(hectárea-hora-año)) que aparece el cuadro 10; para el factor K se usó el valor 0.016 (toneladas-hectárea-hora)/(hectárea-megajoules-milímetros), que aparece en la figura 10A, este parámetro cambia muy poco, siempre y cuando no hayan fenómenos abruptos que alteren las propiedades del suelo que sirven para determinar el factor de erodabilidad del suelo (factor K), como son : porcentaje de limo más arenas finas, porcentaje de arenas, de materia orgánica, la estructura y la permeabilidad del suelo, por lo que se podrá seguir usando dicho valor por varios años. El factor LS (1.96), cuyos cálculos aparecen en el apéndice; el factor C para brócoli de 0.3125; para el frijol el factor fue de 0.1875; para el cultivo en asocio de maíz y frijol fué de 0.139 y usando como factor P un valor de 0.4, para el frijol en monocultivo y el asocio de maíz - frijol, debido los cultivos se trabajaron en surcos en contorno durante el ciclo de los cultivos, el cual es una práctica de control de la erosión, mientras que para el cultivo de

brócoli se tomó un valor P de 0.6, debido a que los surcos en contorno se hicieron a medio ciclo del cultivo.

En el cuadro 12 y la figura 7, se hace una comparación de los resultados de los cálculos por medio de la ecuación universal de pérdida de suelo y el método directo a través de las parcelas de escorrentía.

Cuadro 12. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año), por método directo y calculado por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, (USLE) método indirecto.

TRATAMIENTO	METODO DIRECTO	ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO
BROCOLI	10.22	17.03
FRIJOL	6.21	6.80
ASOCIO (MAIZ - FRIJOL)	4.52	5.04

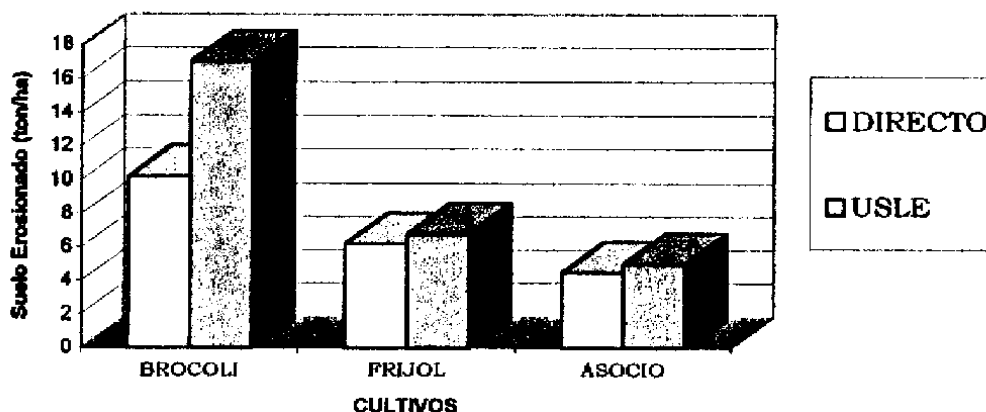


FIGURA 7. Comparación de valores de suelo erosionado obtenidos por el método directo y el método indirecto, USLE.

Al hacer un análisis de los datos obtenidos por el método directo y el método indirecto, se observa que el segundo método estima los datos de erosión con valores mayores, respecto al método directo evaluado a través de las parcelas de escorrentía. Los resultados anteriores se deben en parte a que los valores que se tomaron para el factor de prácticas de control de la erosión de suelos (factor P) fueron adaptados tomando en cuenta experiencias en otros países. Se debe considerar también que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por erosión hídrica se obtuvo de evaluaciones hechas en un periodo mayor a 10 años.

7.9 CORRELACIONES

Al hacer el análisis de correlación se determinó lo siguiente:

a) Correlación entre las variables cantidad de lluvia - volumen de escorrentía:

Se obtuvo un coeficiente de 0.23, aunque este valor resulta ser significativo a un nivel de 5 por ciento de significancia, este coeficiente indica que, un cambio en la cantidad de lluvia no afecta grandemente el volumen de escorrentía.

b) Correlación entre las variables cantidad de lluvia - cantidad de suelo erosionado.

Para las condiciones en que se desarrolló el experimento y bajo el manejo de los cultivos que se evaluaron se determinó que no existe correlación entre la cantidad de lluvia y la cantidad de suelo erosionado, ya que se obtuvo un coeficiente de 0.02, este valor resultó ser no significativo al 5 por ciento de significancia. El no encontrar correlación entre ambas variables se debe al manejo que se le dió a los cultivos, ya que un factor muy importante que redujo considerablemente la escorrentía y aún más la erosión fué la práctica de surcos en contorno que se hace a los terrenos antes de la siembra y al hacer el aporcado.

c) Correlación entre las variables intensidad de lluvia - volumen de escorrentía:

Se determinó un coeficiente de correlación de 0.16, este valor resultó ser significativo a un nivel de 5 por ciento, por lo que se determinó que existe correlación entre ambas variables, dicho coeficiente es bajo, lo que indica que un cambio en la intensidad de lluvia afecta muy poco el volumen de escorrentía superficial y es debido al manejo que se les da a los cultivos .

d) Correlación entre las variables intensidad de lluvia - cantidad de suelo erosionado:

Al hacer el análisis de correlación se obtuvo un coeficiente de 0.11, este valor resultó ser significativo a un nivel de 5 por ciento y se determinó que bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo y bajo el manejo de los cultivos evaluados existe correlación entre ambas variables.

e) Correlación entre las variables volumen de escorrentía - cantidad de suelo erosionado:

Se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.74, este valor resultó ser significativo a un nivel de 5 por ciento y se determinó que existe correlación entre ambas variables. Se observa que con el coeficiente obtenido, existe una relación estrecha entre ambas variables, lo que indica que a mayor volumen de escorrentía existió una mayor cantidad de suelo erosionado, ya que en proceso de erosión, las partículas del suelo son arrastrados por el agua de escorrentía.

f) Correlación entre las variables porcentaje de cobertura vegetal - cantidad de suelo erosionado:

Se obtuvo un coeficiente de correlación de -0.62 este valor resultó ser significativo a un nivel de 5 por ciento y se determinó que existe correlación entre ambas variables. El coeficiente que se obtuvo indica que existe relación entre ambas variables y que a mayor cobertura vegetal existirá una menor cantidad de suelo erosionado.

g) Correlación entre las variables porcentaje de cobertura vegetal - volumen de escorrentía:

Entre estas variable se obtuvo un coeficiente de correlación de -0.54 este valor resultó ser significativo a un nivel de 5 por ciento y se determinó que existe correlación entre ambas variables. Bajo las condiciones del ensayo y del manejo del cultivo se observa que a mayor porcentaje de cobertura vegetal existió un menor volumen de escorrentía superficial. Lo anterior indica que la cobertura vegetal es un buen protector del suelo ya que los volúmenes de escorrentía y suelo erosionado son menores cuando la cobertura vegetal es alta.

