

45
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE
PRACTICAS CONSERVACIONISTAS EN LA
REDUCCION DE EROSION. EN LA MICRO-
CUENCA EL FARO, AMANALCO. ESTADO
DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA
P R E S E N T A
AURELIA SOLANO DURAN

Asesores: ING. JUAN ANTONIO CASILLAS GONZALEZ
ING. SALVADOR DEL CASTILLO RABADAN

Cuatitlán Izcalli, Edo. de México

262753
1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: ING. JAIME DE ANDA MONTAÑEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de Tesis "Evaluación de la eficiencia de prácticas conservacionistas en

la reducción de erosión, en la microcuenca El Faro, Amanalco,
Estado de México."

que presenta la pasante: Aurelia Solano Durán
con número de cuenta: 8236626 - 1 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de diciembre de 1997

PRESIDENTE M.C. Edvino Josafat Vega Rojas

VOCAL Ing. Vicente Silva Carrillo

SECRETARIO Ing. Salvador del Castillo Rabadán

1er. SUPLENTE Ing. Raúl Espinoza Sánchez

2do. SUPLENTE Ing. César Maycotte Morales

UAE/DEP/VAP/01

DEDICATORIA

- A mi madre Paula, por ser el pilar de mi vida y un gran ejemplo de trabajo y de lucha.
- A Jeronimo por su apoyo incondicional.
- A los que viven en mi corazón, por la nostalgia que me dejo su partida.
A mi Padre Angel Solano y mis abuelos José Durán y José Solano.
- A mis hermanos José, Marco y Soni.
- A ti Alejandro por tu amor y comprensión y especialmente a Mara por ser la razón de mi vida e inspiración de mi superación.

AGRADECIMIENTOS.

- A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán., por ser mi casa de estudio.
- A los profesores de la carrera de ingeniería Agrícola, por haberme formado profesionista.
- Al IMTA, por haberme permitido participar en un proyecto de investigación.
- A los Ingenieros Raúl Medina y Juan Antonio Casillas, por haber guiado este trabajo.
- Al Ingeniero Salvador del Castillo, por su sabia paciencia.
- A la familia García Ramírez, por el apoyo en la realización de estetrabajo.
- A todos mis compañeros y especialmente a mis amigos, por el tiempos que compartimos.

4.1.6.1.1	Transecto de cárcavas.....	30
4.1.6.1.2	Medición de pedestales.....	30
4.1.6.1.3	Marcaje de piedras.....	30
4.1.6.1.4	Clavos y rondanas.....	30
4.1.6.1.5	Tapas y corcholatas.....	30
4.1.6.1.6	Lotes de escurrimiento.....	31
4.1.6.2	Métodos indirectos.....	31
4.1.6.2.1	E.U.P.S.....	32
4.1.7	Prácticas de conservación de suelos.....	34
4.1.7.1	Prácticas agronómicas.....	34
4.1.7.2	Prácticas vegetativas.....	35
4.1.7.3	Prácticas mecánicas.....	37
4.1.8	Relación erosión-productividad.....	40
4.2	Descripción general de la cuenca Valle de Bravo y de la subcuenca Amanalco.....	43
4.2.1	Marco físico de la cuenca Valle de Bravo.....	43
4.2.1.1	Ubicación.....	43
4.2.1.2	Geología y topografía.....	44
4.2.1.3	Climatología.....	44
4.2.1.4	Suelos y uso del suelo.....	44
4.2.2	Marco físico de la subcuenca Amanalco.....	45
4.2.2.1	Ubicación.....	45
4.2.2.2	Geología y topografía.....	45
4.2.2.3	Climatología.....	46
4.2.2.4	Suelos.....	46
4.2.2.5	Hidrografía.....	47
V.-METODOLOGIA.....		52
5.1	Localización del experimento.....	52
5.2	Desarrollo del experimento.....	52
5.2.1	Tratamientos a evaluar.....	52
5.2.2	Instalación de los lotes.....	54
5.2.2.1	Pendiente.....	55
5.2.2.2	Volumen de escurrimiento.....	55
5.2.2.3	Unidades de almacenamiento.....	55
5.2.3	Métodos de muestreo.....	56
5.2.3.1	Suelo.....	56
5.2.3.2	Precipitación.....	56
5.2.3.3	Escurrimiento.....	56
5.3	Trabajo de campo.....	56
5.3.1	Preparación del terreno.....	56
5.3.2	Fecha de siembra.....	57
5.3.3	Semillas.....	57
5.3.4	Densidad de siembra.....	57

5.3.5. Fertilización.....	57
5.4. Variables de estudio.....	58
5.4.1. Análisis físico-químico del suelo.....	58
5.4.2. Precipitación pluvial.....	58
5.4.3. Escurrimiento.....	58
5.4.4. Pérdida de suelo.....	58
5.4.5. Rendimiento.....	69
5.5. Estimación de pérdida de suelo mediante la E.U.P.S.....	59
5.5.1. Descripción de la ecuación.....	59
5.5.2. Determinación de cada factor.....	59
VI.- RESULTADOS.....	61
6.1. Resumen de escurrimientos y de sólidos totales.....	61
6.2. Obtención de la tasa de erosión por tratamiento evaluado.....	62
6.3. Rendimientos.....	62
6.4. Estimación de la pérdida de suelo mediante la E.U.P.S.....	64
V.- DISCUSION.....	68
5.1. Escurrimientos.....	68
5.2. Sólidos totales.....	71
5.3. Erosión.....	72
5.4. Rendimiento.....	76
5.5. Análisis de la erosión en la cuenca.....	77
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
VII.- BIBLIOGRAFIA.....	83
VIII.- ANEXOS.....	86

INDICE DE FIGURAS

1.-	Figura 1. Mapa de el Estado de México.....	49
2.-	Figura 2. Mapa de la cuenca Valle de Bravo.....	50
3.-	Figura 3. Mapa de la subcuenca Amanalco.....	51
4.-	Figura 4. Ubicación de los tratamientos.....	54
5.-	Figura 5. Diseño de los lotes.....	55
6.-	Figura 6. Gráfica de escurrimientos.....	68
7.-	Figura 7. Gráfica de escurrimientos y precipitación.....	69
8.-	Figura 8. Gráfica de sólidos totales.....	71
9.-	Figura 9. Gráfica de erosión.....	72
10.-	Figura 10. Gráfica de erosión y sólidos totales.....	73
11.-	Figura 11. Gráfica de erosión mensual y precipitación	75
12.-	Figura 12. Gráfica de rendimientos.....	76
13.-	Figura 13. Gráfica de erosión y rendimientos.....	76
14.-	Figura 14. Gráfica del comportamiento de la precipitación.....	95

INDICE DE CUADROS

1.- Cuadro 1. Superficie erosionada en el país.....	13
2.- Cuadro 2. Eficiencia de la práctica mecánica para reducir la erosión del suelo.....	39
3.- Cuadro 3. Evaluación de la eficiencia Técnica de diferentes terrazas en Chapingo.....	39
4.- Cuadro 4. Reducción de la productividad del suelo al ocurrir la erosión.....	41
5.- Cuadro 5. Pérdida de suelo correspondiente a la clase de erosión.....	41
6.- Cuadro 6. Productividad perdida correspondiente a suelo perdido.....	41
7.- Cuadro 7. Reducción de la productividad para cada clase de erosión....	42
8.- Cuadro 8. Coordenadas de la cuenca Valle de Bravo.....	44
9.- Cuadro 9. Uso del suelo de la cuenca Valle de Bravo.....	45
10.- Cuadro 10. Coordenadas de la subcuenca Amanalco.....	45
11.- Cuadro 11. Uso del suelo de la subcuenca Amanalco.....	47
12.- Cuadro 12. Coordenadas de la zona de estudio.....	52
13.- Cuadro 13. Características físico-químicas del suelo del área experimental.....	58
14.- Cuadro 14. Resumen de escurrimientos y sólidos totales.....	61
15.- Cuadro 15. Cuadro de conteo de población.....	62
16.- Cuadro 16. Cuadro de rendimientos.....	63
17.- Cuadro 17. Cuadro de pérdida de suelo y rendimiento.....	64
18.- Cuadro 18. Resultados de el producto de la EUPS.....	67
19.- Cuadro 19. Cuadro de erosión mensual.....	74
20 - Cuadro 20. Tabla de calibración del tanque de captación de escurrimientos.....	86
21.- Cuadro 21. Registro de pp. de el mes de Junio.....	87
22.- Cuadro 22. Registro de pp. de el mes de Julio.....	88
23.- Cuadro 23. Registro de pp. de el mes de Agosto.....	89
24.- Cuadro 24. Registro de pp. de el mes de Septiembre.....	90
25.- Cuadro 25. Registro de pp. de el mes de Octubre.....	91
26.- Cuadro 26 Registro de escurrimientos de Junio.....	92
27.- Cuadro 27 Registro de escurrimientos de Julio.....	93
28.- Cuadro 28. Registro de escurrimientos de Agosto.....	94
29.- Cuadro 29. Registro de escurrimientos de Septiembre.....	94

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda uno de los problemas de la presa Valle de Bravo y su cuenca, que es la erosión del suelo.

La importancia de la presa Valle de Bravo es el abastecimiento de agua potable para el área urbana del Valle de México, la generación de energía eléctrica, la atracción del turismo, el valor recreativo del bosque y el potencial productivo agropecuario, forestal y acuícola, la importancia climatológica, hidrológica del bosque esto es la adsorción de radiación solar, amortiguación de temperaturas extremas, mayor probabilidad de precipitación, mayor infiltración y finalmente la importancia biológica del bosque.

La problemática detectada en la zona es la disminución de superficies forestales, erosión, azolves, disminución del potencial productivo del suelo, contaminación del agua y los problemas resultantes son la disminución acelerada de la capacidad de almacenamiento de la presa, disminución de la disponibilidad de agua para la ciudad de México, aumento en el costo de potabilización, disminución del turismo y de la afluente económica a la región, empobrecimiento de la región provocando la emigración y la pérdida del valor de bienes raíces en la región.

Para la rehabilitación de la cuenca, se pretende atender las partes altas de la misma, para retener desde ahí la erosión y los azolves; este trabajo se realizó en la microcuenca El Faro, perteneciente a la subcuenca Amanalco que es la parte más alta de toda la cuenca, en este lugar se midió la erosión al mismo tiempo que se evaluarán cuatro prácticas conservacionistas que son:

- 1.- Maíz y pasto.
- 2.- Maíz y curvas de nivel.
- 3.- Maíz, veza y curvas de nivel.
- 4.- Maíz, curvas de nivel y cerca viva de maguey.
- 5.- Maíz sólo (testigo).

Se instalaron lotes de escurrimiento para medir la erosión del suelo, uno para cada tratamiento de 11.5 mts. x 2.00 mts. en un terreno con pendiente del 23 %, se midieron los escurrimientos en unidades de almacenamiento que fueron tinacos de 200 lts. se obtuvieron 14 muestras de escurrimientos en todo el ciclo, es decir que se presentaron 14 eventos de precipitación que generaron escurrimiento.

Con este trabajo se permitió cumplir los objetivos creados al inicio del mismo, primero conocer la tasa de erosión medida en campo, para suelos andosoles, obteniendo así datos reales y no estimados como los que se obtienen con el uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), comprobando así que lo estimado y lo real dista mucho. Por otro lado al momento podemos seleccionar dos sistemas de manejo como los mas eficientes, dado que presentaron una reducción en la erosión, los tratamientos son, (Maíz, veza y curvas de nivel), seguido de (Maíz, curvas de nivel y cerca viva), además de adoptar la practica de curvas de nivel como parte del proceso de preparación del suelo.

INTRODUCCIÓN

El mal manejo de los recursos naturales como la vegetación, el suelo y el agua, fue la causa de la caída de grandes civilizaciones como la de Babilonia en Mesopotamia y el Imperio Romano por ejemplo; y lugares que la biblia describe como sitios que manaban leche y miel están convertidos ahora en grandes desiertos. Estos son algunas de las pruebas históricas ejemplos de como el manejo inadecuado de los recursos, especialmente del suelo desencadena graves consecuencias, como son la pérdida de productividad de los recursos.

En México las culturas antiguas dejaron evidencias de la explotación de la tierra con conservación de la misma, como ejemplo tenemos las terrazas que no son una técnica moderna nuestros antepasados las conocían, los camellones, la rotación de cultivos etc. Sin embargo a pesar del conocimiento que tenían los antiguos, actualmente no se practican en forma sistemática métodos de manejo donde se apliquen prácticas de conservación del agua y suelo. Prueba de ello es que el problema erosivo se ha subestimado y se ha mantenido de manera discreta; Aunque la preocupación por conservar el suelo y el agua del país inicia desde 1939 sin haber logrado consolidar una cultura de manejo racional y eficiente de los recursos.

El proceso erosivo en los suelos de México es un problema grave, pues tiene importantes repercusiones de índole social, ecológico y económico de gran trascendencia. En México se ha dado una explotación de los recursos naturales obedeciendo a intereses políticos y económicos. La tierra se ha explotado pensando que es un recurso renovable a corto plazo.

Durante la llamada "Revolución verde" existieron grandes extensiones de tierra cultivadas con trigo, para abastecer de granos a los E.U.A. durante la segunda guerra mundial y que solamente dejaron un grave desequilibrio ecológico y cultural.

En el sureste del país grandes extensiones fueron desforestadas para cultivar caña, henequén y hule entre otros, para exportar azúcar y fibras a nuestros vecinos, en la misma época.

En tiempos más cercanos tenemos la implantación de las agroindustrias que requieren de grandes extensiones de tierra en monocultivos como fresa, jitomate, espárrago, pepino elote, melón etc. Con todo un paquete tecnológico que requiere la aplicación de gran cantidad de insumos provocando en el suelo contaminación y erosión hasta quedar improductivo.

También es importante reconocer que México es un país susceptible a la erosión dadas sus características topográficas pues 3/4 partes de

territorio presentan relieves accidentados y pendientes superiores al 25 %, además el periodo de lluvia está distribuido en un tiempo corto, lo que favorece el fenómeno de la erosión. Todo lo mencionado ha dado como consecuencia que el 80 % de la superficie nacional presenta algún grado de erosión distribuido como se presenta en el cuadro 1.

9 millones de hectáreas	severamente erosionadas
24 millones de hectáreas	erosión severa
73 millones de hectáreas	erosión media
51 millones de hectáreas	erosión leve
39 millones de hectáreas	sin erosión

Cuadro 1. superficie erosionada en el país (Maldonado 1991)

Se afirma también que anualmente se pierde el 1 % de la superficie agrícola nacional. (Maldonado 1991) y hablando en números se habla de 197.0386(10⁶)

H.M.S.

Comúnmente, se reconocen dentro de las principales causas de erosión acelerada, la deforestación de los bosques, la agricultura en pendientes sin ninguna práctica de conservación o bien en superficies no aptas para tal actividad y finalmente la falta de prácticas de conservación del suelo. Sin embargo estas son reconocidas como causas directas que provocan el fenómeno erosivo como tal; pero al mismo tiempo se considera que son el efecto de un problema social originado en el descuido por parte de las autoridades correspondientes hacia los problemas de producción y productividad del campo que aseguren un nivel de vida digno de los campesinos.

Si únicamente se consideran estas causas, parecería que los productores son los únicos responsables de la erosión, lo cual es falso. Es cierto que desforestan para incorporar las tierras al cultivo, para utilizar la leña como combustible, que practican la agricultura en lugares inadecuados, pero son orillados por las presiones socioeconómicas y no tienen ninguna otra alternativa.

Actualmente existe preocupación por conservar los recursos del país y varias instituciones trabajan al respecto en diversos lugares.

El presente trabajo retoma parte del proyecto de "Rehabilitación de la subcuenca del río Amanalco" a cargo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y tiene como objetivo principal, la conservación de la cantidad y calidad del agua de la presa Valle de Bravo, Estado de México. De la cual se sabe por estudios realizados por el propio instituto que la calidad de agua en el embalse se ha deteriorado pasando de oligotrófico (buena calidad del agua) a mesotrófico (calidad media); por otro lado la presa está azolvándose considerablemente disminuyendo con ello su capacidad de almacenamiento; la presa Valle de Bravo tiene actualmente una capacidad de 317

millones m³ y forma parte del sistema Cutzamala que abastece de agua potable a la ciudad de México, características que le confieren una gran importancia.

La cuenca de captación del embalse es de 546.9 Km² dividida en dos subcuencas: Valle de Bravo y Amanalco de Becerra, que es el área de estudio con una superficie de 22500 has.; a su vez la subcuenca Amanalco esta dividida en cuatro microcuencas específicas que son Amanalco bajo norte, Amanalco bajo sur, (La Garrapata-El Salto) y (La Cascada-Agua bendita), siendo en esta última donde se instalaron los lotes de escurrimiento y es además la parte mas alta de la cuenca.

El proyecto de rehabilitación pretende atender inicialmente las partes altas de la subcuenca y posteriormente a la demás superficie.

Esto por la razón de que en la parte alta de la subcuenca, la mayor parte de la agricultura se desarrolla utilizando al mismo tiempo en laderas con pendientes de moderada a muy fuerte con sistemas de producción inadecuados. Por lo que es ahí donde se inicia el problema erosivo, la superficie con bosque se deforesta y se incorpora a la agricultura, el suelo esta desnudo llega la lluvia y arrastra todo el material a las partes bajas azolvando la presa y bajando la fertilidad de los suelos agrícolas.

Con el presente trabajo se pretenden evaluar el impacto de la aplicación de 4 prácticas conservacionistas en la microcuenca "El Faro" Amanalco Estado de México, estas prácticas son asociaciones de cultivos, cultivo a curva de nivel, cultivos de cobertura y asociaciones de estas prácticas. La evaluación se realizó a través de la instalación de lotes de escurrimiento con lo cual podremos conocer de una manera cuantificable, la cantidad de suelo que se pierde anualmente con las diferentes prácticas probadas, para así seleccionar el sistema de manejo mas adecuado a fin de que sea adoptado por los productores considerando un beneficio a corto y largo plazo para el productor.

OBJETIVOS.

- 1.- Cuantificar la pérdida anual del suelo; en andosoles, mediante el establecimiento de lotes de escurrimiento en terrenos de ladera empleando diferentes usos y manejo del suelo.

- 2.- Seleccionar los sistemas de manejo y prácticas de conservación más adecuadas para los andosoles, en la zona de estudio.

HIPOTESIS

El establecimiento de sistemas de manejo agroforestales en andosoles, logrará al mediano y al largo plazo disminuir la pérdida de suelo y mejorar la productividad por unidad de superficie.

Las pérdidas de suelo se deben reducir a medida que se empleen sistemas de manejo conservacionistas.

IV.- REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1. EROSION

4.1.1 . DEFINICION DEL CONCEPTO Y EROSION EN MEXICO.

La palabra erosión se deriva del latín "erodare" que significa corroer.

La definición básica de la palabra "erosión" es desgastar, desde que la tierra fue formada ha habido un continuo desgaste de la superficie de la cual son responsables muchos agentes. (Foth 1975)

Existen varias definiciones del fenómeno de la erosión, de las cuales se mencionarán algunas.

" Erosión es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes erosivos" (Anaya, et al 1977)

"Es la remoción y pérdida de suelo de su lugar de origen y es ocasionado por la acción del agua y del viento"
(Torres 1981)

"Es el proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y depositación de las partículas y agregados del suelo por el agua y el viento. En forma general representa la cantidad de suelo retirado de un punto de interés, hacia otro por la lluvia y el escurrimiento en forma conjunta" (Kirkby y Morgan 1984)

"Es el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo causado por el agua y el viento, intervienen por lo tanto en el fenómeno, un objeto pasivo que es el suelo con determinadas características de pendiente, dos agentes activos el agua y el viento y un agente intermediario la vegetación con la cual se regulan sus relaciones"
(Sánchez 1973)

Es el fenómeno compuesto de dos procesos que consisten en el desprendimiento de las partículas del suelo y su transporte por el agente erosivo, cuando no existe suficiente energía para el transporte se presenta el tercer proceso: la sedimentación." (Figueroa 1990)

México sufre desde hace tiempo un alarmante proceso de erosión, se estima que el 80 % del país sufre de erosión hídrica y eólica en diferentes

grados (Maldonado 1991) El dato de pérdida media anual de suelo es de 2.75 ton/ha/año, es decir que de 166.4 millones de hectáreas que están siendo erosionadas se pierden 460 millones de toneladas por año, y los sedimentos generados por la erosión son conducidos a los océanos en 70 % y a los lagos, lagunas y presas el 30 % restante. (La Jornada. Junio 1994.)

México es un país que presenta condiciones geográficas muy propicias para que el suelo se erosione. El perfil orográfico levantado en múltiples serranías presenta empinadas laderas, la lluvia irregularmente distribuida en el territorio nacional, lo están también a lo largo del año concentrándose generalmente en tres o cuatro meses durante los cuales los aguaceros torrenciales deslavan las tierras. México esta incluido parcialmente en la zona de los desiertos clasificada por Köepen, que es una faja entre los 19° a 31° de latitud por lo que el 52 % del país corresponde a regiones desérticas y el 31 % a semidesérticas lo que representa un muy alto porcentaje de aridez 83 %, este hecho aunado a la causa principal de erosión, la deforestación para diferentes fines han determinado que una alta proporción del suelo haya quedado expuesto al ataque directo de los agentes erosivos. (S.R.H. 1965).