7.10 ANALISIS INTEGRADO DE LOS RESULTADOS DE LA FASE I Y LA FASE II.

Al hacer el análisis de varianza, utilizando el modelo de una serie de experimentos, para las variables: suelo y escorrentía se encontró diferencia significativa entre los años del ensayo, entre tratamientos, así mismo entre la interacción de año - tratamiento. Este resultado resalta la importancia que tiene el poder evaluar los tratamientos por más de un año de observación, ya que los resultados obtenidos en cada año, estadísticamente son diferentes, debido a que las condiciones de precipitación pluvial son diferentes, año con año, y se ha observado que las características de un año de registro se vuelven a presentar en un ciclo de 5 años en promedio..

Al hacer una prueba de comparación de medias de cada una de las variables se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 13. Prueba de medias para cantidad de suelo erosionado (ton/ha), para las fases I y II.

FASE	TRATAMIENTO	SUELO EROSIONADO (ton/ha)	TUKEY
1	Testigo	33.20	a
2	Testigo	32.37	a b
1	Brócoli	22.75	c
2	Brócoli	10.22	d
2	Frijol	6.205	e
2	Maíz - frijol	4.52	f
1	Frijol	2.90	g
1	Maíz - frijol	1.295	i.

En el cuadro 13, se observa que estadísticamente, los tratamientos testigos son iguales en cuanto a la cantidad de suelo erosionado, mientras que los demás tratamientos son estadísticamente diferentes, esto se debe a que el régimen de lluvia de ambos años fué diferente, ya que la cantidad de lluvia registrada en el año 1996 fue mayor que en el año 1997, pero las lluvias del año 1997 fueron de mayor intensidad.

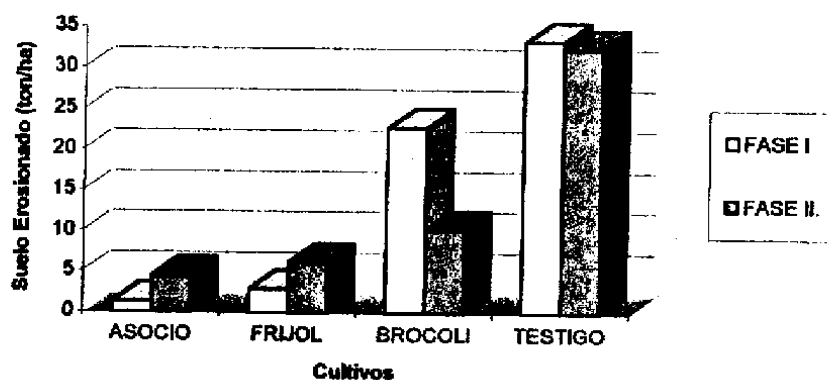


FIGURA 8. Comparación de los valores de suelo erosionado (ton/ha) obtenidos en la fase I y la fase II.

En la figura 8, se observa que en la fase II (año 1997), los valores obtenidos de suelo erosionado en los tratamientos de asocio (maíz - frijol) y del frijol, fueron más altos en relación a los de la fase I (año 1996), ya que entre los ciclos de estos tratamientos se presentaron lluvias de gran intensidad que provocaron mayor erosión en el año 1997. Sin embargo, el tratamiento de brócoli, el valor de suelo erosionado fue más alto en el año 1996, y el tratamiento testigo fue mayor en el año 1996, aunque estadísticamente los del último tratamiento son iguales.

Cuadro 14. Presentación de medias de escorrentía (m^3/ha), de las fases I y II.

FASE	TRATAMIENTO	ESCORRENTIA (m^3/ha)	TUKEY
2	Testigo	1384.625	a
2	Brócoli	727.405	b
1	Testigo	710.877	b c
1	Brócoli	489.912	d
2	Frijol	353.550	e
2	Maíz - frijol	336.212	e f
1	Frijol	279.525	g
1	Maíz - frijol	193.765	h

En el cuadro 14, se observa que estadísticamente, el tratamiento con cobertura de brócoli de la fase II es igual al tratamiento testigo de la fase I. en volumen de escorrentía superficial, mientras que los tratamientos de frijol y asocio de maíz - frijol en la segunda fase del experimento, estadísticamente son iguales. Así mismo se observa que los volúmenes de escorrentía en cada uno de los tratamientos fueron mayores en la fase II, en comparación a los valores de cada uno de los tratamientos de la fase I. tal como se observa en la figura 8. Esto se debe a que las lluvias del año 1997 fueron de mayor intensidad en comparación a las lluvias registradas en el año 1996.

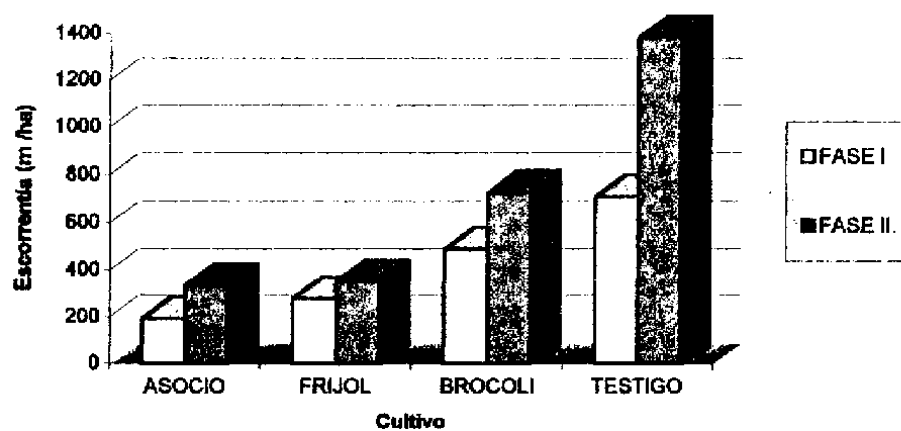


FIGURA 9. Comparación de valores obtenidos de escorrentía superficial en las Fases I y II.

Para hacer los cálculos de suelo erosionado a través del modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de suelo, USLE, se usaron los valores obtenidos en los años 1996 y 1997, los siguientes son los valores del factor de cobertura (factor C), para el frijol 0.138, el brócoli 0.502 y para el asocio 0.088; el valor del factor R, valor promedio de los años 1996 y 1997 fué de 2554.49 (megajoules-milímetros)/(hectárea-hora-año); para el factor LS se usó el valor de 1.96 cuyos cálculos aparecen en el apéndice; para el factor K se usó el valor de 0.016 (toneladas-hectárea-hora)/(hectárea-megajoules-milímetros) que aparece en la figura 10 A. y usando como factor P un valor de 0.4, para el frijol en monocultivo y el asocio de maíz - frijol, debido a que los cultivos se trabajaron en surcos en contorno durante el ciclo de los cultivos, el cual es una práctica de control de la erosión, mientras que para el cultivo de brócoli se tomó un valor P de 0.6, debido a que los surcos en contorno se hicieron después del transplante.

En el cuadro 15, se hace una comparación de los resultados de los cálculos por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, usando los valores generados en los dos años de registro, y los valores promedios de los dos años de registro obtenidos por el método directo a través de las parcelas de escorrentía.

Cuadro 15. Cantidad de suelo erosionado (ton/ha/año), por método directo (promedio de dos años de registro) y calculado por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, método indirecto (integración de datos de los años 1996 y 1997).