México es uno de los países de América y del mundo más afectados por el proceso erosivo. (S.R.H. 1976)

4.1.2.- TIPOS DE EROSION

los tipos de erosión que se reconocen son la erosión geológica o natural y la erosión acelerada.

4.1.2.1. EROSION GEOLOGICA

Erosión geológica: La erosión de los suelos siempre ha existido en la naturaleza y se denomina erosión geológica, que son pérdidas por erosión natural. (Miller 1958)

Duchaufour 1975 asegura que el proceso de la erosión pasa por las siguientes fases:

1.- Destrucción de la estructura grumosa en general, después de la desaparición del humus.

2.- Dispersión de los coloides y por consiguiente disminución de la permeabilidad, aumento de la proporción de las aguas de escorrentía a expensas de las aguas de infiltración.

3.- Arrastre de los elementos finos primero, ya sea por el viento o agua de escorrentía, a lo largo de las pendientes (fase de lavado oblicuo).

4.- Destrucción total de los horizontes superiores y descarnamiento progresivo del suelo pudiendo alcanzar la roca madre.

Cuando existe una cobertura natural de vegetación protectora del suelo como hierba, matorral o árboles, la erosión se produce pero se considera natural, normal o geológica, pues existe un equilibrio entre suelo erosionado y suelo regenerado naturalmente. (Sánchez 1973)

4.1.2.2. EROSION ACELERADA

Erosión inducida o acelerada: Cuando la cobertura natural es perturbada por el hombre con sus actividades de cultivo, pastoreo o quema, el suelo queda expuesto a la acción directa del agua y el viento que son los principales agentes de la erosión. Así el suelo es arrastrado a un ritmo más acelerado que al que se regenera dando lugar a la erosión inducida, que transporta al suelo a lugares que no es necesario, empobreciendo el lugar de donde proviene. (Sánchez 1973, citado por Sánchez 1990)

La erosión acelerada es uno de los problemas agrícolas más serios; además de causar la disminución en el rendimiento agrícola y forestal es la principal fuente de sedimentos que llenan las represas, reduciendo su vida útil, elevando los lechos de los ríos y causando inundaciones. (Frederick 1986)

En base a los principales agentes responsables de la erosión que son el agua y el viento, tenemos una segunda clasificación, que es la erosión eólica y la erosión hídrica, esta última se tratara como un capítulo aparte por ser la parte central de este trabajo.

4.1.2.2.1 EROSION EOLICA

Erosión eólica: Es el proceso de remoción del suelo por acción del viento. (Anaya, et al 1977)

El movimiento de los suelos por el viento, es un tipo de destrucción mucho más común en las regiones áridas y semiáridas, pero, existe también en algunas extensiones de clima húmedo. (Buckman 1966) Es un problema de importancia, en zonas donde existen grandes extensiones de tierras planas con sistema de cultivo intensivo sobre suelos finos y friables. (Frederick 1977)

Este tipo de erosión ocurre generalmente en suelos sin protección o parcialmente cubiertos por vegetación. Las tolvaneras ocurrirán durante los periodos en que las tierras se están preparando para ser sembradas y antes de que el cultivo haya alcanzado suficiente tamaño para proteger al suelo, también puede ocurrir cuando el suelo esta en descanso. (Foth 1975)

FACTORES DE LA EROSION EOLICA:

Los principales factores que se encuentran involucrados son el clima, suelo y vegetación, los cuales bajo determinadas condiciones propician o restringen este tipo de erosión.

Clima: Escasa precipitación, fuertes oscilaciones de temperatura entre el día y la noche y vientos suficientemente fuertes para provocar el movimiento de las partículas. (Anaya, et al 1977.)

Suelo: Areas extensas de exposición, terrenos con superficies casi uniformes y planas, así como suelos secos y sueltos. (Anaya, et al 1977)

Vegetación: Areas con escasa o ninguna cubierta vegetal.

Otras características importantes que influyen en la erosión eólica son:

- 1.- El contenido de humedad de los suelos
- 2.- La estabilidad mecánica de los terrones y otros agregados del suelos seco
- 3.- La presencia de una costra estable de suelo
- 4.- La densidad de volumen y tamaño de las fracciones erosionables del suelo
- 5.- Los agentes de cementación (Buckman 1966)

MECANICA DE LA EROSION EOLICA:

Remoción: La energía del viento no es tan grande como para provocar el desprendimiento de agregados del suelo. Por lo que en suelos sueltos las partículas están libres y el viento es suficiente para iniciar el proceso. El primer movimiento es la saltación por el cual las partículas se elevan al aire para después caer por gravedad y más aceleradas, el viento adquiere una energía adicional y al chocar con otras partículas inicia una

reacción desencadenante. (Anaya, et al 1977) La acción abrasiva del viento procede sobre todo de la separación de los granos finos del suelo, cuando el viento lanza a su vez las partículas, la acción abrasiva aumenta fuertemente, el impacto de estos veloces granos separa otra vez partículas de los terrones y agregados quedando dispuestas al movimiento eólico. (Buckman 1966)

Transporte: La cantidad de suelo que puede ser movido, depende del tamaño de las partículas, de la agregación del suelo, de la velocidad del viento y de la distancia sobre la cual actúa el proceso que esta sujeto a una aceleración en el tiempo y espacio. Al conjugarse estas dos formas puede decirse que al haber más partículas edáficas en movimiento mayor será su poder para arrastrar más suelo. Durante el proceso erosivo se presentan 3 tipos de movimiento dependiendo del diámetro de las partículas y son, saltación suspensión y rodamiento. (Anaya, et al 1977)

Saltación: Se considera el movimiento más importante no solo porque la mayor parte del suelo se mueve así, si no porque los otros dos movimientos están sujetos a que previamente haya habido saltación. La saltación son pequeños saltos sobre la superficie del suelo. (Anaya, et al 1977). Las partículas permanecen débilmente pegadas al suelo mientras van brincando a veces alcanzan más de 30 cm. de altura según las condiciones, este proceso puede sumar del 50 % al 75 % del movimiento total. los saltos aumentan el desplazamiento del suelo o la rodadura y deslizamiento de las partículas mayores. (Buckman 1966) Este tipo de movimiento del suelo afecta partículas de diámetro comprendido entre 0.05 y 0.5 mm siendo las más vulnerables las de 0.1 a 0.15 mm., esta observación no debe considerarse estrictamente. (Anaya, et al 1977)

Suspensión: Actúa sobre las partículas más finas de diámetro menor de 0.1 mm. Estas partículas al ser lanzadas hacia arriba durante la saltación y debido a su reducido tamaño y peso la fuerza del viento vence la atracción de la gravedad y éstas son transportadas a grandes distancias en forma de nubes de polvo. (Anaya, et al 1977) Estas partículas en suspensión solo regresan al suelo cuando el viento reduce su velocidad o cuando la precipitación las moja. El movimiento de suspensión en general no suma más del 3 % al 40 % del movimiento total. (Buckman 1966)

Rodamiento: es el arrastre de las partículas sobre la superficie del suelo impulsadas por el viento u otras partículas en movimiento. El rodamiento se realiza con partículas de diámetro comprendido de 0.5 y 2.0 mm aunque pueden ser de mayor tamaño. (Anaya, et al 1977)

Deposición: Ocurre en el momento en que la fuerza de la gravedad supera a la que mantiene al suelo en movimiento o bien cuando algún obstáculo

físico reduce la velocidad y por tanto la fuerza del viento. La deposición se produce de una manera proporcional al diámetro de las partículas, por lo que las partículas más finas permanecen suspendidas en el aire durante más tiempo y su dispersión es mayor que en el caso de las partículas gruesas (Anaya, et al 1977)

4.1.3. EROSION HIDRICA

La erosión hídrica es un proceso de degradación de la tierra es un proceso continuo que se presenta junto con los procesos que dan origen, formación y desarrollo a los suelos; sin embargo este proceso es inducido o acelerado de manera significativa con la acción del hombre en el manejo del suelo y los recursos naturales en los diferentes agroecosistemas. Entonces el proceso de erosión hídrica natural o geológica se transforma en un proceso de degradación del suelo inducido o acelerado por la acción del hombre (Hudson 1977.)

La erosión hídrica, se define como la pérdida de suelo por el agente erosivo agua. El agua es el agente más importante de la erosión hídrica, es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos, de hecho donde quiera que haya agua en movimiento ocurrirá la erosión del suelo. (Anaya, et al 1977). Los procesos que derivan de la degradación del suelo son físicos (Modificación de la estructura, intensificación y régimen hidrotérmico adverso), el proceso químico (Lixiviación, acidificación y desbalance de elementos) en el proceso biológico tenemos (Disminución de la pérdida de materia orgánica, reducción de la fauna del suelo e incremento de patógenos del suelo)

La erosión hídrica es dominante en las zonas de tierra de ladera y accidentada en combinación con una agricultura tradicional.

4.1.3.1. FACTORES DE LA EROSION HÍDRICA

Los principales factores que afectan la erosión por el agua son el clima, vegetación, topografía y suelo.

Clima: Los factores climáticos que influyen en la erosión son la precipitación, la temperatura y el viento, hay una relación entre las características de la lluvia y la escorrentía. La temperatura y el tiempo son importantes en la evaporación, el viento cambia la velocidad de la lluvia y su ángulo de impacto.

Vegetación: La vegetación protege al suelo por medio de la intercepción y absorción de la energía de las gotas por las hojas y los residuos de las plantas, por el incremento de la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua de lluvia, debido al mejoramiento de la estructura y porosidad del suelo, finalmente protege al suelo por la reducción de la velocidad del agua de la escorrentía por el colchón que forma en el mismo.

Topografía: Las características topográficas que influyen en la erosión son la inclinación y el largo de la ladera así como la forma y el tamaño del área de drenaje conocida como cuenca.

Suelo: Las propiedades físicas del suelo influyen en la capacidad de infiltración y resistencia del mismo al desprendimiento y transporte de la escorrentía.

4.1.3.2. FACTORES QUE DETERMINAN LA TASA DE EROSION HÍDRICA

Estos factores se pueden agrupar en factores acelerantes (fuerzas activas o factor energía) representados por la precipitación, el escurrimiento y la pendiente; los factores atenuantes o (factores de resistencia) están determinados por la erosionabilidad del suelo , la capacidad de infiltración, el manejo del suelo y la cobertura vegetal. (Morgan 1979.)

4.1.3.2.1. Factores acelerantes:

PRECIPITACION:

La pérdida de suelo esta relacionada en forma estrecha con el poder de desprendimiento de las gotas de lluvia que golpean la superficie del suelo y con la contribución de la lluvia al escurrimiento. respecto a la cantidad de lluvia necesaria para que haya erosión, se ha visto que la mayoría de los eventos erosivos se presentan con lluvias entre 30 y 60mm. (Figueroa 1991)

El agua es el principal medio de salpicamiento y transporte de las partículas del suelo, la lluvia generalmente está determinada por la cantidad, intensidad y duración de las tormentas, las cuales están asociadas con la distribución, diámetro y velocidad terminal de las gotas de lluvia.

EROSIVIDAD DE LA LLUVIA:

La erosividad de la lluvia es definida como la capacidad potencial de está para causar la erosión (SARH 1991)

El proceso de erosión es un producto de trabajo, puede estimarse en función de la energía cinética que depende de las características de la lluvia mencionadas anteriormente. (Wischmeier 1959.)

La energía cinética se puede estimar por medio de los datos de intensidad de la lluvia mediante la siguiente ecuación modificada al sistema internacional (SI) por (Foster et al 1981, citados por Ríos 1987)

$$C_j = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I_i$$

C_j = Energía cinética para el intervalo de tiempo j
(MJ/ha mm)

I_i = Intensidad de la lluvia (mm/hr)

La ecuación es válida para intensidades de lluvia iguales o por debajo de 76 mm/hr; pues el tamaño medio de las gotas no aumenta a intensidades mayores y la energía de la lluvia después de este punto es igual a 0.2832 MJ/ha mm de lluvia en forma constante.

La energía cinética de la lluvia donde generalmente hay intervalos de diferente intensidad se expresa así:

$$E = \sum e_j P_j \quad \text{donde:}$$

E = Energía cinética para un evento (MJ/ha) (Megajoules/hectarea)

e_j = Energía cinética para cada intervalo j

P_j = Cantidad de lluvia caída en el intervalo j (mm)

No obstante lo anterior, el mejor índice para estimar la erosividad de la lluvia, es el producto de la energía cinética total de la lluvia y la intensidad máxima en 30 min por evento (EI30) (Sánchez 1990)

Para que los índices de erosividad puedan correlacionarse con la pérdida de suelo ha sido necesario combinarlos con parámetros de intensidad de la lluvia (Wischmeier y Smith 1958 citados por Figueroa 1991)

En el caso de México existen tablas donde se puede consultar el EI30. (Figueroa 1991.)

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:

El escurrimiento superficial tiene lugar cuando la intensidad de la precipitación pluvial excede a la capacidad de infiltración del suelo y el agua tiende a acumularse para luego fluir por la superficie. (Linsley et al 1980, citado por Sánchez 1990)

Se define el escurrimiento superficial como la cantidad de precipitación pluvial que no se infiltra en el suelo y fluye sobre la superficie hacia las depresiones naturales.

No es común que se tenga un flujo uniforme, si no mas bien se trata de una serie de pequeños canales que actúan como una red de drenaje. (Figueroa 1991).

PENDIENTE Y GRADO DE LA PENDIENTE:

La erosión aumenta conforme aumenta la inclinación y longitud de la pendiente como resultado de los aumentos en velocidad y volumen del escurrimiento superficial. Además mientras que en un terreno plano las partículas salpican en todas direcciones, en un terreno con pendiente más partículas son salpicadas ladera abajo que ladera arriba, esta proporción aumenta conforme la pendiente es más abrupta. (Figueroa 1991)

El mayor efecto del grado de la pendiente en la erosión se debe al incremento en el esfuerzo cortante entre el escurrimiento y la superficie del suelo, lo cuál aumenta la pérdida del suelo en canalillos y la capacidad de transporte, si la pendiente disminuye la capacidad de flujo para transportar también se reduce. (Figueroa 1975)

4.1.3.2.2. Factores atenuantes

EROSIONABILIDAD DEL SUELO:

El término erosionabilidad del suelo indica la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado (Hudson 1977). Algunos suelos por su naturaleza son más susceptibles de ser erosionados o bien más resistentes debido a que difieren en sus características de acuerdo al origen de sus materiales y al grado de meteorización de los mismos. (Constantinesco 1976).

Las estimaciones de K (índice de erosionabilidad) se puede obtener utilizando un nomograma, que considera la distribución de tamaños de las partículas, contenido de M.O. estructura y permeabilidad del suelo. (Figueroa 1991)

COBERTURA VEGETAL:

El mayor impacto sobre el control de la erosión depende en mucho de la mayor o menor erosionabilidad del suelo y de la cubierta vegetal, ésta tiene el más amplio rango, pues un problema severo de erosión puede ser eliminado por una densa cobertura vegetal. (Sánchez 1990)

La eficiencia de la cobertura de plantas para reducir la erosión depende de la altura y continuidad de la cobertura vegetal aérea, de la densidad de la cobertura del suelo y la densidad de raíces. La altura de la cubierta aérea es importante ya que gotas que caigan de más de 7 m de altura pueden obtener casi 90 % de su velocidad terminal. Además de interceptar la lluvia, la cobertura de las plantas disipa la energía del agua de escurrimiento y del viento, produce rugosidad para el flujo y por lo mismo reduce su velocidad. (Figuerola 1991)

MANEJO DEL SUELO:

Las prácticas de conservación que ayudan a reducir el efecto de la pendiente, el escurrimiento y la cantidad de sedimentos acarreados en suspensión, son de gran importancia en los terrenos cultivados ya que incrementa la protección que la vegetación disponible ejerce sobre el suelo, el valor de estas prácticas se define como valor "P" e indica la proporción de las pérdidas de suelo cuando se hace uso de alguna práctica específica en comparación con la pérdida de suelo. Cuando se cultiva en laderas en ausencia de prácticas de conservación P es igual a 1 y es menor que 1 cuando existe el efecto de alguna práctica. (Sánchez 1990)

4.1.3.4. FORMAS DE LA EROSION HIDRICA

1.- Erosión por goteo: es el resultado del impacto de la gotas de lluvia contra la superficie descubierta del suelo, la caída de las gotas desprende las partículas del suelo y las partículas pequeñas sueltas sellan los poros formando una delgada capa poco permeable.

2.- Erosión laminar: cuando la cantidad de lluvia que cae excede la tasa de infiltración del suelo, se acumula el agua sobre la superficie y el agua acumulada empieza a correr en favor de la pendiente como escorrentía, que forma una capa delgada o lámina de agua, entre más rápido escurre el agua más suelo lleva.

3.- Erosión en surcos: en las pequeñas ondulaciones de la superficie se encuentra el agua de escorrentía, la cual arrastra y transporta las partículas del suelo formando pequeñas zanjitas o surcos en dirección de la

pendiente (pendiente abajo) indicando las zonas de mayor concentración de la escorrentía.

4.- Erosión en cárcavas: lluvia tras lluvia, las pequeñas zanjas o surcos se van ampliando con el movimiento de las corrientes de escorrentía, provocan arrastres en los lechos de los surcos y desmoronamiento en los taludes formando zanjas o cárcavas.

4.1.4. CAUSAS DE LA EROSION

Las principales causas de la erosión en los suelos de México son la deforestación, el sobrepastoreo y los sistemas de producción con manejo inadecuado.

4.1.4.1. DEFORESTACION

El proceso de deforestación se define como la remoción temporal o permanente de la cubierta forestal con la finalidad de cambiar el uso del suelo. (Grainger 1980 citado por Vargas y Velázquez 1991)

La disponibilidad de agua de un país o región determinada guarda una relación directa con la superficie boscosa de sus montañas, con el cuidado racional que se tenga de sus recursos forestales y con el aprovechamiento de los recursos del monte. (Blanco. 1966)

Al eliminar la vegetación forestal se afecta el clima, la fertilidad de los suelos, los recursos hidráulicos, las ciudades, la disponibilidad de leña como energético, se atenta contra la flora y la fauna nativa, la producción de alimentos, los materiales genéticos y genera en la mayoría de los casos pobreza en el medio rural, no obstante lo anterior estos impactos no se evalúan económicamente. (Castaños. 1987)

4.1.4.2. SOBREPASTOREO

La erosión del suelo por sobrepastoreo se debe a factores técnicos y socioeconómicos como mala ordenación de las tierras, distribución irregular de los animales, exceso de carga animal por unidad de área y los senderos que por el paso continuo de los rebaños de una zona a otra se llegan a convertir en cárcavas. (Sánchez 1990.)

4.1.4.3. AGRICULTURA DE SUBSISTENCIA

El campesino tala un poco de bosque generalmente en ladera, para hacerlo una parcela cultivada con maíz, a los pocos años se pierde la fertilidad del suelo y entonces abandona la parcela y tala otra, usando el fuego para deshacerse de los troncos y ramas cortadas. Esta primitiva agricultura migratoria es una forma de infraocupación rural que mantiene en la miseria a quien la practica y causa la degradación ya señalada. (Sánchez 1990)

La causa principal de la degradación del suelo y de la erosión se origina en la interferencia indiscriminada del hombre sobre el balance ecológico natural de los ecosistemas, debido al abuso y mal manejo de los suelos y de los recursos hídricos.

Los productores manipulan sus ecosistemas para asegurar la subsistencia o la ganancia en respuesta a las presiones sociales y económicas a que están sometidos. (Figueroa 1991)

4.1.5. CONSECUENCIAS DE LA EROSION

Los efectos de la erosión a veces tardan en manifestarse dependiendo de las características físicas de la tierra y del uso a que se dedique, sin embargo tarde o temprano las cosechas declinan.

A medida que la erosión avanza el trabajo agrícola se hace inmediatamente más difícil, más costoso y menos remunerativo. (Hull. 1950)

Las consecuencias directas de la erosión son las siguientes:

4.1.5.1. DISMINUCION DE LA FERTILIDAD

Desde el punto de vista físico, la permeabilidad disminuye y la estructura se vuelve compacta, asfixiante en periodo húmedo, el agua no penetra y no se constituye ninguna reserva en el suelo para el periodo seco, desde el punto de vista químico y biológico la fauna y microfauna del suelo desaparecen y la reserva de humus es dilapidada, los elementos finos que constituyen la mayor parte del complejo absorbente desaparecen quedando los elementos gruesos únicamente y el suelo pierde su fertilidad inicial. (Duchaufour 1975)

Cada vez que la lluvia se lleva una capa de suelo, el arado se va aproximando gradualmente al subsuelo y una vez que ha quedado al descubierto, generalmente consta de arcilla dura persistente, de material arenoso suelto y seco o de roca inestable, entonces la labor del subsuelo constituye una

empresa estéril, es además un trabajo fatigosos de gran costo e inútil, el subsuelo es más difícil de mantener en buen estado de laboreo ya que está más sujeto a la erosión, más seco y menos productivo que las capas superiores. (Bennett 1947)

Con el uso de tecnología se esperaría un aumento en la producción, sin embargo no es así, si el suelo se esta perdiendo, el uso de tecnología mantiene la producción aun con pérdida de suelo pero solo temporalmente y elevando los costos.

4.1.5.2. INFLUENCIA SOBRE EL REGIMEN DE AGUAS

Como consecuencia de la disminución de la infiltración , las capas subterráneas ya no son alimentadas y las fuentes de agua se agotan en período seco, en el período húmedo la masa de las aguas de escorrentia aumenta, los cursos de agua provocan crecidas rápidas y peligrosas. (Duchaufour 1975) En las zonas desérticas las avenidas de los ríos son casi instantáneas.

En teoría la relación entre la vegetación y el clima se debe al intercambio de agua y energía entre la atmósfera y la vegetación. El principal mecanismo de intercambio se produce por la evapotranspiración, la cual depende de la humedad del suelo, la vegetación transfiere la humedad hacia la atmósfera y la energía que convierte esta humedad en vapor de agua. (Shukla y Minta 1982, citados por Vargas y Velázquez 1991)

4.1.5.3. INUNDACIONES

Las inundaciones pueden presentarse como una consecuencia de haber alterado el ciclo hidrológico, el cual es un efecto principalmente de la deforestación. (S.A.G. 1962) Aunque la alteración del ciclo puede provocar un efecto contrario dependiendo de las condiciones del lugar.

En los últimos años las inundaciones han aumentado en frecuencia, volumen y velocidad. Los sedimentos se han acumulado en los cauces de numerosas corrientes reduciendo su capacidad de transporte y contribuyendo a elevar las crestas de las avenidas al elevar los fondos de los canales. (Bennett 1947) causando así inundaciones.

4.1.5.4. DEPOSITOS SOBRE TIERRAS DE CULTIVO

El efecto de la erosión no se reduce a las tierras donde se pierde el suelo, si no que el suelo es llevado en suspensión por el agua que corre y es depositado en áreas más bajas, donde el suelo es más llano y la velocidad

de la corriente disminuye , de igual forma las tormentas de arena o polvo son depositadas en otros terrenos vecinos y las partículas más finas ligeras y fértiles son llevadas a grandes distancias. Por otro lado el material de subsuelo arrastrado, no es muy productivo de modo que empobrece las pendientes más bajas y los fondos sobre los que queda. (Bennett 1947)

4.1.5.5. DEPOSITOS EN LOS FONDOS DE AGUAS

Los depósitos de fango constituyen un problema a lo largo de las vías de agua, tanto naturales como artificiales, los materiales transportados por la erosión obstruyen las corrientes, reduciendo la capacidad de transporte de los canales de drenaje y riego desviando las corrientes. (Bennett 1947)

4.1.5.6. EFECTOS SOCIOECONOMICOS

Los efectos económicos son aumento en los costos de producción, menor rendimiento, utilidades bajas o negativas, relación beneficio - costo desfavorable, menores posibilidades de mejorar la producción, menores posibilidades de obtener crédito y descapitalización. Los efectos sociales son, falta de motivación del productor, abandono de sus parcelas por falta de recursos, mala producción y pérdida de suelo. (Casillas 1987)

Al decrecer la productividad, no se procura a la familia un ingreso decoroso para vivir, no se proporciona incentivo alguno para el mejoramiento social ni para una dieta adecuada y como consecuencia se tiene mala salud.

En resumen se puede decir que la erosión si no se controla empobrece, y no solo la tierra si no también a los que viven en ella y de ella, así como a las comunidades y a las áreas urbanas que dependen en parte o por completo de la prosperidad agrícola. (Bennett 1947)

4.1.6. METODOS UTILIZADOS EN MEXICO PARA MEDIR LA EROSION

La medición de la cantidad de suelo perdido requiere la presencia de algunos puntos de referencia, y bajo condiciones naturales tales puntos son difíciles de detectar. Los principales métodos para cuantificar la capa de suelo que se ha perdido por erosión son de dos tipos, los métodos directos y los métodos indirectos o paramétricos.

4.1.6.1. METODOS DIRECTOS

4.1.6.1.1. TRANSECTO DE CARCAVAS

Los canalillos y cárcavas someras se miden a lo largo de un transecto, es conveniente localizar transectos estacados al contorno, aproximadamente cada 15 mts., la profundidad y anchura se mide con una cinta métrica.

El procedimiento es hacer reconocimientos periódicos, en los que se mide sobre las estacas del transecto el espesor de la capa de suelo perdido. La pérdida de suelo total en una cárcava es igual a la suma de las pérdidas parciales en todos los transectos; la pérdida en m³ en un transecto de cárcava, se obtiene del producto del espesor del suelo perdido por el área de la sección transversal del transecto. (Anaya, et al 1977)

4.1.6.1.2. MEDICION DE PEDESTALES

Es la medición directa de los pedestales formados naturalmente bajo piedras, troncos, raíces, etc., la altura del pedestal indica el espesor de la capa del suelo perdido. (Torres. 1981)

4.1.6.1.3. MARCAJE DE PIEDRAS

Consiste en marcar con pintura blanca, líneas alrededor de alguna piedra grande y fija, señalando con ellas el nivel de la superficie del suelo. La medición periódica de la distancia del nivel de referencia a la superficie, dará una idea de las pérdidas de suelo ocurridas a través del tiempo. (Torres. 1981)

4.1.6.1.4. CLAVOS Y RONDANAS

Se utilizan clavos de 30 cm. de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. El propósito de las rondanas es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión y de esta forma medir el espesor de la capa del suelo perdida a intervalos de tiempo regulares. (Anaya, et al 1977)

4.1.6.1.5. TAPAS Y CORCHOLATAS

Las corcholatas se colocan con el lado interno hacia el suelo, producen pedestales similares a los formados naturalmente bajo piedras o raíces, la altura del pedestal indica la profundidad del suelo perdido.

Para determinar la pérdida de suelo en m³/ha se recomienda distribuir 4 corcholatas en una superficie de 50 x 50 o bien, 16 corcholatas en una hectárea en forma de zigzag y a separación una de la otra de 10 mts., el promedio de pérdida de suelo en mm. en todas las corcholatas se multiplica por 10 para obtener m³/ha. (Anaya, et al 1977)

4.1.6.1.6. LOTES DE ESCURRIMIENTO

Los lotes de escurrimiento, constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados, para que posteriormente por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrean en suspensión, las dimensiones adoptadas en los lotes, como más representativa para estimar pérdida por erosión es de 2 x 10 mts., los lotes deben establecerse en el sentido de la pendiente principal. (Anaya, et al 1977)

Los lotes de escurrimiento son áreas delimitadas en el sentido perpendicular a la pendiente en la parte baja se da la forma en "V" que conecte al sistema colector, el cual pueden ser tinacos o tambos donde se pueda captar todo el escurrimiento para medirlo.

La desventaja de los lotes de escurrimiento es que representan un elevado costo, ya que se requiere de personal capacitado para la instalación y para la toma de muestras, por lo que exige una permanencia del investigador en la zona de estudio de por lo menos toda la temporada de lluvia, para hacer una correcta toma de muestras, que deben ser cada evento de lluvia, sin embargo para efecto de cuantificar el suelo perdido no es necesario ser tan estricto ya que se tendría un número exagerado de muestras y se elevaría el costo del experimento, para evaluar la erosividad de la lluvia, si es necesario tener muestras cada evento de lluvia.

4.1.6.2. METODOS INDIRECTOS

Métodos indirectos se consideran los modelos de erosión hídrica como una representación simbólica y matemática del fenómeno de erosión hídrica a partir del cual es posible inferir al menos bajo ciertas restricciones, el comportamiento del proceso de erosión (Palacios 1986, citado por Arellano 1994)

El objetivo de un modelo de erosión es la predicción, bajo ciertas condiciones, la predicción de la erosión es una valiosa herramienta de planificación para los técnicos en conservación de suelo. (Foster, 1991)

Los modelos de erosión hídrica desarrollados son determinísticos; empíricos lineales como el modelo EUPS y conceptuales como WEPP y EPIC, los modelos de erosión desarrollados actualmente son elaborados en algoritmos de cálculo con el uso de computadoras como el RUSLE, EPIC y el WEPP

Con la disponibilidad de las computadoras, las bases de datos climáticos, de suelos y cultivos, así como los avances recientes en las ciencias ambientales, hidrológicas y de la erosión se han desarrollado nuevos modelos determinísticos para la predicción de la erosión y es a partir de los años 70 s que se desarrollan modelos como:

CREAMS (Chemicals, Runoff and erosión from Agricultural Management Systems) que incluye subrutinas para el cálculo de los procesos de erosión y depositación basados en ecuaciones hidráulicas.

RUSLE, es el modelo de EUPS revisada, es la EUPS junto con nuevas teorías de fundamentos hidrológicos y de los procesos de erosión.

EPIC, es el modelo para calcular el efecto de la erosión sobre la productividad del suelo.

WEPP, es un modelo para predecir la erosión hídrica, existen tres versiones de WEPP que son perfil de ladera, cuencas y cuencas con celdas. Para el uso de este modelo se utilizan simuladores de lluvia.

Sin embargo el modelo determinístico más aceptado es el modelo empírico y lineal de multiplicación de factores como la EUPS desarrollada por Wischmeier y Smith (1978).

4.1.6.2.1. ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO

Es un modelo matemático que permite estimar la pérdida de suelo, la ecuación básica es la siguiente:

$$A = R K L S C P \quad \text{donde;}$$

A = Pérdida total de suelo ton/ha
R = Erosividad de la lluvia $Mj \text{ mm} / \text{ha} / \text{hr}$
K = Erosionabilidad del suelo $(\text{ton/ha/hr}) / (Mj/\text{mm/ha})$
L = Largo de la pendiente adimensional
S = Grado de la pendiente adimensional
C = Factor de manejo del cultivo adimensional
P = Prácticas mecánicas de control de la erosión adimensional

La E.U.P.S. se desarrolló como un método para predecir la pérdida de suelo anual promedio para erosión entre canalillo y canalillo. Con los parámetros disponibles se pueden diseñar alternativas de manejo y de cultivo para una región dada.

Los factores de la ecuación se desarrollaron usando una unidad de evaluación denominada lote estándar. Un lote estándar tiene 22.13 m. de longitud y se encuentra ubicado en una pendiente uniforme con un 9% de inclinación. El lote se mantiene laboreado en el sentido de la pendiente y en barbecho continuo, por lo menos durante dos años. Este lote estándar se utilizó como base para definir la variación de los factores L, S, C y P. (Figueroa 1991)

Wischmeier (1976) Señaló que la ecuación puede usarse para los siguientes fines:

1.- Predecir pérdida anual de suelo promedio de un terreno con pendiente bajo un uso específico de suelo.

2.- Seleccionar sistemas de manejo y cultivos, y prácticas de conservación para pendientes y suelos específicos.

3.- Predecir los cambios en pérdida de suelo que ocurrirían al darse un cambio en prácticas de cultivo o conservación para un terreno dado.

4.- Determinar como se pueden aplicar o modificar , prácticas de conservación para que se tenga un uso mas intensivo del terreno.

5.- Estimar las pérdida de suelo para terrenos diferentes a los agrícolas.

6.- Dar estimaciones de pérdida de suelo a los conservacionistas para determinar necesidades de conservación.

Cada uno de los factores de la ecuación están definidos en el capítulo de factores que determinan la tasa de erosión hidrica, y la estimación de cada factor esta indicada en el capítulo de metodología.

Una limitación científica importante de la EUPS es que es una ecuación empíricamente basada que no representa explícitamente los fundamentos hidrológicos de los procesos de erosión del suelo, no es un modelo hidrológico que represente los procesos de depositación, escurrimiento y sus interacciones fundamentales.

4.1.7. PRACTICAS DE CONSERVACION

La conservación física de los suelos en general y de manera especial de los terrenos dedicados al cultivo es un problema nacional que demanda urgente atención.

La aplicación de prácticas de control hace posible controlar, retener y conservar los suelos en los lugares donde se encuentra, así como que se infiltre en ellos el mayor porcentaje de lluvia o riego.

Las prácticas de conservación son numerosas y variadas al igual que las circunstancias en que se produce el fenómeno de la erosión; conforme aumenta la intensidad del fenómeno, se requiere la aplicación del mayor número de prácticas ya que existe una relación directa entre la complejidad con que se presenta el problema para cada suelo y los métodos que han de usarse para resolverlo.

Las prácticas de control están divididas en agronómicas, vegetativas y mecánicas.

4.1.7.1. PRACTICAS AGRONOMICAS

Las prácticas agronómicas son aquellas que complementan y activan la función y los objetivos de las prácticas mecánicas y vegetativas. (Casillas 1987)

Las prácticas agronómicas son:

Elección de especies: Es importante prestar atención a su adaptación a las condiciones de clima y suelo, ciclo vegetativo, facilidad de establecimiento, rendimientos, respuesta fisiológica de las plantas al pastoreo, efectos de frecuencia y severidad de defoliación, así como el valor nutritivo.

Selección del terreno: Es conveniente determinar que terrenos deben dedicarse permanentemente a pasturas, que terrenos cultivados deben transformarse en praderas, que terrenos abandonados deben rehabilitarse para producir pastos y hasta que límite deben utilizarse los pastos en rotación con plantas que requieren labores de cultivo.

Preparación del terreno: Incluye todas aquellas prácticas previas a la siembra, tendientes a proporcionar condiciones óptimas para la emergencia, crecimiento y desarrollo de las plantas.

Semilla: La semilla utilizada debe reunir los siguientes requisitos, proceder de una buena especie o variedad, poseer un alto porcentaje de germinación, tamaño uniforme y libre de enfermedades y de semillas indeseables.

() Siembra: Es importante considerar la época y los métodos de siembra dependiendo de el tipo de semilla que se utilice.

Fertilización: La capacidad del suelo para proporcionar elementos nutritivos es un factor primordial en la producción. La práctica de utilizar fertilizantes para mantener o mejorar la productividad del suelo es indispensable, pero en dosis adecuadas.

Combate de malezas: Uno de los grandes problemas en los pastizales y áreas de cultivo es la invasión y dispersión de plantas indeseables; el combate de este tipo de plantas permite un mejor desarrollo de las plantas deseables.

4.1.7.2. PRACTICAS VEGETATIVAS

Son aquellas que consideran el desarrollo de las plantas o cultivos con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo, la forma en que la vegetación impide el efecto erosivo es de la siguiente manera; el follaje de las plantas amortigua la fuerza del impacto de las gotas de lluvia que caen sobre la superficie del suelo, y sus raíces sirven para evitar que este sea arrastrado después del impacto por el escurrimiento superficial.

Los objetivos son:

- 1.- Establecer una cubierta vegetal en áreas específicas.
- 2.- Evitar o disminuir al máximo la erosión eólica o hídrica según circunstancias.
- 3.- Lograr una mejor utilización de los terrenos al mejorar sus características físicas y químicas. (Anaya, et al 1977)

Dentro de las prácticas vegetativas tenemos, la rotación de cultivos, cultivos en fajas, abonos verdes, cultivos de cobertura, cortinas rompevientos, reforestaciones, manejo de pastizales y manejo del bosque.

Rotación de cultivos: Es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos sobre un área de terreno determinada; la serie o secuencia deben programarse en base a las condiciones ecológicas y económicas de la

región. El ciclo de rotación debe ser mayor cuando el problema de erosión o baja fertilidad se incrementa, siempre es conveniente incluir una leguminosa dentro del ciclo.

Cultivo en fajas: Existen cuatro diferentes formas de cultivos en fajas y la selección del tipo que se va a utilizar, esta en función de la topografía, la magnitud de la precipitación y el principal agente erosivo; posteriormente se determina el ancho de la faja que está en función de los cultivos y su rotación, de la pendiente natural, de las características físicas del suelo y la dirección de los viento.

Los tipos de cultivo en fajas son:

1.- Fajas alternas: En este sistema los cultivos son uno de escarda y otro tupido y se disponen en bandas o fajas alternas siguiendo las curvas a nivel y en sentido perpendicular a la dirección de la pendiente, se recomienda para terrenos con pendiente del 2 al 15 % y donde el agua es el principal agente que origina la erosión.

2.- Fajas de contraviento: Son de un ancho uniforme y se trazan en forma recta perpendicular a la dirección de los vientos dominantes, de este modo los cultivos llegan a constituir barreras vivas que elevan la corriente de aire y evitan así la erosión abrasiva, se recomienda en áreas planas, donde los vientos por su velocidad y frecuencia son el principal agente erosivo.

3.- Fajas de contención o amortiguadoras. Son de cultivo tupido (pastos, leguminosas o una mezcla) y se localizan entre fajas de ancho uniforme donde se desarrollan cultivos de escarda, se recomienda para terrenos con pendientes poco uniformes es decir que existen variaciones de pendiente en varias direcciones.

4.- Fajas por fracciones: Se establecen en forma transversal a la pendiente del terreno su ancho es uniforme y su trazo no siempre se ajusta a las curvas de nivel, se recomienda para terrenos poco uniformes donde el relieve es muy ondulado.

Abonos verdes: Se entiende por abono verde a la práctica de sembrar una determinada planta en un terreno con la finalidad de incorporarla en el suelo durante la época propicia de su desarrollo vegetativo, generalmente al iniciarse la floración. Los objetivos de aplicar abonos verdes son; agregar materia orgánica al suelo, mantener y mejorar la fertilidad, reducir la erosión, aumentar la capacidad de retención, disminuir los escurrimientos superficiales y en algunos casos reducir la incidencia de nematodos.

Cultivos de cobertera: Tiene como finalidad formar y establecer una cubierta vegetal en el terreno para conservarlo y mejorarlo, debe establecerse después de la cosecha del cultivo base. los objetivos son desarrollar una cubierta vegetal densa, reducir el escurrimiento superficial y permitir un mejor aprovechamiento del suelo, algunas veces estos cultivos pueden incorporarse al suelo como abonos verdes.

Cortinas rompevientos: Es una alineación de una o más hileras de árboles o arbustos para formar una barrera lo suficientemente alta y densa que constituya un obstáculo al paso del viento y del polvo; los beneficios que se obtienen con las cortinas rompevientos son, reducir la velocidad del viento por el obstáculo que presenta la cortina de árboles, detiene la carga de material acarreado al disminuir la velocidad del viento y protege al suelo de la acción erosiva del mismo al reducir su velocidad.

4.1.7.3. PRACTICAS MECANICAS

Son todas aquellas labores físicas que atendieron a especificaciones estrictas de localización y construcción. Sirven para controlar por si solas el proceso de erosión. (Casillas 1987)

Dentro de las prácticas mecánicas tenemos el surcado en contorno, terrazas, surcado lister, labores de subsoleo, canales de desviación y cauces empastados, drenes, zanjias, bordos y regaderas.

Surcado en contorno: Consiste en el trazado de los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, siguiendo las curvas a nivel. Con los surcos perpendiculares a la pendiente, el agua no se infiltra de inmediato pero queda impedida en su escurrimiento, permanece acumulada a lo largo de los surcos por la barrera que forman los lomos de estos; esta práctica se recomienda en terrenos con pendientes hasta del 5 % cuando la pendiente es mayor es necesario complementarla con otras prácticas mecánicas como las terrazas, los objetivos de esta práctica son reducir la velocidad de los escurrimientos, provocar una mayor infiltración de agua, reducir la erosión laminar y evitar la formación de cárcavas.

Terrazas: Son terraplenes formados entre los bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales construidos en sentido perpendicular a la pendiente; sus objetivos son, reducir la erosión, aumentar la infiltración de agua, reducir el volumen de escurrimiento, desalojar las excedencias de agua a velocidades no erosivas y mejorar la superficie de los terrenos.

Las terrazas se pueden clasificar desde tres puntos de vista, según la condición de escurrimiento, el tipo de sección transversal y la clase de desagüe.

Terrazas según la condición de escurrimiento: La agrupación está en función de las características pluviales y del suelo de cada región.

a) terrazas con declive o de drenaje: Se utiliza en áreas donde la precipitación es abundante y las características de profundidad y permeabilidad del suelo propicia la acumulación excesiva de agua.

b) terrazas a nivel: Se recomienda en áreas con precipitaciones bajas o moderadas que no excedan de 750 mm anuales; se construye con un bordo y canal amplio a manera de que el agua se almacene a lo largo de la terraza.