TRATAMIENTO	METODO DIRECTO	ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO
BROCOLI	16.48	24.128
FRIJOL	4.55	4.42
ASOCIO (MAIZ - FRIJOL)	2.91	2.81

Al hacer un análisis de los datos obtenidos por el método directo y el método indirecto, en los dos años de observación, se observa que los valores se van acercando a los valores del método directo; en el año 1997 los valores obtenidos con el método indirecto fueron mayores al 100 por ciento, comparados con los valores obtenidos en las parcelas de escorrentía; mientras que al hacer la integración de los dos años de registro se observa que este valor se disminuye un poco, por lo que se va dando mayor consistencia a los parámetros del modelo USLE. Los resultados anteriores reflejan que a pesar de tener solo dos años de registro los valores que se obtuvieron se van acercando a los datos obtenidos por el método directo. Se debe considerar también que la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por erosión hídrica se obtuvo de evaluaciones hechas durante un tiempo mayor a 10 años. Además, los autores del modelo USLE indican que el factor R de la ecuación debe ser el valor promedio de 15 a 20 años de registro.

8. CONCLUSIONES

40

Luego de realizado el análisis de los datos y bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento en el año 1997, se tienen las siguientes conclusiones:

1. La escorrentía superficial en las parcelas con cultivo de brócoli Brassica oleracea var. Italica L, tuvieron los valores más altos de agua escurrida, con una media de 727.41 m³/ha, en su orden le siguen las parcelas con cultivos de frijol, Phaseolus vulgaris L, con media de 353.55 m³/ha, por último las parcelas cultivadas de maíz y frijol en asocio, las cuales presentaron una media de 336.01 m³/ha.
2. El tratamiento de asocio de maíz - frijol, fue la que mayor protección brindó al suelo, con un valor de suelo erosionado de 4.52 ton/ha. En su orden le sigue el cultivo de frijol, con un valor medio de 6.21 ton/ha. El valor más alto se obtuvo en el cultivo de brócoli, con una media de 10.22 ton/ha
3. El factor C (factor de cobertura y manejo del cultivo), de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, para el cultivo en asocio de maíz - frijol fué el más bajo, con un valor de 0.14; para las parcelas con cultivo de frijol fué de 0.18, y para el cultivo de brócoli el valor fué de 0.32.
4. El valor del factor R, factor de erosividad de la lluvia de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo, para el año 1997, en la parte media de la cuenca del río Itzapa fue de 2892.98 (megajoules-milimetro)/(hectárea-hora-año). Considerado como un valor de alta capacidad erosiva.
5. Los valores de cantidad de suelo erosionado en ton/ha, obtenidos al hacer los cálculos por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, fueron cercanos a los valores obtenidos con el método directo a través de las parcelas de escorrentía.
6. Al hacer el análisis de varianza a los datos obtenidos de la Fase I y la Fase II, se determinó que existe diferencia significativa entre los datos de los años 1996 y 1997, entre los tratamientos evaluados y entre la interacción de año - tratamiento. De la integración de los valores obtenidos en los dos años se obtuvieron los valores para el factor C, siendo para el frijol de 0.138, para el brócoli de 0.502 y para el asocio de maíz - frijol de 0.088. El valor promedio para el factor R en los dos años de registro fué de 2554.49 (megajoules-milimetro)/(hectárea-hora-año).

9. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio de la evaluación de la cobertura vegetal y el manejo de tres cultivos en la pendiente de 18 por ciento, que es un área característica de la parte media de la cuenca, en un periodo no menor de 3 años, esto con el objetivo de obtener una mayor consistencia en los datos de escorrentía superficial, erosión hídrica y los índices que de aquí se obtengan para utilizarlos en el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, ya que el análisis de varianza de los datos de los dos años de registro indica que existe diferencia significativa entre estas dos épocas.
2. Para efecto de planificación del manejo de la cuenca preferentemente establecer el sistema de cultivo en asocio como el de maíz y frijol, ya que la sumatoria de las dos coberturas y el manejo que se le da a estos cultivos ofrece una mayor protección al suelo contra la escorrentía superficial y la erosión hídrica.
3. Para el sistema del cultivo de brócoli, se recomienda hacer surcos en contorno antes del transplante, ya que esta práctica ayuda a evitar la escorrentía superficial y la erosión hídrica, tal como sucede con el cultivo de maíz en monocultivo o en asocio con el frijol y se recomienda no destruir los surcos de la primera cosecha y dejar los residuos de cosecha como cubierta para el suelo, siempre y cuando no sean un medio de propagación plagas y enfermedades para los cultivos.
4. Se sugiere la implementación de un programa de prácticas de conservación de suelos en la parte media de la cuenca, en la que se incluyan cursos de educación ambiental y de conservación de los recursos naturales renovables, para que los agricultores tomen conciencia del problema ecológico, social y económico que se genera al habilitar terrenos con fuertes pendientes para cultivos limpios, sin prácticas de conservación de suelo y agua.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. AGUILAR MARROQUIN, S. D. 1987. Uso actual del recurso forestal de la subcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 71 p.
2. ARANA LOPEZ, G.A. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión en la subcuenca del río Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 118 p.
3. CARDONA GUERRA, M. A. 1994 . Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y la pendiente del terreno, en la erosión hídrica de la microcuenca del Río Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 62 p.
4. COLEGIO DE POSTGRADUADOS (Mex). 1982. Manual de conservación de suelos y del agua. Chapingo, México. 584 p.
5. CRUZ, J. R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS. 1966. Manual de conservación de suelos. México, Limusa. 332 p.
7. FAO. (Italia) 1984. Directrices para el control de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 36 p.
8. FOSTER , A.B. 1979. Métodos aprobados de conservación de suelos. México. Trillas. 200 p.
9. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc.1:50,000. Color.
10. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala, según el sistema Thorntwite. Guatemala. Esc. 1:1000,000. Color.
11. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1984. Mapa Topográfico de la república de Guatemala, Chimaltenango. Hoja No. 2059IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
12. _____. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA . 1997. Datos tabulados por actividades, en la generación del PIB, empleos y divisas por exportación. 90 p.
13. HERRERA IBAÑEZ, I. R. 1984. Levantamiento semidetallado de los suelos de la Cuenca del Río Achiguate (fase I.) Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 199 p.
14. HERRERA IBAÑEZ, I. R. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 223 p.
15. HULL, W. X. 1992. Manual de Conservación de Suelos. México D.F. Limusa, S. A. 331 p.
16. KIRKBY, M.J.; MORGAN R.P. 1984. Erosión de los suelos. Trad. José Hurtado Vega. México, D.F. Limusa. 375 p.

17. LOPEZ BUCARO, C.F. 1998. Efecto de la cobertura del cultivos sobre la erosión hídrica del suelo en la cuenca media del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala (fase I). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.
18. LOPEZ, F. 1988. Defensa y recuperación de los suelos Agrícolas. Mérida, Venezuela. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 73 p.
19. MILLAR, C.; TURK, L.; FOTH, H. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. Juan Nava Díaz. México, CECSA. 527 p.
20. ORTIZ, V. 1982. Estudio experimental sobre la conservación de suelo, la erosión y el escurrimiento. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 94 p.
21. PAEZ, M.L.; RODRIGUEZ, O.S. 1989. El riesgo de erosión hídrica como criterio de diagnóstico en la evaluación de tierras. Revista Alcance. (Ven) no. 37:9-19.
22. PEREZ LIQUIDANO, 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. 77 p.
23. REVOLORIO QUEVEDO, 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. 79 p.
24. SANCHEZ MENDIA, A. Y. 1979. Determinación de escorrentía 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.
25. SANTOS LOPEZ, C. A. 1996. Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y la pendiente del terreno en la erosión hídrica de la parte alta de la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango, Investigación Inferencial EPS. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 52 P.
26. SIMMONS, C. H.; TARANO, J. M.; PINTO, J. H. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala. ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
27. SUAREZ DE CASTRO, F. 1982. Conservación de suelos. 3 ed. San José, C. R. IICA. 315 p.
28. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS; DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIONES. 1996. Informe anual de 1996; Proyecto de investigación básica para la planificación del manejo de la cuenca experimental del Río Itzapa. Guatemala. 55 p.
29. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE AGUA Y TIERRA. 1973. Guía para el planteamiento del uso de las tierras agrícolas en las zonas de lluvia del Perú. Perú. 55 p.
30. URUGUAY, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA. 1992. Guía para la toma de decisiones en conservación de suelos, tercera aproximación. 9 p.