Terrazas según el tipo de sección transversal: La sección transversal de la terraza está formada por un bordo y un canal, dicha sección consta de tres pendientes; pendientes laterales conocidas como pendiente de corte, pendiente frontal y contrapendiente.

a.) Terrazas de base ancha: se construye de manera que se pueda laborear en toda su sección transversal, la pendiente de bordo y el canal se proyecta para permitir el paso de la maquinaria.

b) Terrazas de banco o bancales: Se construye para formar bancos o escalones anchos y a nivel, el bordo tiene el talud aguas abajo y debe ser protegido con vegetación permanente, esta terraza aprovecha eficientemente el agua.

c) Terrazas de bancos alternos: constituidos por una serie de bancales, contruidos en forma alterna con bajas de terreno natural, se diseña para mejorar la configuración y lograr una mejor disposición a las labores agrícolas.

d) Terrazas de base angosta: o de formación sucesiva, está constituida por un bordo el cuál no se siembra si no que se debe proteger con vegetación permanente.

e) Terrazas de canal amplio o de zingg: Se construye un bancal a nivel en la parte baja de un área de captación, está terraza se diseña para utilización máxima de agua, la anchura del canal varia dependiendo de la pendiente del terreno, profundidad permisible de corte, anchura de la maquinaria, tipo de cultivo y precipitación.

Terrazas de acuerdo al tipo de desagüe:

a) Terrazas con desagüe hacia un cauce empastado: Tiene su desagüe hacia un cauce o cauces empastados, los cuales pueden estar ubicados en diferentes partes del terreno.

b) Terrazas con desagüe hacia un sistema de drenaje superficial: Se caracteriza por conducir los excedentes de agua hacia las partes bajas, donde previamente se ha instalado un sistema de tubería enterrada con entradas múltiples que permiten desalojarlo.

c) Terrazas de absorción: Este sistema es denominado de terrazas a nivel donde las acumulaciones de agua se infiltran a lo largo de dichas terrazas a través del perfil del suelo.

Para efecto de comprender mejor la eficiencia de las prácticas mecánicas en la reducción de la erosión del suelo se incluyen los cuadros 2 y 3 de la investigación del Dr. Martínez Menes.

Cuadro 2. Eficiencia de la práctica mecánica para reducir la erosión del suelo.

Práctica mecánica	Pérdida de suelo ton/ha	Factor P
Surco recto	2.7	1.0
Surcado en contorno	2.1	0.78
Terraza base angosta	1.1	0.39
SARH	0.8	0.29
Terraza base angosta CP	1.2	0.43
Terraza de banco		

(Mártinez 1991)

Cuadro 3. Evaluación de la eficiencia técnica de diferentes terrazas.

Terraza	Pérdida suelo ton/ha.	Rendimiento. Maíz ton/ha.	Factor P
Base ancha	0.16	1.70	0.16
Banco a nivel	0.90	2.05	0.90
Bancos alternos	0.34	2.29	0.13
Zingg	0.49	1.69	0.25
Banco	0.79	2.57	0.28

(Ruiz 1979)

La evaluación de las prácticas y obras de conservación de suelo y agua realizadas en México, permiten jerarquizar aquellas que son recomendables para diferentes regiones del país.

4.1.8. RELACION EROSION PRODUCTIVIDAD.

La cuantificación de los efectos sobre el rendimiento de los cultivos es una labor compleja ya que implica la evaluación de una serie de interacciones entre propiedades del suelo, características del cultivo y clima prevaleciente, los efectos son acumulativos y a menudo se observan hasta tiempo después de iniciada la erosión acelerada en los suelos.

Ahora bien, la productividad es definida como:

Productividad = valor de la producción / costo del cultivo.

La erosión incrementa los costos de producción del cultivo, aunque la tecnología mejorada enmascara los efectos de la pérdida de fertilidad, lo que dificulta su cuantificación, entonces automáticamente se disminuye la productividad.

Osuna (1991). Afirma que la erosión progresiva incrementa la magnitud de las limitantes de la producción relacionadas con el suelo. Esas limitantes pueden ser físicas, químicas o biológicas.

Limitantes físicas: Son, la profundidad radical reducida, pérdida de capacidad de almacenamiento de agua, encostramiento, compactación del suelo y endurecimiento de plintita. La erosión también puede cambiar el color y albedo del suelo, además la erosión resulta en la pérdida de arcilla y coloides debido a una remoción preferencial de las partículas finas de la superficie del suelo,

Limitantes químicas: y desordenes nutricionales relacionadas con erosión incluye la baja capacidad de intercambio catiónico, deficiencias de nutrientes mayores (N,P,K) y elementos trazas (Zn,S), toxicidad de nutrientes y la alta acidez del suelo.

Limitantes biológicas: los factores importantes relacionados con la productividad se incluye la biomasa y la actividad de la macrofauna como la lombriz de tierra.

Ahora, al ocurrir la pérdida de suelo automáticamente se presenta la reducción de la productividad del mismo, está es difícil de evaluar pues varía de sitio en sitio en función de la profundidad y tipo de suelo y de las condiciones climáticas.

El servicio de conservación de suelos de los EUA 1977 reportaron en forma general los datos del cuadro 4.

Cuadro 4. Reducción de la productividad del suelo al ocurrir la erosión.

Pérdida de suelo cm.	Pérdida de suelo ton/ha	Reducción de la producción %
5.08	635	15
10.16	1270	22
15.24	1905	30
20.54	2565	41
25.40	3175	57
30.40	3800	75

(S.C.S. 1977)

considerando una densidad aparente de 1.25 gr/cm³

Esto es que mientras más profunda sea la capa superficial del suelo, la pérdida en toneladas por hectárea es mayor y por lo tanto la reducción en la producción también se incrementa aproximadamente en una relación de 1:2 y con respecto a la pérdida de suelo la relación es de 1:125.

Ahora, considerando la definición de clase de erosión propuesta por la FAO-UNESCO en 1954., se calcularon los porcentajes medios de la capa de suelo superficial que se pierde en cada una de las cinco clases, como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Pérdida de suelo correspondiente a la clase de erosión.

Clase	pérdida de suelo
A	15.312%
A/B	22.344%
B	50.000%
B/C	50.000%
C	80.469%

(SARH 1989)

En el cuadro 6. se muestra la reducción de la productividad correspondiente a cada uno de los porcentajes medios de pérdida de suelo.

Cuadro 6. Productividad perdida correspondiente a suelo perdido.

Suelo perdido %	Productividad perdida %
12.5	14.5
50.0	36.0
87.5	82.5

(SARH 1989)

Es conveniente señalar que estos datos son muy generales y debemos manejarlos como cifras probables para estimar la reducción de la productividad que ha habido en los suelos de México como consecuencia de la erosión.

Basándose en la descripción hecha anteriormente la SARH calculó la reducción de la productividad del suelo para cada clase de erosión.

Cuadro 7. Reducción de la productividad para cada clase de erosión.

clase A	=	14.5 %	x	0.95	+	59.25	x	0.05	=	16.737 %
clase A/B	=	14.5 %	x	0.825	+	59.25	x	0.175	=	22.331 %
clase B	=	36.0 %	x	0.95	+	48.05	x	0.05	=	36.625 %
clase B/C	=	36.0 %	x	0.825	+	48.05	x	0.175	=	38.187 %
clase C	=	82.5 %	x	0.825	+	25.25	x	0.125	=	75.344 %

(SARH 1989)

Estos valores se ponderaron por hectáreas afectadas en cada clase de erosión obteniendo que a nivel nacional ha habido una reducción de la productividad de 33.03 %.

4.2. DESCRIPCION GENERAL DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO Y DE LA SUBCUENCA AMANALCO

Generalmente cuando se habla de cuenca hidrográfica se asocia la idea del elemento agua, sin embargo, hay varios elementos que interactúan en el sistema cuenca, con base a esto la definición de cuenca sería la siguiente:

"La cuenca hidrográfica es el área físico - geográfica delimitada por características topográficas o geológicas que permiten definir territorialmente un área de drenaje común, donde interdependen e interactúan en un proceso permanente y dinámico, los subsistemas físico, biótico y socioeconómico." (CNA. 1991)

La importancia de definir este concepto, es a fin de comprender la trascendencia del área de estudio "Cuenca Valle de Bravo", donde la pretensión debe ser conservar por tiempo indefinido el flujo de bienes que la cuenca proporciona.

El principal embalse que integra el sistema Cutzamala es el de Valle de Bravo, por la importancia de su capacidad y por su destino final ya que es quien abastece de agua potable a la ciudad más grande del mundo "La Ciudad de México". En la presa Valle de Bravo también hay generación de energía eléctrica, motivo por el que fue construida, también se presenta la actividad turística donde los principales atractivos son el bosque y el lago, finalmente un beneficio importante es el potencial productivo agropecuario, forestal y acuícola. Sin embargo, la cuenca Valle de Bravo presenta una problemática compleja como son: la disminución de la superficie forestal por diversas razones, erosión que ocasiona la disminución del potencial productivo del suelo, azolves y contaminación del agua. Con todo esto se presentan problemas consecuentes como disminución de la capacidad de almacenamiento, disminución de la disponibilidad y calidad del agua para la ciudad de México, aumento del costo de potabilización, disminución del turismo y afluente económica y empobrecimiento de la región. (IMTA 1994).

4.2.1 MARCO FISICO DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO

4.2.1.1. UBICACION

La cuenca total, incluyendo la cuenca cerrada de San Simón tiene una superficie de 613.28 Km², y su ubicación geográfica se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Coordenadas de la cuenca Valle de Bravo.

Latitud extremo norte	19° 23' 00"
Latitud extremo sur	19° 05' 30"
Longitud extremo poniente	100° 11' 40"
Longitud extremo oriente	99° 52' 00"

(IMTA 1994)

Desde el punto de vista fisiográfico, se distinguen 8 subcuencas donde la más importante es la de Amanalco, la cuenca esta conformada en el extremo poniente por los municipios de Zinacantepec y Almoloya de Juárez, al extremo norte por Temazcaltepec, al extremo sur por Villa Victoria, al extremo sureste por Villa de Allende y Donato Guerra y al poniente del estado por la mayor parte del municipio de Valle de Bravo y la totalidad de Amanalco de Becerra.

4.2.1.2 GEOLOGIA Y TOPOGRAFIA

Corresponde a la provincia del eje neovolcánico, predominan rocas volcánicas cenozoicas que datan del terciario y cuaternario, dominan también las cenizas volcánicas y bancos de arenisca y tezontle. Predominan las laderas escarpadas, conos volcánicos de tezontle en diferentes estados de degradación, altiplanos de ceniza y material erosionado, bancos de lava y valles pequeños llenos de depósitos de azolve. (INEGI 1981)

4.2.1.3 CLIMATOLOGIA

Según la clasificación climática de Köepen modificada por Enriqueta García (1987), el clima es subtipo Cb(w2)(W)ig que se refiere a un clima templado (C) subhúmedo con verano fresco y largo (b), con coeficiente P/T mayor de 55, temperatura anual entre 12° y 18° C., el mes más caliente entre 16.5° y 22° C., con porciento de lluvia invernal (w) menor de 4.9 y con marcha anual de temperatura tipo ganges (i).

4.2.1.4. SUELOS Y USO DEL SUELO

Los suelos de la cuenca son generalmente andosoles húmicos y ocrícos, de color oscuro, negro o rojizo, de textura franco - arenosa con suelos derivados de cenizas volcánicas, muy ligeros y con una alta capacidad de retención de humedad y baja densidad aparente y real. Los andosoles húmicos presentan una capa superficial oscura o negra con un elevado porcentaje de materia orgánica de reacción ácida y pobre en nutrientes. Los andosoles ocrícos presentan una capa superficial clara y pobre en nutrientes. El uso del suelo de la cuenca de captación se presenta en el cuadro 9. de acuerdo a un inventario realizado por el IMTA partir de ortofotos en 1983 y con

verificaciones en campo de la subcuenca Amanalco en 1993 y 1994.

Cuadro 9. Uso del suelo en la cuenca Valle de Bravo.

	superficie Km2	% superficie
cuerpos de agua	17.0	2.8
pastizal	24.06	3.9
temporal	167.56	27.3
riego	65.34	10.7
fruticultura	0.81	0.1
bosque	327.95	53.5
total	602.72	100 %

(IMTA 1994)

4.2.2. MARCO FISICO DE LA SUBCUENCA AMANALCO

4.2.2.1. UBICACION

La subcuenca del río Amanalco se localiza al noroeste del Estado de México, las coordenadas se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Coordenadas de la subcuenca Amanalco.

Latitud extremo norte	19° 20' 00"
Latitud extremo sur	19° 11' 50"
Longitud extremo poniente	100° 08' 50"
Longitud extremo oriente	99° 52' 00"

(IMTA 1994)

Tiene una superficie estimada de 230 km2 cubriendo la mayor parte del municipio de Amanalco, buena parte del municipio de Valle de Bravo y Donato Guerra y pequeñas partes de los municipios de Villa de Allende, Villa Victoria, Zinacantepec y Almoloya de Juárez.

4.2.2.2. GEOLOGIA Y TOPOGRAFIA

Corresponde a la provincia del eje neovolcánico descrita anteriormente, los datos específicos de Amanalco de Becerra, es de la edad cenozoico, del período (Q) cuaternario, litología con rocas igneas extrusivas, basalto, toba y brecha volcánica.

Es una región mixta compuesta de sierras, principalmente llanuras y valles pequeños, como los ubicados en San Jerónimo, San Bartolo, Santa María Pipioltepec y Amanalco.

Se presentan pendientes que varían del 0 % en valles hasta pendientes verticales en algunos cerros. La altura varía entre 1830 msnm espejo del agua con la presa a su máxima capacidad hasta 3740 msnm en la cima del cerro el Calvario.

El sistema de topoformas más importante en la entidad es el lomerío de colinas rodeadas con mesetas de basalto de la región Valle de Bravo, se presenta además la sierra compleja, lomeríos suaves con mesetas, el valle de laderas tendidas, la meseta lavica y un pequeño llano aislado. (INEGI 1981)

4.2.2.3. CLIMATOLOGIA

El clima es Cb(w₂)(W)ig descrito anteriormente. En Amanalco la temperatura media anual es de 13° C, los meses más calurosos son abril y mayo con 16° C. y los meses más fríos son diciembre y enero con 12° C.

La precipitación media anual es de 1236.9 mm., presentándose el 79 % en los meses de junio a septiembre, por lo regular en la época de invierno se presentan vientos que provienen del este y aproximadamente en septiembre son desplazados hacia el sur. (Los datos corresponden a la estación climatológica de Amanalco, con una altura de 2370 msnm.)

4.2.2.4. SUELOS

Los suelos son andosoles (T) con identificación (Th+To+Hn)/2 referidos anteriormente, (Clasificación INEGI)

Los suelos son ácidos, presentan erosión progresiva y contenido de alofano. Se requiere aplicación de mejoradores, obras de infraestructura y prácticas de conservación.

Normalmente el tipo de erosión que presentan las localidades de la subcuenca es una erosión laminar moderada a excepción de la localidad El Potrero, que tiene un tipo de erosión con cárcavas de poca profundidad. La pedregosidad en el perfil del suelo se encuentra en algunas localidades a menos de a 60 cm. y en otras entre 60 y 90 cm. como Rincón Guadalupe y San Bartolo; el drenaje que presenta la mayoría de las localidades tanto interno como superficial es medio. La textura predominante es franco y franco - arenosa, de acuerdo con las características químicas el pH del suelo es moderadamente ácido, el contenido de fósforo es muy pobre en San Jerónimo y San Lucas; mientras que es rico en magnesio y contenido de materia orgánica. El uso del suelo de la subcuenca se presenta en cuadro 11.

Cuadro 11. Uso del suelo de subcuenca Amanalco.

Uso	superficie Km2	superficie %
Bosque	99.1	43.1
Agricultura	114.0	49.5
Pastizal	14.8	6.4
Urbano	1.3	0.6
Total	229.2	100.0

4.2.2.5. HIDROGRAFIA

Referenciado en la carta hidrográfica del INEGI 1981 la subcuenca se localiza dentro de la región hidrológica 18 río Balsas (RH-18), cuenca río Cutzamala (18-6), subcuenca río Tiloztoc (18-6a), subcuenca tributaria (18-6a04), río Amanalco subcuencas específicas (18-6a0401,02,03) correspondientes al arroyo La Garrapata, La Cascada, afluente del río Amanalco con corrientes perennes como el río Cascada-Amanalco principalmente y de menor importancia arroyos como La Garrapata, Los Hoyos, El Arenal, Agua Zarca y Los Mimbres.

La hidrología subterránea se caracteriza como de alta permeabilidad; la subcuenca Amanalco se divide en 4 subcuencas específicas: Garrapata - El Salto, Cascada - Agua Bendita, Amanalco bajo norte, Amanalco bajo sur.

Garrapata- El Salto.

Comprende toda la parte noreste de la subcuenca Amanalco. Es la cuenca total del arroyo denominado El Salto, es el lugar donde se forma todo el arroyo de La Cascada.

Cascada - Agua Bendita.

Es la cuenca total del arroyo La Cascada, que junto con el arroyo El Salto forman el río Amanalco, conforman todo el sureste de la subcuenca Amanalco, es la parte más elevada de la misma. Dentro de esta zona se encuentran las cuencas de los afluentes El Faro, El Huacal, Cañada Oscura, Agua Bendita y La Barranca del antiguo camino real.

Amanalco bajo norte.

Es la margen norte del medio y bajo río Amanalco, hasta el parteaguas norte del mismo río, conforman todo el noreste de la cuenca del río Amanalco, sus afluentes son Arroyo, Las Lajas, Agua Zarca y Peña Colorada.

Amanalco bajo sur.

Es el margen sur del medio y bajo río Amanalco hasta el parteaguas sur del mismo río, conforman todo el sureste de la cuenca del río Amanalco y sus afluentes son Arroyo San Juan y La Candelaria.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los mapas de el Estado de México, la cuenca Valle de Bravo y la subcuenca Amanalco.

Figura No.1 Mapa de el Estado de México.

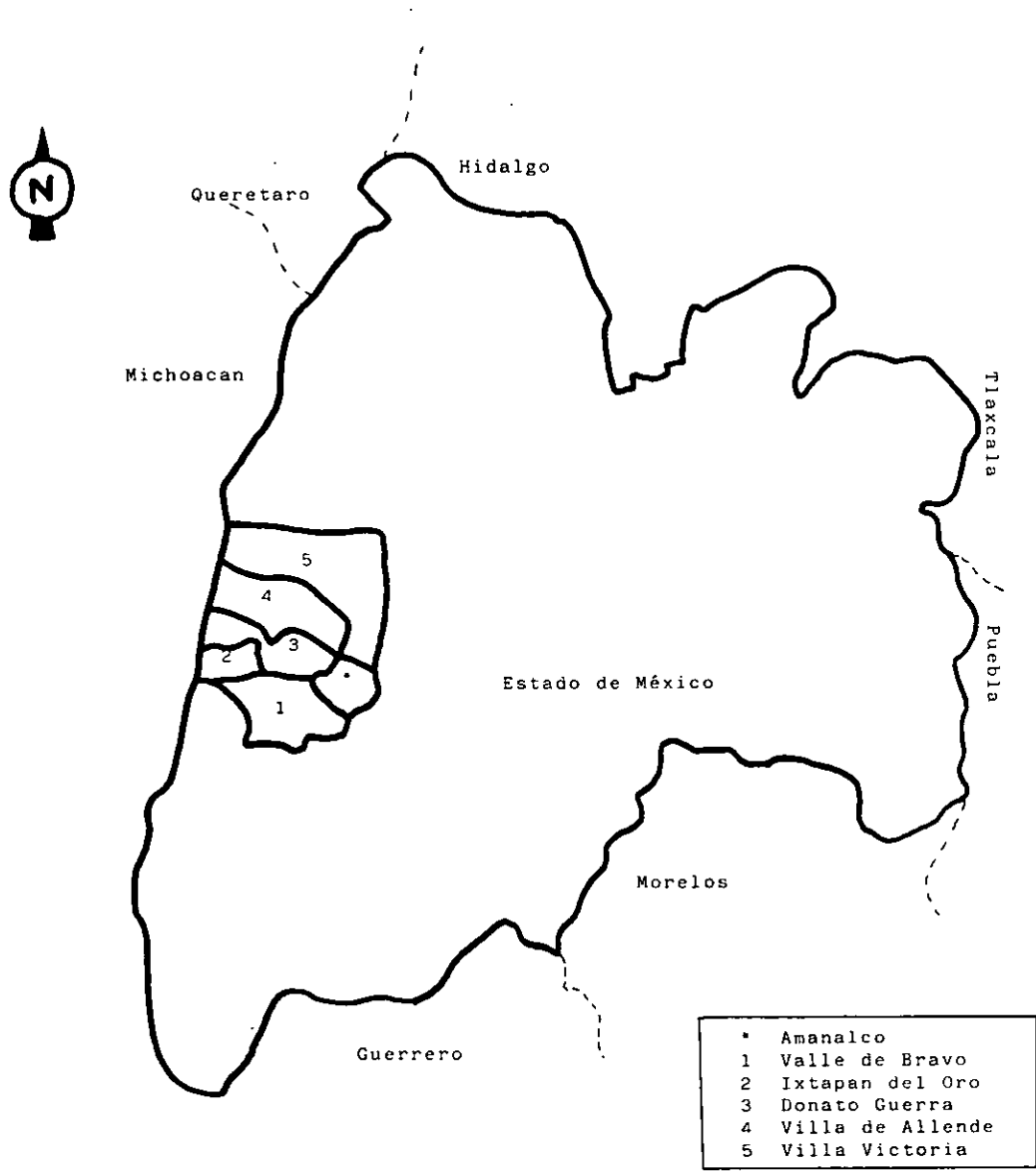


Figura No.2 Mapa de la cuenca Valle de Bravo.

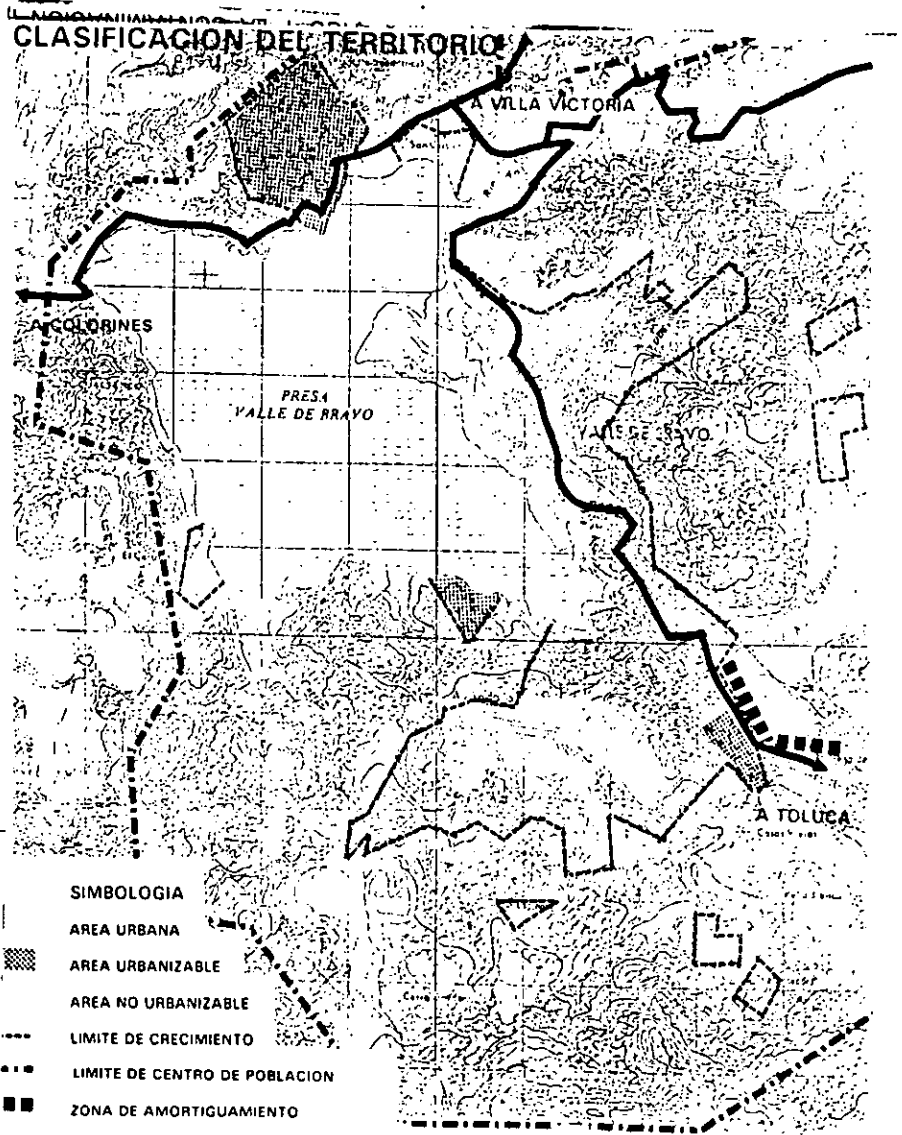
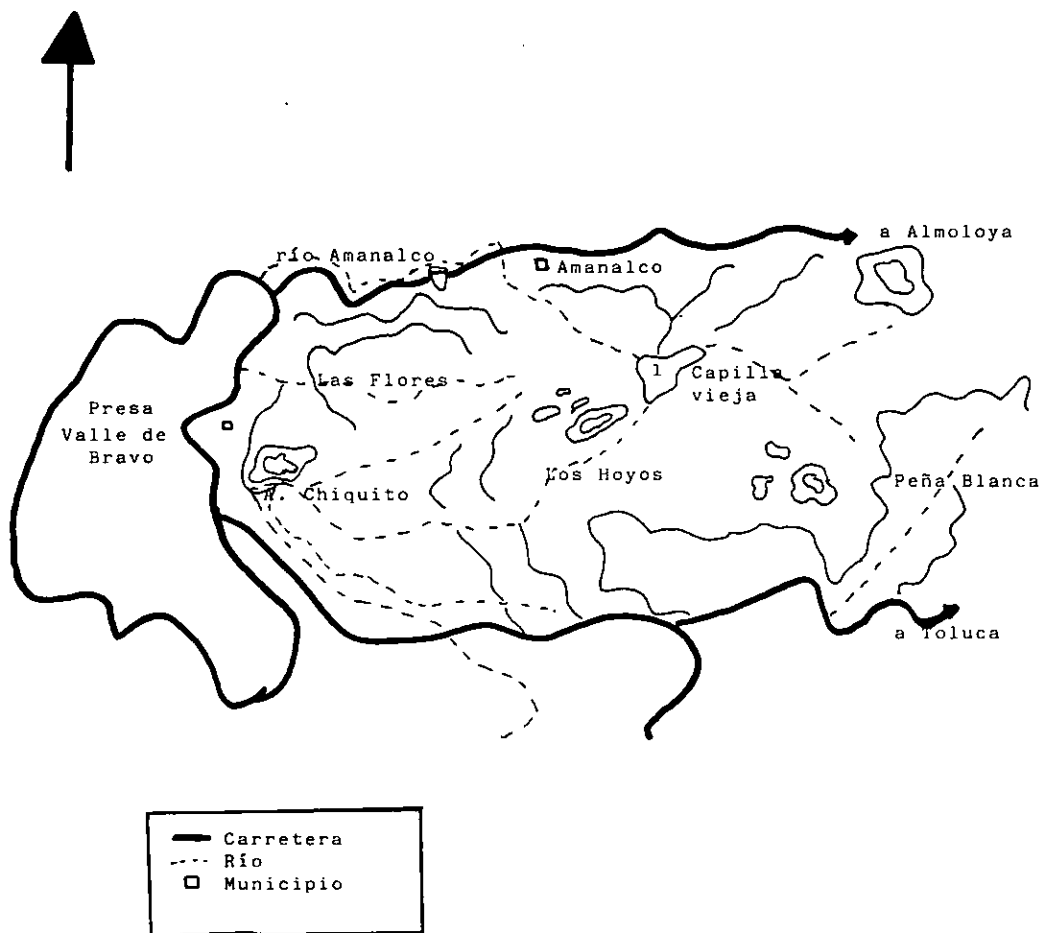


Figura No.3 Mapa de la subcuenca Amanalco.



V.- METODOLOGIA

5.1. LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO

El experimento se estableció en la microcuenca El Faro, ubicada en la parte alta de la subcuenca Amanalco; descrita en la sección de hidrología del punto 4.2.2.

El experimento está establecido en una fracción del predio del productor Emilio Jiménez Sánchez, ubicado aproximadamente en el Km. 38 de la carretera Toluca - Amanalco de Becerra, en el ejido Agua Bendita, perteneciente al municipio de Amanalco de Becerra, Estado de México.

La fracción de terreno facilitada por el productor consta de una superficie de 123.6 m².; los datos geográficos se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Coordenadas geográficas.

Latitud norte	2132	(UTM)
Longitud este	400 + 900	(UTM)
Altura	2860	msnm

(IMTA 1994)

5.2. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

El experimento da inicio el 27 de marzo de 1995, en el ciclo agrícola otoño-invierno.

El trabajo forma parte del proyecto " Rehabilitación de la subcuenca del río Amanalco "

5.2.1. TRATAMIENTOS A EVALUAR

Para lograr los objetivos se instalaron en este predio cinco lotes de escurrimiento, con las siguientes dimensiones:

Los tratamientos (1), (2), (3) y (4): de 11.5 m. largo x 2 m. ancho (23.m²) cada unidad experimental, con uso agrícola.

El tratamiento (5): de 15.8 m. largo x 2 m. ancho (31.6 m²) con uso agroforestal; maguey con pasto natural. Este tratamiento presenta mayor superficie porque se pretende evaluar el efecto del maguey adulto.

Los tratamientos que se evaluarán son los siguientes:

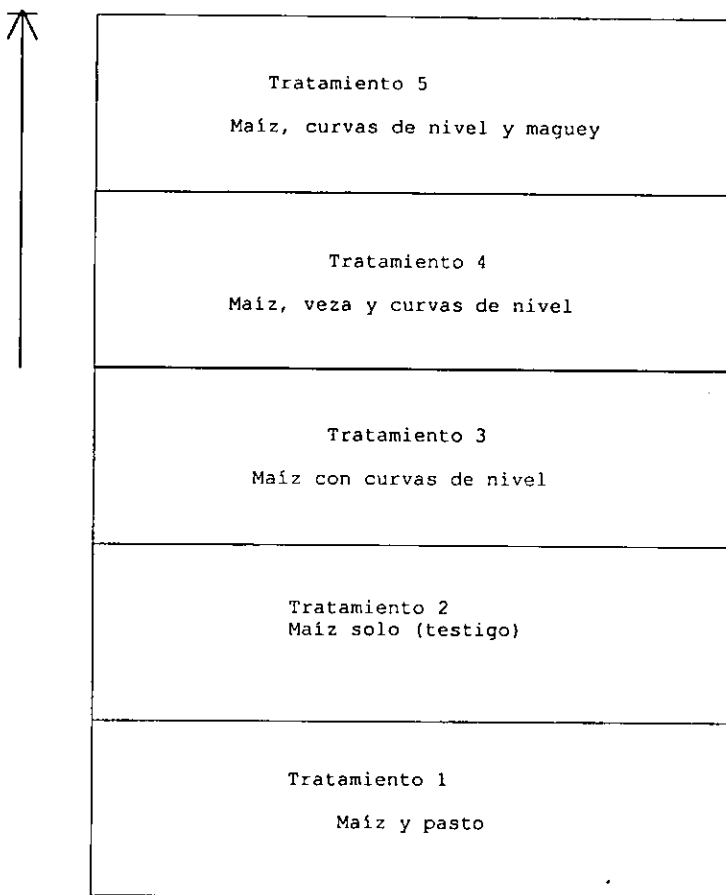
- Tratamiento (1) maíz con pastizal
- Tratamiento (2) maíz
- Tratamiento (3) maíz, con surcos a curva de nivel
- Tratamiento (4) maíz con veza y surcos a curva de nivel
- Tratamiento (5) maíz, con surcos a curva de nivel incluyendo la línea de magueyes

El tratamiento 2 (maíz solo) es el testigo, sin práctica de conservación a la manera como se acostumbra en la zona. Los lotes 3 (maíz, curvas de nivel), 4 (maíz, veza y curvas de nivel), y 5 (maíz, curvas de nivel y línea de maguey) respectivamente; en estos tres tratamientos se implementa la práctica mecánica de surcos a curva de nivel, cuyo objetivo es utilizar las hileras del cultivo y otras barreras y estructuras para aminorar o detener la marcha de el agua atravesándolas contra la pendiente para que intercepten el agua. La ubicación de los tratamientos se muestra en la figura 4.

En los lotes 1 (maíz y pasto), 4 (maíz, veza y curvas de nivel) y 5 (maíz, curvas de nivel y línea de maguey) respectivamente, se implementan las prácticas vegetativas como la asociación con pastizal y con veza y en el lote 5 que se podría llamar un sistema agroforestal o línea intermedia de vegetación (barrera viva), ya que como estamos hablando de pendientes pronunciadas la barrera viva al paso del tiempo se convertirá en una terraza altamente fértil por la gran cantidad de suelo arrastrado que queda retenido en la barrera viva.

De esta forma se pretende evaluar prácticas de conservación que no representen inversión extra al productor, mas aún represente beneficios inmediatos, teniendo la explotación de dos o mas especies en el mismo terreno.

Figura 4. ubicación de los tratamientos.



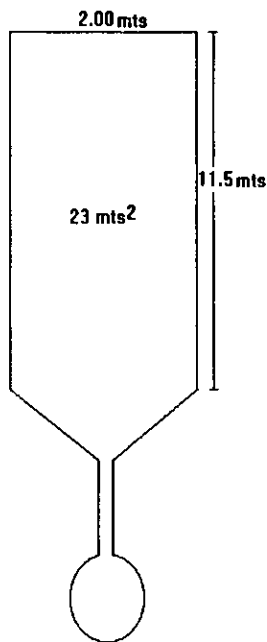
5.2.2. INSTALACION DE LOS LOTES DE ESCURRIMIENTO

Se instaló un lote de escurrimiento por cada tratamiento, con un total de cinco lotes.

Previo a la instalación de los lotes, se realizó un levantamiento topográfico del terreno. A fin de determinar la ubicación de la línea guía para el trazo de las curvas de nivel. La orientación de los lotes se hizo perpendicular a la pendiente.

En la figura 5. Se muestra un esquema de lote de escurrimiento establecido en el experimento para determinar pérdida de suelo y nutrimentos en la microcuenca El Faro, Amanalco, estado de México.

Figura 5. esquema de lote de escurrimiento.



5.2.2.1. PENDIENTE

La pendiente de los lotes es de 5.8 % en dirección WSW y la pendiente principal es de 23 % en dirección sur.

5.2.2.2 VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO

Para asegurar que el volumen de escurrimiento con el suelo en suspensión muestreado pertenezca al área de cada tratamiento, los lotes se aislaron mediante lámina galvanizada, enterrada de 10 a 15 cm. y sobresaliendo a la superficie de 10 a 15 cm. como lo especifica la bibliografía para la instalación de los lotes. La parte baja del lote, en contacto con la lámina se apisonó y la unión con el poliducto que servía de conductor de los escurrimientos, se selló con cemento, el diámetro del poliducto es de 3 pulgadas (76.2 mm.)

5.2.2.3. UNIDADES DE ALMACENAMIENTO

Son tinacos de lámina de 200 lts. de capacidad, graduados cada centímetro. Se hizo una calibración previa del volumen almacenado contra la

lectura en centímetros para cada tinaco, con el objeto de facilitar el cálculo de los volúmenes escurridos en campo. (véase cuadro 14. del anexo)

5.2.3 METODO DE MUESTREO

5.2.3.1. SUELO

Se tomó una muestra de suelo para análisis del mismo. Donde se evaluaron dentro de el análisis físico la textura y densidad aparente, y en el análisis químico el porcentaje de M.O, pH, CIC, elementos mayores como N, P, K, Ca, Mg, y elementos menores Zn, Na, Mn, Fe, Al. Para obtener el dato de suelo erosionado se determino también la cantidad de sólidos totales.

5.2.3.2. PRECIPITACION

Diariamente se tomó la lectura del pluviómetro y se llevo un registro diario de la precipitación, (ver anexo).

5.2.3.3. ESCURRIMIENTO

Después de cada evento de lluvia que provoco escurrimiento se tomaron las lecturas de cuantos litros de agua escurrieron en cada tanque de captación apoyándose en el cuadro 14. (Calibración del tanque), del anexo posteriormente se tomaron las muestras de un litro de agua de escurrimiento; las muestras se tomaron de la siguiente manera, se agito toda el agua del tinaco perfectamente para que todo el sedimento se mezcle homogéneamente, tomando una muestra de la parte media del contenido para cada tratamiento.

Es muy importante hacer una perfecta agitación del agua de escurrimiento.

5.3. TRABAJO DE CAMPO (Manejo del cultivo.)

5.3.1. PREPARACION DEL TERRENO.

La preparación del suelo se realizó tomando como base lo acostumbrado por los productores de la región y consistió en tres pasos de arado (barbechos) y tres rastreos (con un tablón de madera pesada), los surcos se orientaron perpendiculares a la pendiente del terreno. Los surcos se trazaron con yunta y se conformaron cada 70 - 80 cm.

5.3.2. FECHA DE SIEMBRA

27 de marzo de 1995

5.3.3. SEMILLAS UTILIZADAS

Maíz criollo tratado con captan y veza.

5.3.4. DENSIDAD DE SIEMBRA

Se utilizó la acostumbrada por el productor, usando sembradora unitaria con tracción animal. Así se obtiene una distribución uniforme de 20 cm. entre plantas y 70 cm. entre surcos. La cantidad de semilla empleada fue de 25 Kg/ha. , con una densidad de población de 60 000 plantas/ha.

5.3.5. FERTILIZACION

La aplicación se realizó con sembradora/ fertilizadora unitaria con tracción animal al momento de la siembra. La dosis empleada fue de (90-50-30). Empleando como fuentes.

Sulfato de amonio (20.5 %) fuente de nitrógeno
Superfosfato de calcio simple (20.0 %) fuente de fósforo
Cloruro de potasio (60.0 %) fuente de potasio.

Requiriéndose de cada uno de ellos. 439.02 Kg de sulfato de amonio equivalentes a 9 bultos de 50 Kg.; 250.00 Kg de superfosfato de calcio simple equivalente a 5 bultos de 50 Kg.; 50.00 Kg de cloruro de potasio equivalente a 1 bulto de 50 Kg.

Con los fertilizantes se formó una mezcla de 750 Kg./Ha al área experimental le correspondió 9.27 Kg de dicha mezcla.

Fecha de fertilización: 27 de marzo de 1995

Aplicación de agroquímicos: No se realizó ningún control químico a excepción de la semilla que se trató con Captan, para desinfectarla y evitar daños posteriores como, ataque de ardilla, plaga animal que ha venido afectando los cultivos en la región disminuyendo la densidad de siembra.

5.4. VARIABLES DE ESTUDIO

5.4.1. ANALISIS FISICO - QUIMICO DEL SUELO

Cuadro 13. Características del suelo.

Prof.	pH	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
20 cms	6.12	48	16	36	arcilla-arenosa
40 cms	5.76	48	12	40	arcilla-arenosa
Prof.	M.O	P. ppm	K. ppm	Ca. ppm	Mg. ppm
20 cms	0.70	6.03	143	3120	880
40 cms	1.35	24.12	325	2915	975

5.4.2. PRECIPITACION PLUVIAL

Para obtener el dato de precipitación pluvial se instaló un pluviómetro, donde diariamente por la mañana se tomó el dato y se registraron fecha y mm de agua, estos registros aparecen en el anexo.

5.4.3. ESCURRIMIENTO

El volumen de escurrimiento se midió en las unidades de almacenamiento que son los tinacos, la medición fue cada evento de lluvia que registró escurrimiento. La lámina de agua medida en el tanque se transformó a volumen de escurrimiento mediante la siguiente ecuación de calibración del tanque:

$$VH = 2.4 hH \quad \text{donde;}$$

VH = volumen almacenado de escurrimiento en litros

hH = altura del agua en el tanque (cm)

Cada medida en el tanque equivale a 2.4 lts. de volumen (con excepción de los primeros 2 cm.), esto a causa de que la base de los tanques no es completamente lisa, si no que presenta ondulaciones.

5.4.4. PERDIDA DE SUELO

La cantidad de suelo perdido se obtendrá mediante el análisis del agua de escurrimiento en laboratorio, obteniendo sólidos totales en cada evento de lluvia de tal manera que la suma de los sólidos totales en cada evento nos dará la pérdida anual del suelo.

5.4.5. RENDIMIENTO

El rendimiento se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$R = (P.\text{grano} / A.L) \times 1000 = \text{Ton /ha}$$

$$R = (P.M.S / A.L) \times 1000 = \text{Ton/ha}$$

donde:

R = Rendimiento ton/ha.

A.L = área del lote

P.M.S = peso materia seca

5.5. ESTIMACION DE PERDIDA DE SUELO MEDIANTE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO (EUPS).

5.5.1. DESCRIPCION DE LA ECUACION

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

donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo (ton/ha)

R = Factor erosividad de la lluvia (Mjmm/hahr)

K = Factor erosionabilidad del suelo
(Tonhahr/Mjmmha)

L = Factor longitud de la pendiente (adimensional)

S = Factor grado de la pendiente (adimensional)

C = Factor manejo del cultivo (adimensional)

P = Factor prácticas mecánicas (adimensional)

5.5.2. DETERMINACION DE CADA FACTOR

Erosividad de la lluvia (R). Definida como la capacidad de ésta para causar la erosión.

Este factor se estimó mediante la tabla de ecuaciones que estima el valor del E130; localizada en el Manual de Predicción de Pérdida de Suelo.

El país está dividido para este fin, en 14 regiones el área de estudio está ubicada en la región No. VIII, y la ecuación correspondiente es.

$$Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2 \quad \text{donde:}$$

Y = E1₃₀ anual (Mjmm/hahr) (megajoules, milímetros/hectarea, hora)

X = Lluvia anual

Este dato es constante en los 5 tratamientos.