31. VELIZ ZEPEDA, R. E. 1996. Comparación de metodologías de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 113 p.
32. ZUÑIGA ARAGON, R. 1996. Diagnóstico socioeconómico de la parte media de cuenca del Río Itzapa. Guatemala. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 35 p.

vo. B^o.
Opinión de la Rosa.

11. APENDICE

Cálculo del factor de erodabilidad del suelo (factor K)

Para el presente trabajo se tomó el valor determinados López Búcaro (17), tomando en cuenta las siguientes características físicas y químicas del suelo para el área de trabajo:

- Límos más arenas muy finas = 24 por ciento.
- Arenas (0.10 a 0.20 mm) = 70 por ciento.
- Materia orgánica = 3 por ciento.
- Estructura del suelo = granular media.
- Permeabilidad del suelo = Moderada a rápida.

Con estas características y haciendo uso del Nomograma, (Fig. 10 A), fué determinado el factor de erodabilidad del suelo (factor K).

CALCULO DEL FACTOR TOPOGRAFICO LS:

Para dicho cálculo se utilizaron las ecuaciones siguientes:

$$S = 0.065 + 0.045(S) + 0.0063(S)^2.$$

$$L = (\text{Long. terreno}/22.1)^n .$$

$$n = 0.5$$

S = porcentaje de pendiente del terreno.

donde: Longitud del terreno = 10 m.

Porcentaje de pendiente = 18.

El valor obtenido par el factor topográfico LS = 1.96.

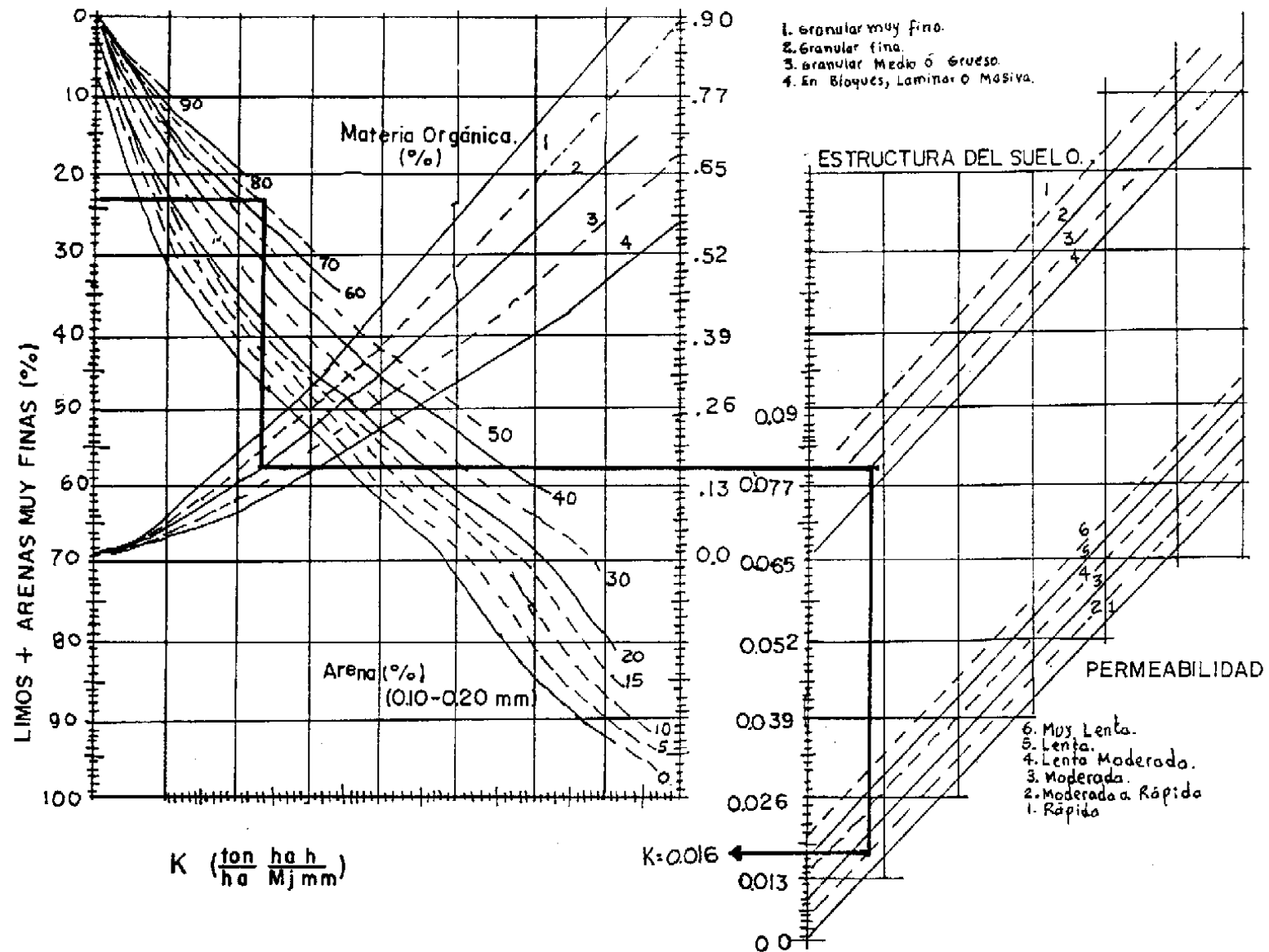


FIGURA 10 A. Nomograma para la determinación del valor de erodabilidad de los suelos (Factor K) de la parte media de la cuenca del río Itzapa, 1997.

Cuadro 16A. Cantidad de lluvia y frecuencia para cinco clases de lluvias en San Andrés Itzapa Chimaltenango en el año 1997.

Clase (mm)	Frecuencia	Porcentaje	Precipitación (mm)	Porcentaje
0 - 5.	54	58.70	88.14	12.33
5 - 10	13	14.13	99.50	13.91
10 - 15	10	10.87	122.90	17.19
15 - 20	2	2.17	36.30	5.08
> 20	13	14.13	368.24	51.50
TOTAL	92	100	715.08	100

Cuadro 17A. Cálculo de la precipitación efectiva con base a los datos del año 1997 de la estación Xipacay.