Erosionabilidad del suelo (**K**). Definida como la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado. Este factor se estimó mediante la siguiente ecuación.

$100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4})^{(12-a)} + 3.25 (b-2) (c-3) \times 1.292$, donde:

$M = (\% \text{ limos} + \% \text{ AF}) (100 - \% \text{ R})$

$a = \% \text{ Materia Orgánica}$

$b = \text{Estructura del suelo}$

$c = \text{Permeabilidad del suelo}$

Para la determinación de este factor se requiere el análisis físico del suelo, este factor será constante para los 5 tratamientos.

Factor longitud e inclinación de la pendiente (LS)

Se estimará mediante la tabla de cálculo del factor LS para diferentes longitudes y grados de la pendiente en terrenos agrícolas que se localiza en el Manual de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión.

Para estimar el factor requerimos de los datos de largo de la pendiente y porcentaje de la pendiente. Este factor será igual para los 5 tratamientos.

Factor de manejo y cobertura vegetal (C)

Para determinar este factor es con apoyo de las tablas que se encuentran en el manual de predicción de pérdida de suelo.

Factor de prácticas de conservación (P)

Este factor también se determina con apoyo de las tablas que se encuentran en el manual, y está en función del cultivo y de la práctica de control empleada.

VI.- RESULTADOS

6.1. RESUMEN DEL TOTAL DE ESCURRIMIENTOS Y SÓLIDOS TOTALES

Cuadro 14. Resumen de escurrimientos y sólidos totales.

	ESCURRIMIENTOS (lts)					SÓLIDOS TOTALES (mg)				
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
16-Jun-95	28	45	46	38	200	9,192	2,884	1,032	2,080	2,758
19-Jun-95	12	12	-	-	180	9,162	3,080	-	-	1,006
21-Jun-95	24	48	24	24	192	7,272	2,958	3,666	7,788	812
23-Jun-95	96	108	120	96	120	6,762	6,164	3,228	4,032	1,622
24-Jun-95	24	36	36	36	36	5,674	13,206	4,176	4,570	10,082
29-Jun-95	48	60	48	24	24	4,680	1,778	1,080	776	1,296
Suma	232	309	274	218	752	42,742	30,070	13,182	19,246	17,576
12-Jul-95	0	0	0	0	12.2	0	0	0	0	302
15-Jul-95	19.2	43.2	19.2	19.2	55.2	1800	836	832	310	714
20-Jul-95	115.2	103.2	103.2	115.2	158.2	536	910	252	64	450
Suma	134.4	146.4	122.4	134.4	225.6	2336	1746	1084	374	1466
15-Aug-95	19.2	67.2	19.2	19.2	7.2	4432	1232	3818	554	600
18-Aug-95	7.2	19.2	31.2	7.2	19.2	692	6700	410	246	106
23-Aug-95	7.2	31.2	19.2	7.2	19.2	760	1188	588	72	7
Suma	33.6	117.6	69.6	33.6	45.6	5884	9120	4816	872	713
6-Sep-95	91.2	139.2	91.2	115.2	55.2	932	1290	3026	480	408
19-Sep-95	79.2	127.2	115.2	103.2	43.2	550	558	126	148	94
Suma	170.4	266.4	206.4	218.4	98.4	1482	1848	3152	628	502
TOTAL	570.4	839.4	672.4	604.4	1,121.6	52,444	42,784	22,234	21,120	20,257

6.2. OBTENCION DE LA TASA DE EROSION POR TRATAMIENTO EVALUADO

OPERACIONES

Lote 1.	
52444 mg	- 13.0 lts
X	- 570.4 lts
2.301 kg	- 23 m ²
X	- 10000 m ²
1.000 ton/ha	

Lote 2.	
42784 mg	- 13.0 lts
X	- 839.4 lts
2.762 kg	- 23 m ²
X	- 10000 m ²
1.201 ton/ha	

Lote 3.	
22234 mg	- 12.0 lts
X	- 742.4 lts
1.370 kg	- 23 m ²
X	- 10000 m ²
0.597 ton/ha	

Lote 4.	
21120mg	- 12.0 lts
X	- 604.4 lts
1.063 kg	- 23 m ²
X	- 10000 m ²
0.462 ton/ha	

Lote 5.	
20257 mg	- 14.0 lts
X	- 1121.6 lts
1.62 kg	- 31.6 m ²
X	- 10000 m ²
0.513 ton/ha	

6.3. DATOS DE RENDIMIENTO

En el cuadro No. 2 se tiene el conteo de población realizado el 23 de noviembre de 1995, de los lotes de escurrimiento localizados en la microcuenca el Faro, Agua Bendita, Amanalco.

Cuadro 15. Conteo de población.

Descripción	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
A	132	132	132	132	132
B	52	70	66	41	33
C	36	43	55	45	59
D	44	19	11	46	40
E	32	52	57	41	51
F	56	61	64	45	41

COMENTARIOS.

A) POBLACION INICIAL: Calculada en base a la densidad de 60 mil plantas por hectárea y extrapolada a m² de la parcela.

B) PLANTAS DE PIE: Número de plantas que resistieron el acame tanto por viento como por el deslave del suelo de la lluvia.

C) PLANTAS ACAMADAS: Número de plantas caídas por vientos y tallos delgados por deslave del suelo y no tener raíces adventicias bien desarrolladas y por cualidades de la variedad.

D) PLANTAS PERDIDAS: Aquí se encuentran las plantas que no desarrollaron por falta de vigor, se asocian también el deslave del suelo en la etapa de plántula y algunas que se cayeron y se pudrieron en el mismo terreno.

E) PLANTAS COSECHADAS: Plantas de pie y caídas que aportaron producción con diferentes tamaños de mazorca.

F) PLANTAS SIN MAZORCA: Plantas que permanecieron de pie o acamadas que no aportaron producción por razones diversas.

Cuadro 16. Rendimiento

Lote	Cosecha do	Numero Tamaño	Long. cm.	Peso (Kg)	Peso olote	Peso grano	RDTO kg/ha
L-1	32	21 M	20	1.200	0.300	1.900	863
	+8	11 Ch	10	0.900	0.250	0.650	295
		8 P	-	0.200	0.050	0.150	-
						2.550	1158
L-2	52	30 M	22	2.700	0.600	2.100	954
	+5	22Ch	13	1.700	0.350	1.350	613
		5 P	-	0.250	0.100	0.150	-
						3.450	1567
L-3	57	24 M	18	2.500	0.450	2.050	931
	+10	33Ch	8	1.900	0.250	1.650	750
		10 P	-	0.300	0.200	0.100	-
						3.700	1681
L-4	41	19 M	15	2.200	0.400	1.800	818
	+4	22 Ch	10	1.400	0.250	1.150	522
		4 P	-	0.200	0.050	0.150	-
						2.950	1340
L-5	51	21 M	14	2.300	0.500	1.800	818
	+15	30 Ch	8	2.200	0.350	1.850	840
		15 P	-	0.400	0.100	0.300	-
						3.650	1658

COMENTARIO

La letra M, indica mediano, la letra Ch, indica chico y la letra P, indica podrido.

Al hacer el conteo de población se detectó que la variedad criolla sembrada requiere una buena selección en planta para obtención de nueva semilla o bien que el productor adquiriera semilla mejorada. se piensa que las mermas de población se debe a la calidad de semilla y por ende el rendimiento bajo y un tamaño de mazorca poco comercial. En conclusión el uso de buena semilla, podría mejorar la eficiencia de las practicas conservacionistas al tener una población y rendimientos más estables.

Cuadro 17. Perdida de suelo y rendimientos en ton/ha.

Lote	Perdida de suelo	Rendimiento
Lote 1	1.000 ton/ha	1.158 ton/ha
Lote 2	1.201 ton/ha	1.567 ton/ha
Lote 3	0.597 ton/ha	1.681 ton/ha
Lote 4	0.462 ton/ha	1.340 ton/ha
Lote 5	0.513 ton/ha	1.658 ton/ha

6.4. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO MEDIANTE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO. (EUPS)

$$A = R K L S C P$$

1.) EROSIVIDAD DE LA LLUVIA. (R)

Este factor se determinó ubicando la zona de estudio, en la tabla 4.2 del Manual de Predicción de Pérdidas de suelo por Erosión Hídrica.

La zona de estudio Amanalco está comprendida en la región No. VIII y su ecuación es la siguiente.

$$Y = 1.9967 X + 0.003270 X^2 \quad \text{donde:}$$

$$Y = EI_{10} \text{ anual (Mj mm/ha hr)}$$

$$X = \text{lluvia anual en mm}$$

En la zona de estudio llovieron 759.25 mm y sustituyendo en la ecuación, tenemos.

$$Y = (1.9967 \times 759.25) + (0.003270 \times 759.25^2)$$

$$Y = 1515.9944 + 1885.0260$$

$$Y = 3401.0204$$

El factor R tiene el valor de (3401) para los 5 lotes.

2.) EROSIONABILIDAD DEL SUELO. (K)

Este factor se obtiene utilizando el nomograma, figura 4.6 del Manual de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica; o bien resolviendo la siguiente ecuación.

$$100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4}) (12-a) + 3.25 (b-2) + 2.5 (c-3) \times 1.292, \text{ donde:}$$

M = % de limos + arenas

a = % de materia orgánica

b = estructura

c = permeabilidad

Los datos de estructura y permeabilidad se toman del Manual de Predicción de Pérdida de suelo por Erosión Hídrica, donde se les asigna un valor, el % de limos + arenas y % de materia orgánica se estiman en el laboratorio.

Datos.

M = % limos + arenas = (48 + 14) = 62 %

a = % materia orgánica = 1.7 %

b = estructura = tomado de la tabla 4.6 de el Manual
corresponde a granular fina y el valor es (2)

c = permeabilidad = tomado de la tabla 4.7 del manual corresponde
a textura arcillo - arenosa y el valor correspondiente es el (5)

Sustituyendo la ecuación tenemos:

$$100 K = 2.1 (62^{1.14}) (10^{-4}) (12-1.7) + 3.25 (2-2) + 2.5 (5-3) \times 1.292$$

Utilizando el nomograma el valor de K es igual a 0.048 para las características de este suelo.

El valor de K es (0.048) para los 5 lotes.

3.) LONGITUD E INCLINACION DE LA PENDIENTE. (LS)

Este factor se determinó en la tabla 4.10 de el Manual para diferentes longitudes y grados de pendiente en terrenos agrícolas.

Datos:

Pendiente del 5.8 %, en los lotes.

Pendiente principal de 23 %

Longitud de la pendiente, 11.5 mts para los tratamientos 1,2,3 y 4 ; y 15.8 mts para el tratamiento 5.

En base a estos datos y con apoyo de la tabla 4.10 del Manual de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión ; los valores correspondientes al factor LS son.

El valor de LS es de (0.48) para los lotes 1,2,3 y 4, para el lote 5 el valor LS es de (0.58)

4.) MANEJO Y COBERTURA VEGETAL. (C)

El valor de C se obtiene de la tabla A6, del Manual de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión correspondiente a valores promedio del valor de C anual del cultivo de maíz, para diferentes grupos climáticos del país.

Datos:

Clima: Templado subhúmedo

Productividad: Media hasta 2 ton/ha, en los lotes tenemos de 1.1 a 1.6 ton/ha

Ciclo de cultivo: Largo 180 días

Con estos datos el valor correspondiente al factor C

El valor de C es (0.564) para los 5 lotes.

5.) PRACTICAS DE CONSERVACION. (P)

Este factor se determinó con la tabla 4.20 del Manual de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión, correspondiente a valores máximos de longitud de surcado al contorno en función de la pendiente y valores de P aproximados. El valor se toma de esta tabla ya que no se cuenta con información sobre la erosividad de una tormenta.

Datos:

Pendiente: 23 % correspondiente al renglón entre 21 y 25 %.

El valor de P es (0.90) para los lotes 1,2,3 y 4 y para el lote 5 es de (0.45).

Cuadro 18. Cuadro de resultados del producto de la ecuación expresado en toneladas por hectárea de suelo perdido.

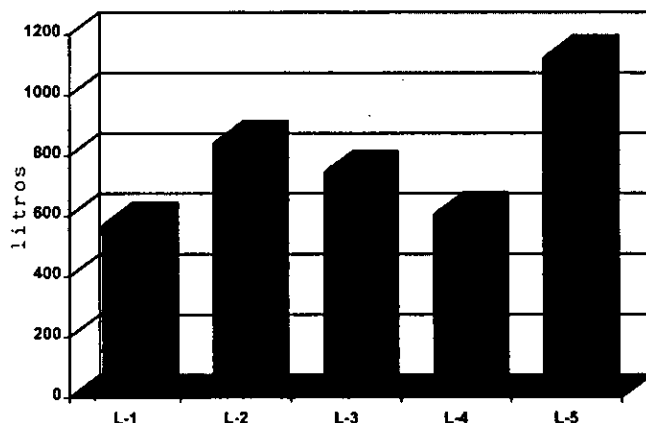
Lote	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
Factor R	3401	3401	3401	3401	3401
Factor K	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
FactorLS	0.48	0.48	0.48	0.48	0.58
Factor C	0.564	0.564	0.564	0.564	0.564
Factor P	0.90	0.90	0.90	0.90	0.45
Ton/Ha	39.77	39.77	39.77	39.77	24.03

V.- DISCUSION

5.1 ESCURRIMIENTOS.

El escurrimiento ocurre cuando la intensidad de la precipitación pluvial excede la capacidad de infiltración del suelo y el agua tiende a acumularse para luego fluir por la superficie, el escurrimiento es en si la precipitación pluvial que no logra infiltrarse en el suelo y fluye sobre la superficie hacia las depresiones naturales. (Linsley et al 1980 citado por Sánchez 1990).

Figura No. 6. Gráfica de Escurrimiento



En el cuadro 14. se presentan los resultados de la escorrentia ocurrida en las diferentes prácticas de cultivo por mes y durante todo el ciclo. De acuerdo a estos resultados en la figura 6 se observa que los tratamientos que presentaron el menor volumen de escorrentia anual son los lotes , L-1 (maíz y pasto) 570.4 lts/23 m² y el L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) 604.4 lts/m², esto indica la efectividad del pasto y la veza para reducir la escorrentia, siguiendo en orden creciente el L-3 (maíz y curvas de nivel) 742.4 lts/m², L-2 (maíz solo, testigo) 839.4 lts/m². En teoría se puede afirmar que este tratamiento es el que mas volumen de escurrimiento presenta ya que el resultado de el L-5 (maíz, curvas de nivel y maguey) 1121.6 lts/31.6 m² no es un dato confiable, dado que el agua se introdujo dentro de la lámina que delimitaba el área, disparándose el nivel del volumen de escorrentia.

El efecto del escurrimiento en el proceso de erosión se estima implícitamente en el cálculo del EI30 que es definido como el producto de la energía cinética total; de la lluvia (E) por la intensidad máxima en 30 min. (I30). Esta relación mide el efecto en que la erosión por salpicamiento y la turbulencia del flujo se combinan con el escurrimiento para remover del

terreno las partículas del suelo separadas de éste, este proceso es conocido como erosión laminar.

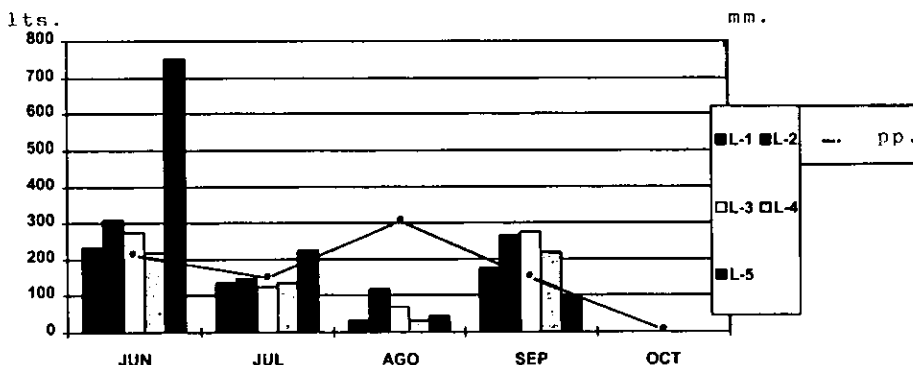
En base a este planteamiento tenemos que el EI30 de el lugar donde se encuentran los lotes de escurrimiento es de 3401.02 Mj mm/ Ha hr, siendo esta la fuerza erosiva de la lluvia.

El escurrimiento es uno de los factores acelerantes que influyen en el proceso de erosión y ocurre generalmente en terrenos con pendientes, como es el caso de la microcuenca El Faro, donde se presentan pendientes del 23 %. Una vez presente el escurrimiento el factor mas importante es la velocidad del flujo que depende de la profundidad del flujo, el radio hidráulico, la rugosidad de la superficie y la pendiente.

La velocidad del flujo es importante ya que antes de que pueda existir erosión se debe presentar un valor crítico de velocidad de flujo debido a la resistencia inherente del suelo (Hjulstrom 1935, citado por Figueroa 1991)

Ahora la eficiencia de las prácticas evaluadas, estará en función de la capacidad de éstas para disminuir la velocidad del flujo ya que una partícula de 1 mm. requiere de una velocidad de 60 cm/seg. para ser desprendida, pero no se va a depositar hasta que la velocidad de transporte sea menor que 0.1 cm/seg.

Figura 7. Gráfica mensual de la precipitación y escurrimientos.



En la figura 7. se observa el comportamiento de los tratamientos en cuanto a volumen de escurrimiento mensual en función de la precipitación pluvial, así tenemos que los 5 tratamientos se comportan de forma similar.

En el mes de junio, se registraron las primeras lluvias, hubo una precipitación de 190.25 mm. distribuidos en 13 eventos de los cuales 6 generaron escurrimientos, estos fueron los más altos en todo el ciclo. Esto tiene la explicación en el hecho de el cultivo se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo por lo que la cobertura vegetal era escasa. El volumen de escurrimiento más alto lo tuvo el lote 5, por el problema mencionado de infiltración de agua, los demás lotes presentaron datos similares. La cantidad y tipo de cubierta vegetal existente en el suelo al momento en que se inicia la lluvia intensa es de particular importancia, ya que de esto depende el menor o mayor riesgo de que se presente la escorrentía y en consecuencia la erosión.

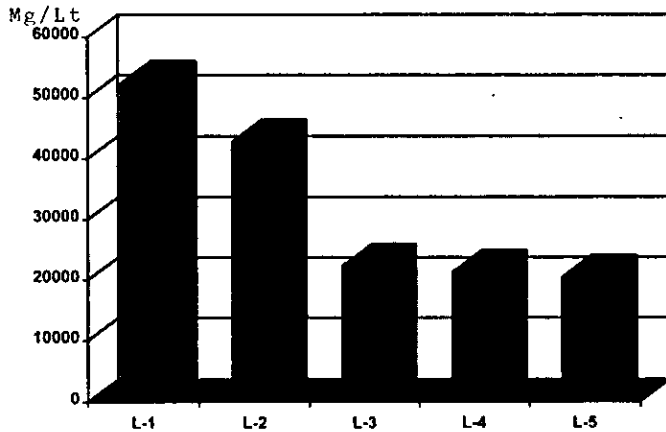
En el mes de julio, llovieron 154.25 mm. distribuidos en 13 eventos de los cuales 3 generaron escurrimientos, nuevamente el lote 5 se mantiene alto y los otros cuatro sin diferencia, pero, notándose ya el efecto de cubierta vegetal y las prácticas de conservación.

En agosto se registra la máxima precipitación 271.25 mm. distribuida en 20 eventos, registrándose 3 escurrimientos, es el mes mas lluvioso y los niveles de escurrimiento son los mas bajos, esto refuerza la hipótesis de la importancia de la cubierta vegetal, pues el cultivo esta ya en estado de madurez, y tanto la pérdida de suelo como el escurrimiento se reducen drásticamente cuando todos los cultivos alcanzan el 100 % de su cobertura. La altura de las plantas también es importante pues la velocidad gota y la fuerza con la que golpea se disminuye y con ello la erosividad.

En septiembre se registraron 136 mm de precipitación, distribuidos en 9 eventos de los cuales 2 generaron escurrimiento, pese a que todos los tratamientos presentaban el 100 % de cobertura los niveles de escurrimiento en los tratamientos aumentó considerablemente, aunque notándose claramente el efecto de la practica de conservación, esto nos lleva a pensar que las lluvias que se presentaron fueron muy erosivas, pues aunque hay una relación obvia entre la cantidad de lluvia y la del suelo erosionado, la correlación entre las dos variables es muy pobre ya que la misma cantidad de lluvia puede producir cantidades muy diferentes de erosión.

5.2.- SÓLIDOS TOTALES.

Figura 8. Gráfica de Sólidos Totales.



En el cuadro 14. se presentan los resultados de los sólidos totales de cada escurrimiento y en las diferentes prácticas de cultivo.

Los sólidos totales no son otra cosa que el suelo erosionado, la escorrentía es el (agua de escurrimiento + los sedimentos del suelo) y volúmenes de ésta.