MES	Precipitación del Año 1997 (mm)	Precipitación Efectiva (mm)	Diferencia en (mm)
Enero	2.00	1.50	0.5
Febrero	0	0	0
Marzo	3.00	2.25	0.75
Abril	27.90	26.36	1.54
Mayo	52.74	48.49	4.25
Junio	81.64	71.06	10.58
Julio	74.20	66.09	8.11
Agosto	118.80	91.46	27.34
Septiembre	272.50	106.63	165.87
Octubre	48.00	44.45	3.55
Noviembre	26.10	24.74	1.36
Diciembre	8.20	7.79	0.41
TOTAL	715.08	490.93	224.26

Método Blaney - Criddle.

Cuadro 18A. Análisis de varianza para la escorrentía superficial en el experimento.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
TRATAMIEN.	3	2885167.93	961722.64	8982.71*	3.86
BLOQUES	3	2882.26	960.75		
ERROR	9	2054.23	288.25		
TOTAL	12	2890104.42			

*5% de significancia C.V.=2.15%

Cuadro 19A. Análisis de varianza para la cantidad de suelo erosionado.

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAM	3	2004.09	668.03	166.02	3.86 *
BLOQUE	3	6.57	2.19		
ERROR	9	36.21	4.02		
TOTAL	15	2046.87			

5% de Significancia C.V. = 15.05%

Cuadro 20A. Análisis de varianza para cantidad de suelo erosionado, en las fases I. y II.

F. V.	G. L	SC.	CM.	F.	Pr > F
TRAT.	3	4585.084	1528.36	349.3	*
BLOQUE	3	11.067	3.68	0.84	
BLOQ*TRA	9	25.043	2.78	0.64	
AÑO	1	24.082	24.081	5.50	*
ANO*BLOQ	3	2.566	0.855	0.20	
ANO*TRAT	3	334.481	11.493	4.48	*

5% de Significancia C.V. = 14.734%

Cuadro 21A. Análisis de varianza para los volúmenes de escorrentía obtenidos, en las fases I. y II.

F. V.	G. L	SC.	CM.	F.	Pr > F
TRAT.	3	3092588.14	1030862.71	6496.2	*
BLOQUE	3	1565.58	521.861	3.29	
BLOQ*TRA	9	964.182	107.131	0.68	
AÑO	1	635867.74	635867.74	4007	*
ANO*BLOQ	3	1799.368	599.789	3.78	
ANO*TRAT	3	436351.003	145450.334	916.	*

5% de Significancia C.V. = 2.25 %

Cuadro 22 A. Coeficientes determinados para las correlaciones.

CORRELACION ENTRE	COEFICIENTE	Pr >T
Cant. lluvia - volumen de escorrentía:	0.23	0.0001
Cant. lluvia - Cant. suelo erosionado	0.02	0.6388
Intens. de lluvia - Vol. de escorrentía:	0.16	0.0015
Intens. lluvia - Cant. suelo erosionado	0.11	0.0280
Vol. Escorr. - Cant. suelo erosionado	0.74	0.0001
Cob. vegetal - suelo erosionado:	- 0.62	0.0001
Cob. vegetal - Vol. de escorrentía:	- 0.54	0.0001

Cuadro 23 A. Prueba de infiltración en área cercana al sitio experimental.

Infiltración t (cm/hr)	Tiempo acumulado	Logaritmo Infiltración.	Logaritmo Tiempo	Suma Logarit. Infiltración.	Suma Logarit. Tiempo
108	1	2.033	0.000		
18	2	1.255	0.301		
18	5	1.255	0.699		
12	10	1.079	1.000		
10.2	20	1.009	1.301		
9.0	30	0.954	1.477		
7.8	40	0.892	1.602	8.477	6.380
8.8	55	0.944	1.740		
10.0	70	1.000	1.845		
8.6	100	0.934	2.000		
8.8	130	0.944	2.114		
7.2	160	0.857	2.204		
7.6	190	0.881	2.279		
6.8	210	0.833	2.322	6.393	14.504

$$\log I. = \log K + n \log t.$$

$$\text{Ecuación } I. = Kt^n$$

$$K = 27.8861$$

$$n = -0.257$$

$$I. = 27.861 t^{-0.257}$$

$$\text{Velocidad de infiltración} = 7.63 \text{ (cm/hr)}$$

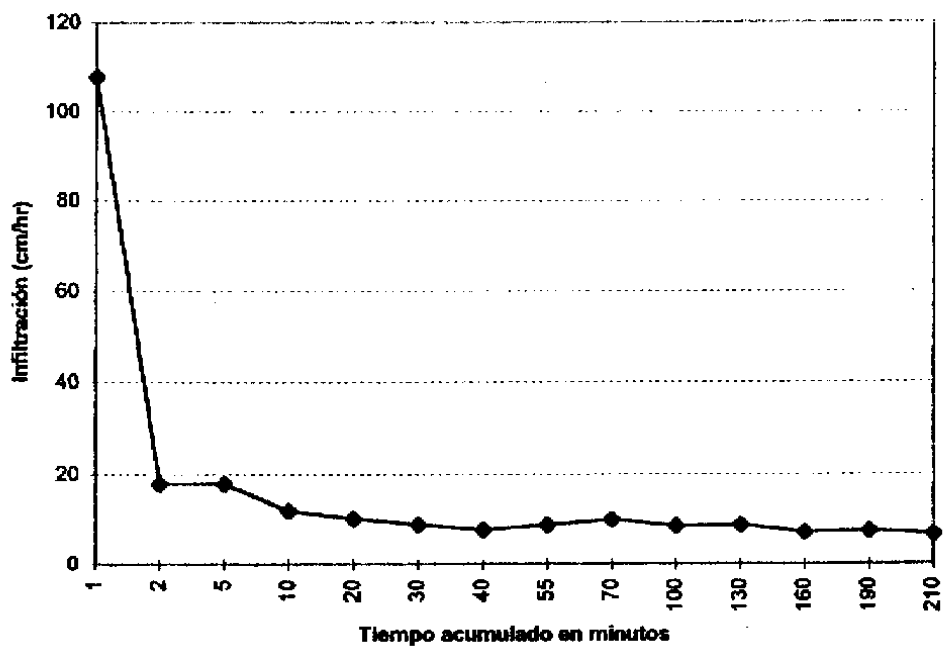


FIGURA 11 A. Velocidad de infiltración de los suelos cercanos al sitio experimental.

**DATOS DE CAMPOS DE EROSION, ESCORRENTIA, PRECIPITACIONES POR DÍA, CANTIDAD,
INTENSIDAD; PORCENTAJE COBERTURA VEGETAL, NUMERO DE LECTURAS.**

LECTURA No. 1

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Erosi	Escorrent.	Cicld. Lluvi	Intensi Lluv
1	1	10	0.850	11.20	11.40	12.67
1	2	5	0.900	22.40	11.40	12.67
1	3	0	1.840	87.47	11.40	12.67
1	4	12	0.640	20.80	11.40	12.67
2	1	8	0.800	10.83	11.40	12.67
2	2	5	0.830	26.66	11.40	12.67
2	3	0	1.450	80.00	11.40	12.67
2	4	12	0.590	18.13	11.40	12.67
3	1	8	0.980	13.33	11.40	12.67
3	2	4.5	0.690	23.43	11.40	12.67
3	3	0	0.920	84.60	11.40	12.67
3	4	11	0.640	19.73	11.40	12.67
4	1	9	0.820	6.93	11.40	12.67
4	2	5.5	0.850	24.01	11.40	12.67
4	3	0	1.330	90.67	11.40	12.67
4	4	13	0.820	22.40	11.40	12.67

LECTURA No. 2

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escorrent.	Cicld. Lluvi	Inten Lluv
1	1	26	0.380	7.47	20.40	22.67
1	2	21	0.360	9.07	20.40	22.67
1	3	0	0.950	38.40	20.40	22.67
1	4	32	0.330	10.67	20.40	22.67
2	1	25	0.300	5.87	20.40	22.67
2	2	22	0.380	10.13	20.40	22.67
2	3	0	1.100	37.33	20.40	22.67
2	4	30	0.290	9.07	20.40	22.67
3	1	24.5	0.420	6.40	20.40	22.67
3	2	20	0.300	8.00	20.40	22.67
3	3	0	1.010	40.00	20.40	22.67
3	4	31	0.350	9.60	20.40	22.67
4	1	28	0.290	12.80	20.40	22.67
4	2	21	0.400	11.20	20.40	22.67
4	3	0	1.190	42.67	20.40	22.67
4	4	31	0.550	11.73	20.40	22.67

LECTURA No. 3

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escorrent.	Cicld. Lluv	Intensi Lluv
1	1	26	0.470	21.33	19.60	7.49
1	2	26	0.480	34.67	19.60	7.49
1	3	0	0.820	49.00	19.60	7.49
1	4	36	0.250	11.47	19.60	7.49
2	1	28	0.330	18.67	19.60	7.49
2	2	24.5	0.560	29.33	19.60	7.49
2	3	0	0.960	49.60	19.60	7.49
2	4	35	0.300	11.20	19.60	7.49
3	1	27.5	0.410	24.00	19.60	7.49
3	2	25	0.480	28.67	19.60	7.49
3	3	0	0.820	50.67	19.60	7.49
3	4	35.5	0.300	11.73	19.60	7.49
4	1	28	0.360	22.40	19.60	7.49
4	2	25.6	0.520	27.20	19.60	7.49
4	3	0	0.820	54.40	19.60	7.49
4	4	34	0.350	14.93	19.60	7.49

LECTURA No. 4

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escorrent.	Cicld. Lluv	Inten Lluv
1	1	50	0.280	32.00	20.20	10.92
1	2	41	0.610	52.27	20.20	10.92
1	3	0	2.130	68.67	20.20	10.92
1	4	54	0.190	20.27	20.20	10.92
2	1	52	0.200	34.87	20.20	10.92
2	2	43	0.600	48.00	20.20	10.92
2	3	0	2.060	69.33	20.20	10.92
2	4	52	0.200	20.80	20.20	10.92
3	1	48	0.290	36.27	20.20	10.92
3	2	36	0.720	49.07	20.20	10.92
3	3	0	1.780	61.33	20.20	10.92
3	4	56	0.210	21.33	20.20	10.92
4	1	50	0.250	30.93	20.20	10.92
4	2	40	0.750	56.00	20.20	10.92
4	3	0	2.190	64.00	20.20	10.92
4	4	54	0.270	17.07	20.20	10.92

LECTURA No. 5

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escorrent.	Cicld. Lluv	Intensi Lluv
1	1	52	0.250	4.27	19.80	15.84
1	2	41	0.210	7.47	19.80	15.84
1	3	0	0.520	16.00	19.80	15.84
1	4	57	0.190	6.13	19.80	15.84
2	1	53	0.240	5.33	19.80	15.84
2	2	40	0.220	6.40	19.80	15.84
2	3	0	0.830	13.87	19.80	15.84
2	4	56	0.170	6.40	19.80	15.84
3	1	54	0.280	5.60	19.80	15.84
3	2	42	0.150	6.93	19.80	15.84
3	3	0	0.590	18.00	19.80	15.84
3	4	58	0.220	5.80	19.80	15.84
4	1	51	0.230	3.73	19.80	15.84
4	2	41	0.140	5.87	19.80	15.84
4	3	0	0.510	13.33	19.80	15.84
4	4	55.5	0.260	5.33	19.80	15.84

LECTURA No. 6

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escorrent.	Cicld. Lluv	Intensi Lluv
1	1	55	0.350	24.00	19.00	11.29
1	2	48	0.280	22.93	19.00	11.29
1	3	0	1.060	48.00	19.00	11.29
1	4	62	0.430	24.00	19.00	11.29
2	1	58	0.360	25.80	19.00	11.29
2	2	49	0.260	25.60	19.00	11.29
2	3	0	1.020	46.93	19.00	11.29
2	4	61	0.260	21.33	19.00	11.29
3	1	55	0.450	21.33	19.00	11.29
3	2	50	0.190	24.00	19.00	11.29
3	3	0	0.900	50.67	19.00	11.29
3	4	61	0.270	20.27	19.00	11.29
4	1	56	0.340	20.27	19.00	11.29
4	2	48	0.330	27.73	19.00	11.29
4	3	0	0.860	42.67	19.00	11.29
4	4	61	0.280	20.27	19.00	11.29

LECTURA No 7

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	60	0.190	16.00	9.50	17.27
1	2	53	0.150	14.95	9.50	17.27
1	3	0	0.630	34.87	9.50	17.27
1	4	85	0.110	12.00	9.50	17.27
2	1	62	0.120	18.68	9.50	17.27
2	2	54	0.140	13.33	9.50	17.27
2	3	0	0.850	30.93	9.50	17.27
2	4	86	0.120	11.04	9.50	17.27
3	1	60	0.190	20.27	9.50	17.27
3	2	53	0.120	14.40	9.50	17.27
3	3	0	0.780	31.47	9.50	17.27
3	4	85	0.130	11.20	9.50	17.27
4	1	61	0.160	21.33	9.50	17.27
4	2	52	0.170	17.07	9.50	17.27
4	3	0	0.950	37.33	9.50	17.27
4	4	84	0.160	13.87	9.50	17.27

LECTURA No 8

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	83	0.200	14.13	11.30	5.85
1	2	70	0.200	20.27	11.30	5.85
1	3	0	2.100	58.67	11.30	5.85
1	4	78	0.190	14.67	11.30	5.85
2	1	93	0.150	12.16	11.30	5.85
2	2	72	0.210	18.13	11.30	5.85
2	3	0	2.100	62.83	11.30	5.85
2	4	77	0.190	13.08	11.30	5.85
3	1	83	0.290	12.80	11.30	5.85
3	2	0.88	0.180	18.67	11.30	5.85
3	3	0	1.750	66.67	11.30	5.85
3	4	78	0.150	12.27	11.30	5.85
4	1	93	0.170	16.00	11.30	5.85
4	2	73	0.220	17.60	11.30	5.85
4	3	0	1.750	64.60	11.30	5.85
4	4	77	0.220	11.73	11.30	5.85

LECTURA No 9

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	84	0.100	6.40	21.50	7.50
1	2	3	0.100	9.07	21.50	7.50
1	3	0	1.430	41.80	21.50	7.50
1	4	78	0.100	6.53	21.50	7.50
2	1	84	0.100	8.00	21.50	7.50
2	2	72	0.140	9.80	21.50	7.50
2	3	0	1.350	37.87	21.50	7.50
2	4	78	0.100	8.00	21.50	7.50
3	1	84	0.190	7.47	21.50	7.50
3	2	73	0.130	6.53	21.50	7.50
3	3	0	1.080	42.67	21.50	7.50
3	4	79	0.090	8.07	21.50	7.50
4	1	84	0.120	6.40	21.50	7.50
4	2	72	0.170	8.00	21.50	7.50
4	3	0	1.280	37.33	21.50	7.50
4	4	78	0.110	6.40	21.50	7.50