De acuerdo a los resultados presentados , tenemos que el tratamiento que presentó menor cantidad de sólidos totales fue el L-5 (maíz, curvas de nivel y maguey) con 20257 mg/lt. continuando en orden creciente con el L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) 21120 mg/lt., L-3 (maíz y curvas de nivel) 22234 mg/lt., L-2 (maíz solo, testigo) 42784 mg/lt. y el L-1 (maíz y pasto) con 52444 mg/lt.

El tratamiento 5 (maíz, curvas de nivel y maguey) pese a que presento un volumen alto de escurrimiento , los sólidos totales en este fueron los más bajos ; señalando con esto que en primer lugar la velocidad de los escurrimientos fue disminuida con los surcos a curva de nivel y en segundo lugar gran parte del suelo arrastrado quedó retenido en el cerco vivo (maguey).

En los tratamientos L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) y L-3 (maíz y curvas de nivel) los sólidos totales se reducen en un 50 % , respecto al testigo, por el efecto de las curvas de nivel.

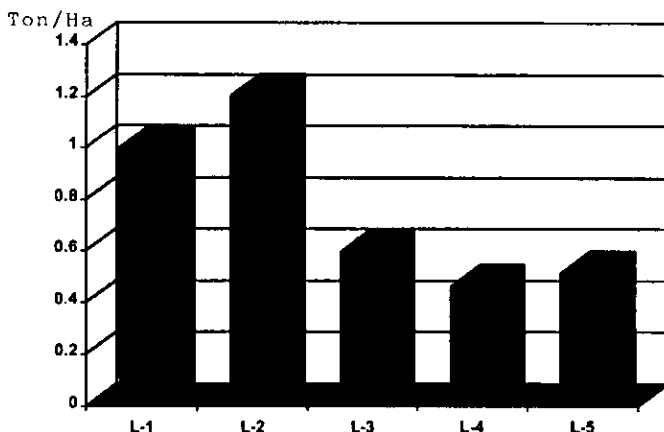
Los tratamiento L-5 y L-4 son los que presentan la mejor respuesta, pero ambos son sistemas de manejo por lo que su comportamiento es lógico y esperado.

Los tratamientos L-1 (maíz y pasto) y L-2 (maíz solo, testigo) presentan la mayor concentración de sólidos totales, a pesar de que el L-1 presentaba buena cubierta vegetal; el L-2 es el testigo el cual no tiene ninguna práctica de conservación por lo que es comprensible el alto contenido de sólidos totales.

La pérdida de nutrimentos esta en función de la remoción que ocurra en la parte superior del perfil del suelo y tanto la escorrentia como el suelo erosionado están en función de la cantidad y en mayor grado de la intensidad de la lluvia. En el escurrimiento además de ir partículas de suelo van grandes cantidades de nutrientes, en la materia orgánica, partículas coloidales y en solución nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, cloruros y bicarbonatos etc. por ejemplo, el fósforo se pierde principalmente en el arrastre de las partículas coloidales en las cuales se encuentra adsorbido, pero, el nitrógeno en forma de nitritos o nitratos, es soluble y se pierde en la solución formada por la escorrentia, sin que ocurra ningún movimiento de suelo. (Hudson 1971, citado por Terrazas 1977)

5.3.- EROSION

Figura No. 9 Gráfica de Erosión

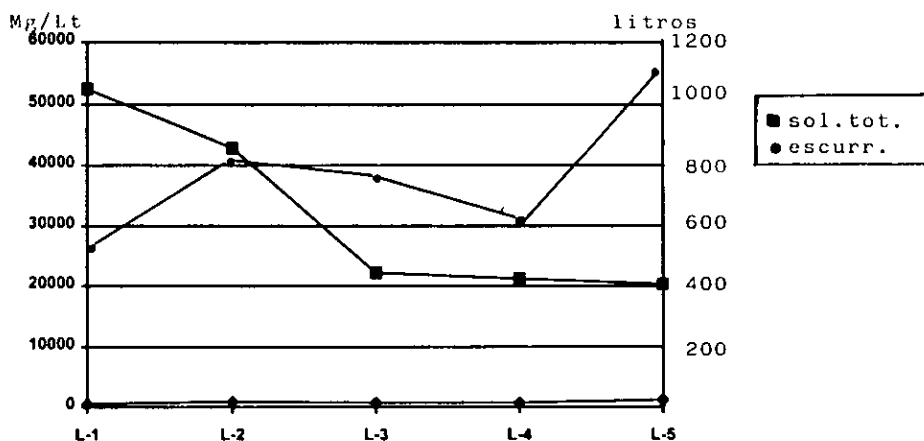


En el cuadro 17. se presentan los resultados de las cantidades de suelo perdido para cada tratamiento. En la figura No. 9 se observa que el tratamiento que mejor respuesta presenta es el L-4 que es un sistema de manejo de Maíz, veza y curvas de nivel, con 0.462 ton/ha, seguidos en orden creciente

por el L-5 que es un sistema de manejo de maíz, curvas de nivel y maguey, con 0.513 ton/ha, el L-3 maíz, con práctica de conservación curvas de nivel, con 0.597 ton/ha; L-1 maíz con práctica de conservación pasto con 1.000 ton/ha y el L-2 que es el testigo, maíz solo con 1.201 ton/ha.

La cantidad de erosión o suelo perdido, es el producto de la relación entre el escurrimiento y los sólidos totales, ya que se pueden presentar bajas concentraciones de sólidos totales y altos volúmenes de escurrimiento con lo que la erosión se dispara y viceversa. En la figura 10 se observa el comportamiento entre los sólidos totales y el escurrimiento.

Figura No. 10 Gráfica de erosión y sólidos totales.



En base a los resultados obtenidos se puede afirmar que los tratamientos que menos erosión presentaron, con esto se dice que son los más eficientes, son el L-4 y el L-5 que ambos son sistemas de manejo.

El L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) presenta el más bajo volumen de escurrimiento y baja concentración de sedimentos, debido principalmente a la curva de nivel y al efecto protector de la veza que al presentarse mayor cobertura vegetal se actúa como una especie de filtro que retiene en su lugar a las partículas del suelo, ya que al disminuir la velocidad de escurrimiento superficial se reduce su energía y se propicia la sedimentación de las partículas transportadas incrementándose también el tiempo de oportunidad de infiltración de agua en el suelo.

El L-5 (maíz, curvas de nivel y maguey) presentó el más alto volumen de escurrimientos y la menor concentración de sedimentos, por lo que el nivel de erosión que se presentó es bajo 0.513 ton/ha, con esto se demuestra la buena respuesta de este sistema de conservación a condiciones tan

adversas, debido a la curva de nivel y al cerco vivo de maguey, pues es aquí donde quedó el suelo arrastrado y al paso del tiempo el cerco vivo se convertirá en una terraza de formación natural y suelo altamente fértil. Esta práctica esta clasificada como un sistema agroforestal de mosaicos.

El L-3 (maíz, curvas a nivel) presentó el nivel intermedio de volumen de escurrimiento y de concentración de sólidos totales, se encuentra en el tercer nivel de eficiencia en la reducción de la erosión con 0.597 ton/ha reduciendo al 50 % la erosión con respecto al testigo. Esto demuestra la eficiencia de la práctica mecánica de curvas de nivel, pues esta práctica esta basada en el principio de transportar de manera segura los escurrimientos de los terrenos derivados de las lluvias que exceden la capacidad de infiltración del suelo.

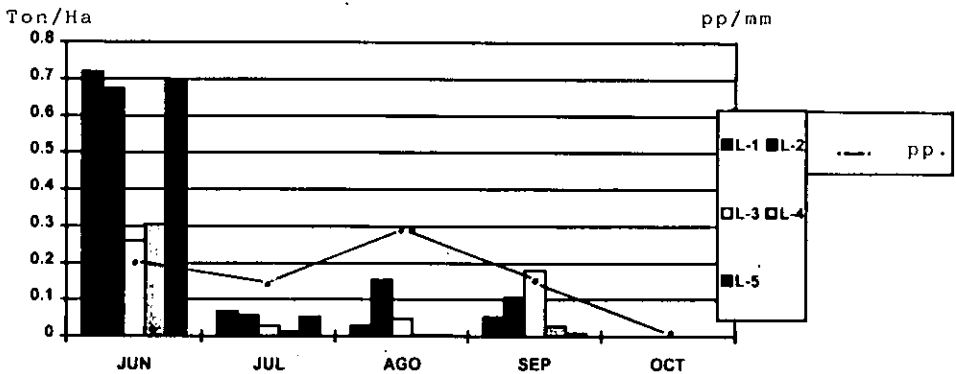
En el L-1 (maíz y pasto) se presenta un volumen alto de escurrimientos y de sólidos totales, presentándose un nivel de erosión alto de 1.000 ton/ha respecto a los otros tratamientos la cubierta vegetal que proporciono el pasto no fue suficiente para obtener mejores resultados.

El L-2 (maíz solo) testigo, presenta un bajo volumen de escurrimiento y la más alta concentración de sólidos totales con lo que resultó el máximo nivel de erosión con 1.201 ton/ha.

Cuadro 19. Erosión mensual en ton/ha.

Mes	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
Junio	0.7180	0.673	0.261	0.304	0.697
Julio	0.0068	0.055	0.028	0.010	0.052
Agosto	0.0280	0.155	0.048	0.004	0.003
Septiembre	0.0540	0.107	0.180	0.029	0.007

Figura No. 11 Gráfica de erosión mensual y precipitación.



En el cuadro 19. se muestran los resultados de la erosión que se presentó mensualmente, y en base a estos resultados en la figura No. 11 se muestra el comportamiento mensual de la erosión y la precipitación. Observándose que la erosión mensual tiene un comportamiento similar al de los escurrimientos mensuales, véase figura No. 7.

Así tenemos que la máxima erosión se presentó en el mes de junio teniendo también el máximo volumen de escurrimientos, en este mes se inician las lluvias y el cultivo se encuentra en las primeras etapas con lo que el suelo está desprovisto de vegetación y se encuentra a merced de la erosividad de la lluvia y la formación rápida de escorrentía.

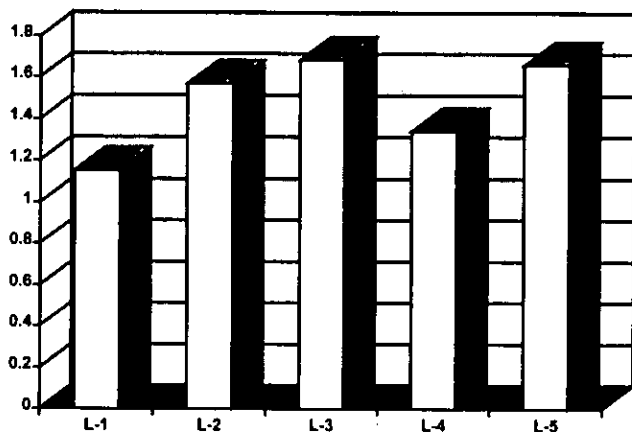
En julio la precipitación es baja , los escurrimientos también bajan y consecuentemente la erosión.

En el mes de agosto se tiene la máxima precipitación y los volúmenes de escurrimiento bajaron drásticamente al igual que la erosión, en este mes el cultivo ya alcanzó el 100 % de su desarrollo total y la parte aérea de las plantas reducen el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo evitando la formación de costras superficiales, disminuyendo la escorrentía y aumentando la infiltración.

En septiembre la precipitación está en descenso, sin embargo los escurrimientos aumentaron al igual que la erosión, probablemente las lluvias que se presentaron fueron de alta intensidad y de corta duración, que como se sabe son las lluvias mas erosivas.

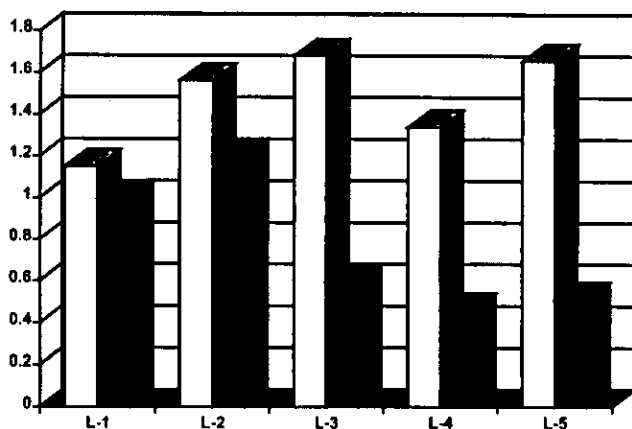
5.4.- RENDIMIENTO

Figura No. 12 Gráfica de Rendimiento de maíz.



En la tabla 17. se presentaron los resultados de los rendimientos en los tratamientos evaluados, en base a estos resultados en la figura No. 12 se observa el comportamiento de los tratamientos . Así tenemos que los tratamientos que presentaron los más altos rendimientos son el L-3 (maíz y curvas de nivel) 1.685 ton/ha y L-5 (Maíz, curvas de nivel y maguey) 1.658 ton/ha, seguidos en orden decreciente por el L-2 (maíz solo) 1.567 ton/ha, L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) 1.340 ton/ha y el L-1 (maíz y pasto) 1.150 ton/ha.

Figura No.13 Gráfica de erosión y rendimiento



Los tratamientos que expresaron máximo rendimiento son los lotes L-3 (maíz y curvas de nivel) y L-5 (maíz, curvas de nivel y maguey) ambos tratamientos están dentro de los niveles mas bajos de erosión, además de que el cultivo no tuvo competencia.

El L-2 (maíz solo) es el tratamiento testigo, presentó un rendimiento intermedio, a pesar de que tiene la más alta tasa de erosión el rendimiento no se ve afectado considerablemente, sin embargo el efecto erosivo es acumulativo por lo que la pérdida de fertilidad se vera reflejada en el rendimiento en el siguiente ciclo.

El L-4 (maíz, veza y curvas de nivel) y el L-1 (maíz y pasto), expresaron los rendimientos mas bajos de maíz y tienen los niveles mas bajos de erosión. El rendimiento de maíz se vio afectado por la competencia entre las asociaciones, esta competencia fue mas marcada en el L-1 por tratarse de dos gramíneas a diferencia de el L-4 donde el rendimiento se incrementa ligeramente por la relación que se da entre la gramínea y la leguminosa. De aquí se desprende el razonamiento de que la asociación con pasto no es muy recomendable por la competencia entre ambas gramíneas o bien es necesario hacer mas investigación en el aspecto de manejo del cultivo. Sin embargo es claro que es preferible la asociación con veza por tratarse de una leguminosa, porque se incrementa el rendimiento y sobre todo porque la erosión que se presenta es baja.

5.5 ANALISIS DE LA EROSION EN LA CUENCA.

El problema de la erosión del suelo en una región determinada, puede existir y representar un grave riesgo por la pérdida de este recurso, en el caso específico de la microcuenca El Faro y las áreas que conforman la cuenca, al presentarse la erosión no solo se pierde una capa de suelo, se incrementan los costos de producción y se reduce la fertilidad, la erosión repercute también en que el suelo arrastrado es el principal contaminante del rio Amanalco y los daños físicos ocasionados por los sedimentos son el azolve de la presa Valle de Bravo reduciendo su capacidad de almacenamiento y con ello su vida útil.

Sin embargo la prevención y control de la erosión depende básicamente del conocimiento y entendimiento que se tenga de lo que es en si el fenómeno sus causas y consecuencias. Es claro que la erosión del suelo es un problema que afecta principalmente a los productores como poseedores de la tierra, porque el fenómeno en si perjudica al país entero.

Dentro de las causas que provocan la erosión en la microcuenca, como principal agente erosivo tenemos el agua, sin despreciar el viento y la

erosión eólica que no fue cuantificada y que se hace presente en la época seca del año, cuando el suelo esta desnudo. En relación a la erosión hidrica el fenómeno se incrementa de acuerdo al manejo que se haga de la vegetación existente y de las prácticas de cultivo que se lleven a cabo.

Con la eliminación de la vegetación existente ya sea por medio de quemas o bien por medios mecánicos para incorporar ese terreno al cultivo; al talar y desmontar se inicia ya el proceso de erosión al impactar las gotas de lluvia en el suelo desnudo y ocasionando la escorrentía a las partes bajas, también queda expuesto el suelo a la acción del viento. Sin embargo es bien claro que el mayor riesgo radica en el manejo posterior que se de al suelo, cultivándolo año con año sin medidas de conservación, pues año con año se remueve el suelo para preparar la tierra quedando expuesto a la acción de los factores agua y viento, a diferencia que si se dejara de explotar, es que la vegetación tiende a regenerarse de una manera natural.

Un indicador de que los productores no están totalmente inconscientes del problema es el hecho de que saben que con el paso del tiempo obtienen menos rendimientos, que la tierra se empobrece y en palabras de ellos "la tierra está cansada". En la microcuenca ya no hay productores que hagan los surcos en favor de la pendiente, sin embargo es necesario perfeccionar esta práctica haciendo surcos a curvas de nivel e incrementando otras como las evaluadas en este trabajo.

VI.- CONCLUSIONES.

1.- La mayoría de los agricultores de las áreas temporales en la zona y en México, son personas de escasos recursos económicos, situación por la cual se hace muy difícil la realización de obras costosas de conservación de suelo, pero si existe la posibilidad de que ellos adopten algunas prácticas mecánicas, vegetativas o de labranza como labores estrictamente indispensables.

2.- La erosión del suelo ha bajado la productividad de éste pues para lograr mejores rendimientos hay que invertir en insumos como fertilizantes, mismos que no son aprovechados del todo, pues el nitrógeno se pierde en las aguas de escurrimiento y no logra ser aprovechado por la planta, en el caso del fósforo tampoco se aprovecha ya que los suelos de la zona presentan alófono que captura el fósforo y no lo deja disponible para la planta. La inversión en estos insumos solo eleva los costos de producción del cultivo y no son recuperados.

3.- El manejo del suelo con sistemas de conservación, responde mucho mejor a la conservación del mismo según lo evaluado por lo que es necesario establecer programas de divulgación de estas prácticas ya comprobadas hacia los productores, ya que algunos no tienen conocimiento de ellas y los que lo tienen no han comprobado su benevolencia en la reducción de la pérdida de suelo. A la par de esto se debe hacer la sensibilización, ya que solo cuando en realidad se tiene conciencia del problema que implica perder el suelo se podrá llevar a los productores al nivel de un pensamiento conservacionista.

4.- Se deben promover en la microcuenca principalmente en las partes altas, de laderas los sistemas agroforestales de mosaicos, que son cercas vivas para cortar así las pendientes. El L-5 presentó muy buena respuesta para controlar la erosión, representa un poco de trabajo extra para el productor, pero no es una gran inversión, sin embargo representa beneficios, a corto plazo la conservación del suelo con el paso del tiempo la cerca viva se convertirá en una terraza de suelo fértil porque está formada de arrastres de suelo y el beneficio a largo plazo se dará cuando el maquey en este caso pueda ser explotado, aunque sería bueno introducir otras especies como capulín injertado, durazno, tejocote, nopal o cactáceas actualmente de gran demanda y que con el tiempo representen un ingreso extra al productor.

5.- La práctica de conservación que debe ser adoptada por los productores de manera inmediata es realizar los surcos a curva de nivel, ya que esta sola práctica logró reducir la erosión al 50 %, esta práctica no representa ninguna inversión extra en los costos de cultivo, mas aún facilita

el trabajo de los animales o de la maquinaria sobre los terrenos de ladera, pues es más fácil trabajar a favor que contra la pendiente.

RECOMENDACIONES.

En general una estrategia de rehabilitación, requiere de un nivel técnico muy alto y de un conocimiento preciso de la causa, en el caso de la presa Valle de Bravo y su cuenca se requiere de un equipo multidisciplinario para elaborar un proyecto de rehabilitación, en este trabajo sólo se hacen algunas sugerencias que puedan ser importantes para el proyecto.

En primer lugar para disminuir los azolves a la presa se debe considerar la posibilidad de realizar algunas obras especiales como es el revestimiento de canales en las zonas de riego y construir dos presas filtrantes en puntos estratégicos dentro de la cuenca para retener los azolves con el paso del tiempo estas se convertirán en planicies fértiles.

En segundo lugar se habla de la conservación del suelo y considerando que el primer objetivo de la conservación de suelos es mantener la productividad potencial del mismo y el segundo objetivo sería causar un mejoramiento en las condiciones de vida del productor, para esto deben existir tres criterios en la elección de una práctica que son:

1.- Eficiencia en la conservación del suelo

2.- Aceptación, es decir la integración de la tecnología en el sistema agrícola y su aceptación técnica, social y cultural.

3.- Costo, el costo de los recursos necesarios para su implementación y la relación beneficio costo obtenidas.

En base a estos criterios las prácticas de conservación que se deben promover de acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento son:

1.- Sistemas agroforestales de mosaico, de maguay u otra especie con un cultivo anual.

2.- Práctica mecánica de curvas a nivel.