LECTURA No 10

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	95	0.080	4.80	12.00	19.46
1	2	74	0.080	5.87	12.00	19.46
1	3	0	0.170	10.67	12.00	19.46
1	4	79	0.050	4.27	12.00	19.46
2	1	96	0.090	5.33	12.00	19.46
2	2	74	0.090	6.40	12.00	19.46
2	3	0	0.140	10.13	12.00	19.46
2	4	80	0.020	4.75	12.00	19.46
3	1	96	0.120	4.27	12.00	19.46
3	2	73	0.080	7.47	12.00	19.46
3	3	0	0.130	11.73	12.00	19.46
3	4	80	0.080	4.00	12.00	19.46
4	1	85	0.079	4.00	12.00	19.46
4	2	72	0.060	5.87	12.00	19.46
4	3	0	0.170	12.60	12.00	19.46
4	4	78	0.080	5.60	12.00	19.46

LECTURA No. 11

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	88	0.240	47.47	8.50	24.29
1	2	2	1.230	50.67	8.50	24.29
1	3	0	4.130	64.00	8.50	24.29
1	4	87	0.600	36.47	8.50	24.29
2	1	89	0.160	42.87	8.50	24.29
2	2	3	1.860	48.00	8.50	24.29
2	3	0	4.990	61.33	8.50	24.29
2	4	85	0.430	37.33	8.50	24.29
3	1	87	0.330	45.33	8.50	24.29
3	2	2	1.620	47.47	8.50	24.29
3	3	0	3.180	58.67	8.50	24.29
3	4	86	0.530	37.87	8.50	24.29
4	1	88	0.220	40.00	8.50	24.29
4	2	3	1.280	43.73	8.50	24.29
4	3	0	3.150	70.40	8.50	24.29
4	4	87	0.600	34.67	8.50	24.29

LECTURA No. 12

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Livra	Intens. Iuv
1	1	6	0.140	24.00	34.70	36.50
1	2	3	0.930	108.67	34.70	36.50
1	3	0	1.790	112.00	34.70	36.50
1	4	78	0.180	22.40	34.70	36.50
2	1	5	0.140	18.20	34.70	36.50
2	2	4	1.080	98.67	34.70	36.50
2	3	0	2.130	110.63	34.70	36.50
2	4	77	0.110	24.27	34.70	36.50
3	1	6	0.190	21.33	34.70	36.50
3	2	4	1.080	104.00	34.70	36.50
3	3	0	1.780	114.13	34.70	36.50
3	4	78	0.160	26.67	34.70	36.50
4	1	8	0.140	19.73	34.70	36.50
4	2	4	1.030	97.07	34.70	36.50
4	3	0	1.720	120.00	34.70	36.50
4	4	78	0.180	21.87	34.70	36.50

LECTURA No 13

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	10	0.220	11.73	27.00	7.09
1	2	8	0.520	34.13	27.00	7.09
1	3	0	1.760	66.67	27.00	7.09
1	4	80	0.110	14.93	27.00	7.09
2	1	9	0.130	9.60	27.00	7.09
2	2	7	0.980	33.07	27.00	7.09
2	3	0	2.160	61.33	27.00	7.09
2	4	79	0.060	16.00	27.00	7.09
3	1	10	0.170	10.13	27.00	7.09
3	2	7	0.620	33.60	27.00	7.09
3	3	0	1.760	61.67	27.00	7.09
3	4	80	0.070	13.33	27.00	7.09
4	1	9	0.190	12.60	27.00	7.09
4	2	7	0.660	34.67	27.00	7.09
4	3	0	1.690	69.33	27.00	7.09
4	4	79	0.060	11.73	27.00	7.09

LECTURA No 14

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	13	0.090	4.37	16.00	11.69
1	2	10	0.023	6.93	16.00	11.69
1	3	0	0.580	10.13	16.00	11.69
1	4	81	0.010	4.27	16.00	11.69
2	1	12	0.060	4.00	16.00	11.69
2	2	11	0.021	6.13	16.00	11.69
2	3	0	0.550	9.60	16.00	11.69
2	4	52	0.010	4.00	16.00	11.69
3	1	13	0.068	4.80	16.00	11.69
3	2	10	0.050	5.60	16.00	11.69
3	3	0	0.460	11.20	16.00	11.69
3	4	81	0.010	3.47	16.00	11.69
4	1	12	0.065	5.33	16.00	11.69
4	2	11	0.023	6.93	16.00	11.69
4	3	0	0.600	6.93	16.00	11.69
4	4	80	0.100	13.67	16.00	11.69

LECTURA No 15

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	16	0.190	14.93	17.80	4.07
1	2	13	0.550	96.00	17.80	4.07
1	3	0	2.430	101.33	17.80	4.07
1	4	85	0.060	14.93	17.80	4.07
2	1	15	0.110	13.33	17.80	4.07
2	2	13	0.750	86.33	17.80	4.07
2	3	0	2.310	96.67	17.80	4.07
2	4	84	0.060	12.80	17.80	4.07
3	1	16	0.130	13.67	17.80	4.07
3	2	14	0.610	56.00	17.80	4.07
3	3	0	1.750	96.00	17.80	4.07
3	4	84	0.100	13.33	17.80	4.07
4	1	15	0.110	12.27	17.80	4.07
4	2	12.5	0.710	96.67	17.80	4.07
4	3	0	1.650	85.33	17.80	4.07
4	4	83	0.160	11.72	17.80	4.07

LECTURA No 16

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	19	1.350	40.00	35.30	18.79
1	2	15	0.760	44.36	35.30	18.79
1	3	0	1.630	96.00	35.30	18.79
1	4	85	0.450	36.40	35.30	18.79
2	1	20	0.630	37.33	35.30	18.79
2	2	14	0.720	69.33	35.30	18.79
2	3	0	1.850	93.33	35.30	18.79
2	4	84	0.300	35.73	35.30	18.79
3	1	19	1.120	35.73	35.30	18.79
3	2	15	0.900	66.33	35.30	18.79
3	3	0	1.500	101.33	35.30	18.79
3	4	85	0.250	24.67	35.30	18.79
4	1	18.5	1.010	41.60	35.30	18.79
4	2	15	0.620	75.73	35.30	18.79
4	3	0	1.680	96.67	35.30	18.79
4	4	84	0.330	40.00	35.30	18.79

LECTURA No 17

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	22	0.350	9.60	12.50	6.52
1	2	18	0.602	72.12	12.50	6.52
1	3	0	2.460	96.67	12.50	6.52
1	4	82	0.090	10.67	12.50	6.52
2	1	23	0.240	10.67	12.50	6.52
2	2	17.5	0.740	59.33	12.50	6.52
2	3	0	2.630	96.00	12.50	6.52
2	4	81	0.070	9.33	12.50	6.52
3	1	24	0.320	8.96	12.50	6.52
3	2	16.5	0.640	61.67	12.50	6.52
3	3	0	2.030	93.33	12.50	6.52
3	4	81	0.080	9.60	12.50	6.52
4	1	23	0.290	8.23	12.50	6.52
4	2	18	0.740	58.67	12.50	6.52
4	3	0	2.310	112.00	12.50	6.52
4	4	82	0.090	9.67	12.50	6.52

LECTURA No 18

Bloque	Tratam	Cob Veg	Suel Eros	Escoment	Cidd Lluv	Intens luv
1	1	22	0.450	8.00	11.20	2.18
1	2	30	0.430	12.27	11.20	2.18
1	3	0	1.450	48.00	11.20	2.18
1	4	82	0.350	9.07	11.20	2.18
2	1	21	0.300	7.57	11.20	2.18
2	2	31	0.510	11.72	11.20	2.18
2	3	0	1.390	50.67	11.20	2.18
2	4	81	0.240	6.27	11.20	2.18
3	1	21	0.440	7.73	11.20	2.18
3	2	32	0.490	12.53	11.20	2.18
3	3	0	1.290	51.20	11.20	2.18
3	4	80	0.220	8.00	11.20	2.18
4	1	20	0.380	7.04	11.20	2.18
4	2	32	0.540	14.13	11.20	2.18
4	3	0	1.560	56.00	11.20	2.18
4	4	81	0.120	6.60	11.20	2.18

LECTURA No 19

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Lluvi	Intens. Lluv
1	1	23	0.220	10.67	10.50	3.10
1	2	35	0.240	16.00	10.50	3.10
1	3	0	1.680	85.33	10.50	3.10
1	4	83	0.180	9.60	10.50	3.10
2	1	24	0.160	8.27	10.50	3.10
2	2	35	0.290	16.53	10.50	3.10
2	3	0	1.610	82.87	10.50	3.10
2	4	82	0.180	10.13	10.50	3.10
3	1	23	0.190	8.00	10.50	3.10
3	2	36	0.270	17.07	10.50	3.10
3	3	0	1.020	77.33	10.50	3.10
3	4	83	0.090	9.07	10.50	3.10
4	1	23	0.170	9.60	10.50	3.10
4	2	35	0.340	14.40	10.50	3.10
4	3	0	1.200	74.67	10.50	3.10
4	4	84	0.150	7.73	10.50	3.10

LECTURA No 20

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Lluvi	Intens. Lluv
1	1	24	0.090	12.80	31.70	22.10
1	2	37	0.160	25.60	31.70	22.10
1	3	0	1.190	88.00	31.70	22.10
1	4	85	0.086	11.73	31.70	22.10
2	1	25	0.100	11.73	31.70	22.10
2	2	37	0.235	23.47	31.70	22.10
2	3	0	1.230	80.00	31.70	22.10
2	4	84	0.060	10.67	31.70	22.10
3	1	24	0.150	11.73	31.70	22.10
3	2	38	0.240	21.87	31.70	22.10
3	3	0	1.080	82.67	31.70	22.10
3	4	85	0.060	11.80	31.70	22.10
4	1	25	0.060	14.93	31.70	22.10
4	2	37	0.280	21.88	31.70	22.10
4	3	0	1.230	83.33	31.70	22.10
4	4	86	0.070	13.67	31.70	22.10

LECTURA No 21

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Lluvi	Intens. Lluv
1	1	28	0.100	10.13	16.50	2.74
1	2	52	0.054	22.93	16.50	2.74
1	3	0	1.670	31.47	16.50	2.74
1	4	86	0.090	12.80	16.50	2.74
2	1	27	0.090	9.07	16.50	2.74
2	2	53	0.047	22.40	16.50	2.74
2	3	0	1.500	30.93	16.50	2.74
2	4	87	0.080	11.20	16.50	2.74
3	1	26	0.130	8.80	16.50	2.74
3	2	52	0.054	21.33	16.50	2.74
3	3	0	1.280	36.40	16.50	2.74
3	4	88	0.020	12.27	16.50	2.74
4	1	26	0.160	10.72	16.50	2.74
4	2	50	0.060	25.60	16.50	2.74
4	3	0	1.310	34.87	16.50	2.74
4	4	85	0.090	14.40	16.50	2.74

LECTURA No 22

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Lluvi	Intens. Lluv
1	1	53	0.080	9.07	9.80	3.79
1	2	80	0.047	20.27	9.80	3.79
1	3	0	1.180	77.33	9.80	3.79
1	4	92	0.060	11.73	9.80	3.79
2	1	52	0.079	8.53	9.80	3.79
2	2	81	0.300	18.67	9.80	3.79
2	3	0	1.100	74.67	9.80	3.79
2	4	93	0.060	10.67	9.80	3.79
3	1	53	0.110	8.00	9.80	3.79
3	2	62	0.310	21.33	9.80	3.79
3	3	0	0.950	70.40	9.80	3.79
3	4	91	0.038	8.53	9.80	3.79
4	1	54	0.076	10.13	9.80	3.79
4	2	81	0.370	18.67	9.80	3.79
4	3	0	0.290	78.93	9.80	3.79
4	4	92	0.027	11.20	9.80	3.79

LECTURA No 23

Bloque	Tratam	Cob. Veg	Suel. Eros	Escoment	Cidd. Lluvi	Intens. Lluv
1	1	85	0.100	13.33	20.20	3.69
1	2	77	0.050	22.13	20.20	3.69
1	3	0	0.750	84.80	20.20	3.69
1	4	94	0.090	15.20	20.20	3.69
2	1	68	0.090	10.67	20.20	3.69
2	2	75	0.047	20.80	20.20	3.69
2	3	0	0.680	61.87	20.20	3.69
2	4	95	0.060	13.87	20.20	3.69
3	1	85	0.110	12.27	20.20	3.69
3	2	76	0.047	24.00	20.20	3.69
3	3	0	0.530	58.67	20.20	3.69
3	4	94	0.030	13.80	20.20	3.69
4	1	67	0.100	14.93	20.20	3.69
4	2	75	0.044	18.20	20.20	3.69
4	3	0	0.710	88.27	20.20	3.69
4	4	93	0.020	11.73	20.20	3.69

REFERENCIA:(PARA TRATAMIENTOS)

Tratamientos:

- 1 = CULTIVO DE FRIJOL
- 2 = CULTIVO DE BROCOLI
- 3 = PARCELA TESTIGO
- 4 = CULTIVO EN ASOCIO (MAIZ - FRIJOL)

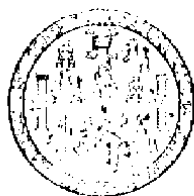
COBERTURA VEGETAL EN PORCENTAJE

SUELO EROSIONADO EN TONELADAS METRICAS POR ha.

ESCORRENTIA EN METROS CUBICOS POR ha.

CANTIDAD DE LLUVIA EN mm.

INTENSIDAD DE LLUVIA EN mm/hrs.



LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y MANEJO DE TRES CULTIVOS SOBRE LA EROSION HIDRICA EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA. FASES II".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: GREGORIO AMILCAR SANCHEZ PEREZ

CARNET No: 9316344

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Walter E. García Tello
Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito
Ing. Agr. Ovidio A. Sacbajá Galindo
Ing. Agr. Víctor Manuel Cabrera Cruz

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. Hugo A. Tobías Vásquez
A S E S O R

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

Ing. Agr. Fernando Rodríguez
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

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

cc:Control Académico
archivo

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770