3.- Asociaciones de maíz y veza

Los sistemas agroforestales se deben adoptar en la región ya sea con cercos vivos de maguay, nopal, zarzamora o algunos otros frutales con la finalidad de estabilizar las laderas, el beneficio a corto plazo es la conservación del suelo y a largo plazo la explotación de otro cultivo.

El caso de la práctica mecánica de curvas a nivel se debe adoptar como parte del proceso de preparación del terreno.

Las asociaciones con veza presentaron buena respuesta por lo que también se deben promover por la cobertura vegetal que provee al suelo especialmente en la época de estiaje.

Finalmente el plan de acción para lograr que se implementen de manera masiva las practicas de producción-conservación se plantean los siguientes puntos.

1.- Concientización de los productores a través de una educación en conservación. Despertando conciencia y creando conocimiento sobre las prácticas de conservación que se hayan probado experimentalmente y que tengan buena respuesta, esto se puede hacer a través de pláticas periódicas aprovechando las asambleas ejidales o en las visitas de campo.

2.- Desarrollar un equipo de trabajo especializado que se dedique de tiempo completo a trabajar con los productores de la zona, para divulgar continuamente las prácticas de conservación convencerlos de que las apliquen en sus predios y supervisar y dar seguimiento a todas las prácticas de conservación que se estén aplicando en la cuenca.

También es importante crear conciencia del uso inadecuado de agroquímicos y fertilizantes por lo que se debe disminuir en lo posible el uso de agroquímicos y promover otro tipo de control de plagas, enfermedades y malezas así como emplear la Dosis óptima económica (DOE) de fertilización con lo que se disminuyen los costos de producción y la contaminación de las aguas.

Para este fin se sugiere emplear el control biológico y promover el establecimiento de plantaciones de amortiguación ecológica alrededor del campo. (zarzamora, con arbustos, árboles y enredaderas nativas) para atraer golondrinas, avispas, catarinas, reptiles menores y otra fauna benéfica para el control natural de plagas evitando así la presencia de plagas y enfermedades de manera permanente y no contaminar suelos y aguas de escorrentía.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

- Anaya. G. M., 1977, Desertificación, causas, problemas y soluciones. SARH, Mexico.
- Anaya. G. et al. 1977., Manual de conservación de suelo y agua. C.P. , SARH, SPP. ChapingoMexico.
- Anaya. G. M., 1991, Prevención y control de la degradación de la tierra inducida por el hombre, Memoria ler. Simposio Nacional de Agricultura Sostenible, Montecillos México.
- Arellano. M. J.L.L., 1994, La degradación del suelo por erosión hídrica en Chiapas, Evaluación y principios tecnológicos para su control, Tesis de licenciatura, Chapingo, México.
- Bennett. H., 1947, Elementos de conservación del suelo, E.U.A.
- Buckman 1966. Conservación de suelos, U.S.A.
- Blanco.M.G., 1966, Instituto Mexicano de Recursos Naturales A.C. México
- Casillas. G. J.A., IMTA, SARH, 1987, Memoria técnica del taller de planeación del uso, manejo y conservación del suelo, Tizimin, Yucatán, México.
- Castaños. G.L., 1987. Bosques Tropicales de México y el mundo , México y sus bosques, Vol XIX, No.1 Asociación Mexicana de Profesionales Forestales A.C. México, D.F. Agosto 1987.
- Constantinesco, I., 1976. Conservación de suelos para los países en desarrollo, Boletín de suelos de la FAO, No. 30 Servicio de recursos fomento y conservación de suelos. Dirección de fomento de tierras y aguas., FAO. 1970.
- C.N.A, 1991, Memoria del curso taller filosofía y principios del manejo de cuencas hidrográficas, Durango, Durango, México.
- Duchaufour P, 1975, Manual de edafología, Paris, Francia.
- FAO-UNESCO, 1970, Clave de unidades de suelo para el mapa de suelos del mundo, D.F. México.
- Figueroa .S. B., 1991, Agricultura sustentable una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental, memoria, Montecillos México.
- Figueroa. S. B., 1991, SARH, Manual de predicción de pérdida de suelo. CP> Montecillos, México.
- Figueroa. S. B., 1991, Efecto de la erosión sobre la productividad y producción de los cultivos, CIFAP, Aguascalientes, CREZAS, Col. posgraduados. Memoria seminario de conservación de agua y suelo, manejo integran de cuencas , Santa Cruz Tlaxcala México.
- Figueroa. S. B., 1975. La pérdida de suelo y nutrimentos y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de M>C>, C.P., Chapingo, México.
- Foster. G.R., 1991. Advances in wind and water erosion prediction. Journal of Soil y Water Conservation. Vol. 46.
- Poth H. D, 1975, Fundamentos de la ciencia del suelo, U.S.A.
- Frederik.T, 1986, Manual practico de conservación de suelos, Honduras.
- Gobierno del Estado de México, 1993, Plan del centro de población estratégico de Valle de Bravo, Estado de México.
- García, C.E., 1987, Modificaciones al sistema de clasificación climática en México. (de Koppen). Instituto de geografía. UNAM. México.
- Hull. W., 1950, Manual de conservación de suelos Washington D.C. U.S.A.

- Hudson.N.W. . 1977. Soil conservation, Cornell University Press. Ithaca, New York.
- IMTA, 1993, Plan general de acciones para el manejo integral de los recursos naturales de la subcuenca Amanalco de Becerra Estado de México, Jiutepec, Morelos.
- IMTA, 1994, Rehabilitación de la cuenca Valle de Bravo para el desarrollo sustentable, Jiutepec Morelos.
- IMTA, 1994, Problemática de la subcuenca Amanalco de Becerra Estado de México, Jiutepec Morelos.
- IMTA, 1994, Validación de dosis de fertilizantes y determinación de pérdida de suelo y nutrimentos en el maíz, El faro Amanalco Estado de México, Jiutepec Morelos.
- IMTA, 1995, Evaluación del impacto de tecnología conservacionista en los aspectos social, ambiental y económico, caso microcuenca El Gusano, Dolores Hidalgo, Guanajuato, Jiutepec Morelos.
- INEGI. Carta Topográfica y de uso del suelo del Estado de México. La Jornada, 15 de junio 1994, (cita hemerográfica)
- Kirkby y Morgan, 1984, La conservación de los suelos, E.U. A., Limusa.
- Martínez. M. M., 1991, Investigación en conservación de suelos en México, Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Memoria del seminario de conservación de agua y suelo, manejo integral de cuencas, Santa Cruz, Tlaxcala, México
- Morgan, R.P.C., 1979, Soil erosion (Topics in applied geography) Longman, Inc. New York.
- Maldonado. T. F., 1991, La erosión del suelo en México, IMTA, Memoria del seminario de conservación de Agua y suelo, Santa Cruz Tlaxcala, 23-24 mayo 1991.
- Miller. N. R. , 1958, Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas, U.S.A.
- Osuna. C. E., 1991, Efecto de la erosión sobre la productividad y producción de los cultivos, Memoria del seminario de agua y suelo, Santa Cruz Tlaxcala, México.
- Ortiz. V. B., 1982, Estudio Experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. UACH. Depto. Suelos, Chapingo Mexico.
- Pérez. R. N., 1988, Lotes de escurrimiento para evaluar erosión y erodabilidad- del suelo en Zepopan Jalisco, Tesis de licenciatura, Jalisco Mexico.
- Rios. B. J.D., 1987. Efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo. tesis de Maestria. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Ruiz. F. F., 1979. Evaluación de cinco tipos de terrazas en suelos de ladera de la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestria, C.P. Chapingo, México.
- Sánchez.P.A., 1973, Manejo de suelos bajo sistemas de roza , un resumen de las investigaciones edafológicas en america latina tropical. technicall Bolletín No. 219, editado por Pedro Sánchez. Soil Science Department North Carolina State University.
- Sánchez. E. D., 1990, Prácticas conservacionistas con Yuca Manihot esculenta crantz en suelos ácidos de Tabasco México, Tesis de maestria, Montecillos, México.
- S.A y G, 1962, Filosofía de la conservación del suelo Tomo 1, D.F. México.
- SARH, 1983, Inventario de Areas erosionadas en el Estado de México y D.F. Mexico.
- SARH, 1986, Evaluación de daños causados por inundaciones y perturbaciones atmosféricas en la república Mexicana. México.

SARH, IMTA, CNA, 1988, Guía técnica para producción y conservación en el trópico, D.F. México.

SARH, 1989, La erosión y conservación del suelo en México realidades y perspectivas, México.

SARH, IMTA, CNA, 1991, Conservación de agua y suelo memoria del seminario manejo integral de cuencas, Santa Cruz Tlaxcala, México.

SRH, 1965, Comisión del papaloapan, la erosión en el alto del papaloapan, Veracruz México.

SRH, 1976, Protección y mejoramiento de la calidad del agua resultados y proyecciones, México.

Torres 1981. Conservación de suelos, México. D.F.

Trueba. C. A., 1978, Evaluación de la eficiencia de 4 prácticas mecánicas para reducir la pérdida de suelo y nutrimentos por erosión hídrica en terrazas agrícolas de temporal, Tesis de maestría, Montecillos México.

Terrazas. G. J. L., 1977, Manejo de suelos para reducir la erosión y aumentar la productividad en los suelos agrícolas de ladera de la cuenca del río Texcoco, Tesis maestría, CP, Montecillos México.

Vargas y Velázquez , 1991, La deforestación y su contribución al deterioro ambiental memoria del simposio Nacional de agricultura sostenible, Montecillos México.

Wischmeier, W.H. 1959. A. F rainfall. erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Proc.

Wischmeier. W.H., y Smith. D.D., 1978. Predicting rain fall erosion losses. A Guide to conservación planning. U.S. Departament of Agriculture, Agricultural Handbook. No. 537.

Wischmeier. W.H., 1984. Use and misuse of the universal Soil Loss Equation. Journal. of soil and water conservation. Vol. 31 No. 1.

Cuadro 20. Tabla de calibración del tanque de captación

cm. tanque	Lts.	cm. tanque	Lts	cm. tanque	lts.
2	0	36	81.6	70	163.2
3	2.4	37	84.0	71	165.6
4	4.8	38	86.4	72	168.0
5	7.2	39	88.8	73	170.4
6	9.6	40	91.2	74	172.8
7	12.0	41	93.6	75	175.2
8	14.4	42	96.0	76	177.6
9	16.8	43	98.4	77	180.0
10	19.2	44	100.8	78	182.4
11	21.6	45	103.2	79	184.8
12	24.0	46	105.6	80	187.2
13	26.4	47	108.0	81	189.6
14	28.8	48	110.4	82	192.0
15	31.2	49	112.8	83	194.4
16	33.6	50	115.2	84	196.8
17	36.0	51	117.6	85	199.2
18	38.4	52	120.0		
19	40.0	53	122.4		
20	42.4	54	124.8		
21	44.8	55	127.2		
22	48.0	56	129.6		
23	50.4	57	132.0		
24	52.8	58	134.4		
25	55.2	59	136.8		
26	57.6	60	139.2		
27	60.0	61	141.6		
28	62.4	62	144.0		
29	64.8	63	146.4		
30	67.2	64	148.8		
31	69.6	65	151.2		
32	72.0	66	153.6		
33	74.4	67	156.0		
34	76.8	68	158.4		
35	79.2	69	160.8		

Cuadro 21. Registro de precipitación del mes de junio 1995

Fecha	pp.ml.	pp.mm.	hora	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16 *	400	10.0	16:15-18:30	lluvia fuerte
17	300	7.5	12:15-20:25	lluvia intermitente
18	350	8.75	15:35-16:20	lluvia lenta, aire
19 *	300	7.5	19:20-21:20	lluvia lenta
20	350	8.75	22:15-04:20	lluvia intermitente
21 *	350	8.75	16:35-23:20	lluvia constante
22	900	22.5	15:10-18:50	lluvia fuerte, aire
23 *	750	18.75	14:15-16:20	lluvia fuerte
24 *	550	13.75	17:30-18:45	lluvia fuerte
25				
26				
27	380	9.5	14:25-16:20	lluvia fuerte, aire
28	800	20.0	13:40-23:20	lluvia constante
29 *	1300	32.5	14:10-23:59	lluvia suave
30	880	22.0	4:09-09:15	
total	7610	190.25		

* días en que se presentó escurrimiento

Cuadro 22. Registro de precipitación del mes de julio 1995

Fecha	pp.ml.	pp. mm.	hora	Observaciones
1				
2	100	2.5	17:20-20:15	lluvia lenta
3				
4	360	9.0	2:30-04:00	lluvia lenta
5	270	6.75		
6	250	6.25	13:20-15:30	
7				
8	150	3.75		vientos
9				
10				
11				
12 *	1000	25.0		
13	800	20.0	12:15	vientos
14				
15 *	600	15.0		
16	480	12.0	11:30-07:15	
17	120	3.0		
18				
19				
20 *	850	21.25		vientos
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28	540	13.5		vientos
29				
30	650	16.25	15:10-18:40	
Total	6170	154.25		

* días en que se presentó escurrimiento

Cuadro 23. Registro de precipitación del mes de agosto 1995

Fecha	pp.mm.	pp.mm.	hora	Observaciones
1	1150	28.75		
2				
3				
4				
5	840	21.0		
6	100	2.5	14:20-16:15	lluvia lenta
7	410	10.25		viento
8	560	14.0	8:20-17:45	lluvia lenta
9	220	5.5	12:15-16:20	lluvia lenta
10				
11				
12				
13	620	15.5	11:00-20:00	lluvia todo el día
14	560	14.0	13:30-16:25	lluvia lenta
15 *	450	11.25		
16	300	7.5		
17	1140	28.5	11:25-22:15	lluvia lenta
18 *	800	20.0	17:15-10:00	vientos
19	100	2.5		
20	610	15.25	18:00-23:00	viento
21				
22	200	5.0	17:40-22:00	viento
23 *	460	11.5	13:05	
24	550	13.75	14:00-17:15	lluvia lenta
25	250	6.25		
26				
27	150	3.75	13:15-22:00	vientos
28	1380	34.50	18:00-22:00	viento
29				
30				
Total	10850	271.25		

* días en que se presentó escurrimiento

Cuadro 24. Registro de precipitación del mes de septiembre 1995

Fecha	pp. ml.	pp.mm.	hora	Observaciones
1				
2	120	3.0	12:00	intermitentes
3	460	11.5		intermitentes
4				
5	320	8.0	16;20-19:00	
6 *	1690	42.25		
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15	950	23.75	20:00-22:15	lluvia lenta
16				
17				
18				
19 *	1050	26.25	20:00-24:00	granizo
20				
21				
22				
23				
24	400	10.0	16:00-23:00	lluvia lenta
25				
26				
27	330	8.25	15:00-22:00	lluvia lenta
28	120	3.0	14:15-15:20	lluvia lenta
29			13:17-13:30	lluvia lenta
30				
Total	5440	136.0		

* días en que se presentó escurrimiento

Cuadro 25. Registro de precipitación del mes de octubre 1995

Fecha	pp.ml.	pp.mm.	hora	Observaciones
1				heladas
2				heladas
3				heladas
4				aire
5				helada
6				calor
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30	300	7.5		
Total	300	7.5		

Cuadro 26. Registro de escurrimientos del mes de junio 1995.

Fecha	Lote	Medida del tanque cms.	No. muestra	Escurrimientos Lts.	Sol.Totales Mg/lt.
16-jun-95	1		146	28	9192
	2		176	45	2884
	3		186	46	1032
	4		101	38	2080
	5		127	200	2758
19-jun-95	1		177	12	9162
	2		184	12	3080
	3				
	4				
	5		107	180	1006
21-jun-95	1		150	24	7272
	2		174	48	2958
	3		106	24	3666
	4		133	24	7788
	5		105	192	812
23-jun-95	1		172	96	6762
	2		128	108	6164
	3		117	120	3238
	4		181	96	4032
	5		151	120	1622
24-jun-95	1		104	24	5674
	2		112	36	13206
	3		102	36	4176
	4		131	36	4570
	5		111	36	10082
29-jun-95	1		132	48	4680
	2		138	60	1778
	3		137	48	1080
	4		110	24	776
	5		200	24	1296

Cuadro 27. Registro de escurrimientos del mes de julio 1995

Fecha	Lote	Medida del tanque cms.	No. muestra	Escurrimientos lts.	Sol. totales Mg/lit
12-jul-95	1	0			
	2	0			
	3	0			
	4	0			
	5	10	119	19.2	302
15-jul-95	1	10	169	19.2	1800
	2	20	165	43.2	836
	3	10	183	19.2	832
	4	10	199	19.2	310
	5	25	139	55.2	714
20-jul-95	1	50	120	115.2	536
	2	45	122	103.2	910
	3	45	103	103.2	252
	4	50	163	103.2	64
	5	65	168	151.2	450

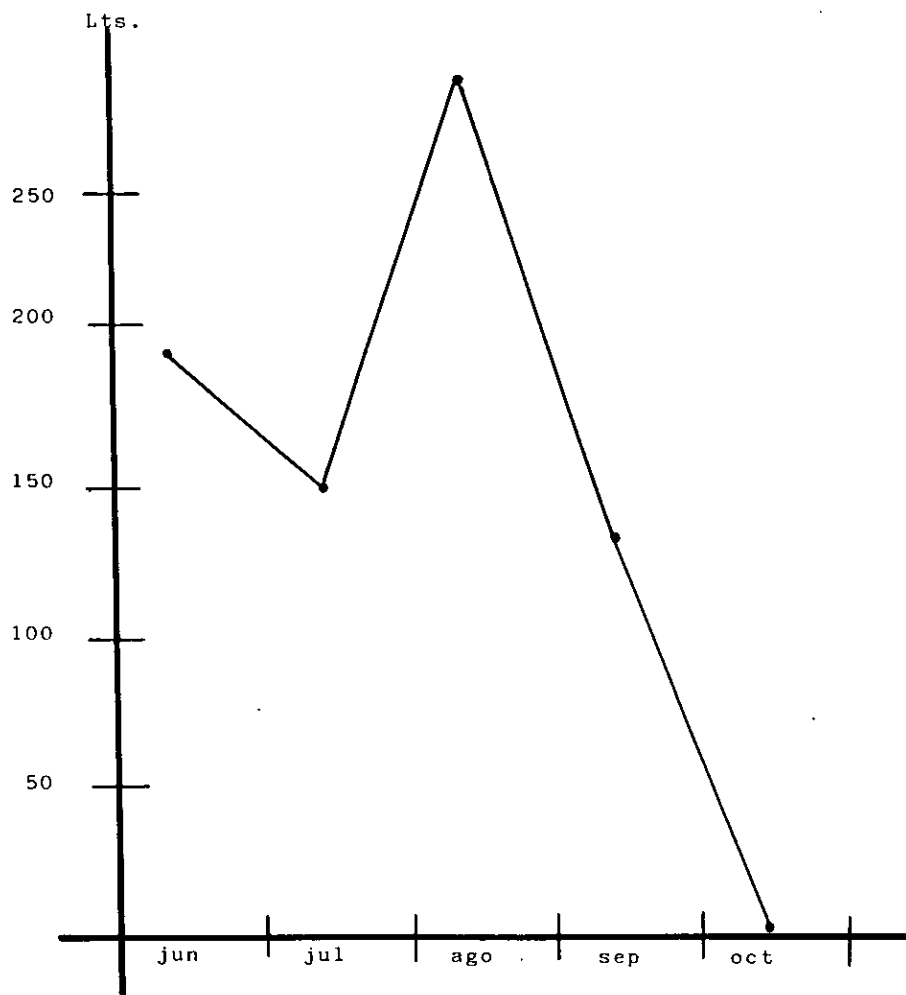
Cuadro 28. Registro de escurrimientos del mes de agosto 1995

Fecha	Lote	Medida del tanque cms.	No. muestra	Escurremientos lts.	Sol. totales Mg/lt.
15-ago-95	1	10	147	19.2	4432
	2	30	145	67.2	1232
	3	10	196	19.2	3818
	4	10	157	19.2	554
	5	5	125	7.2	600
18-ago-95	1	5	197	7.2	692
	2	10	152	19.2	6700
	3	15	108	31.2	410
	4	5	175	7.2	246
	5	10	109	19.2	106
23-ago-95	1	5	300	7.2	760
	2	15	303	31.2	1188
	3	10	301	19.2	588
	4	5	305	7.2	72
	5	10	302	19.2	7

Cuadro 29. Registro de escurrimientos del mes de septiembre 1995

Fecha	Lote	Medida del tanque cms	No. muestra	Escurremientos lts.	Sol. totales Mg/lt.
6-sep-95	1	40	307	91.2	932
	2	60	304	139.2	1290
	3	40	308	91.2	3026
	4	50	306	115.2	480
	5	25	309	55.2	408
19-sep-95	1	35	310	79.2	550
	2	55	311	127.2	558
	3	50	312	115.2	126
	4	45	313	103.2	148
	5	20	314	43.2	94

Figura 14. Gráfica del comportamiento de la precipitación 1995.



mes	precipitación
junio	190.25 mm.
julio	154.25 mm.
agosto	271.25 mm.
sep	136.00 mm.
octubre	7.50 mm.
Total	758.8 mm.